오투

과학탐구

물리학Ⅰ

정답과 해설

Ⅱ 역학과 에너지

01. 물체의 운동

개념 확인

본책 9쪽, 11쪽

(1) 갈다 (2) 방향 (3) 이동 거리 (4) 순간 속도 (5) 평균 가속도 (6) 감소 (7) 속력 (8) 이동 거리 (9) ① v_0, at ② v_0t, $\frac{1}{2}at^2$ ③ $2as$ (10) ①-Ⓛ-ⓓ, ②-ⓔ-ⓐ, ③-ⓣ-ⓑ, ④-ⓒ-ⓒ

수능 자료

본책 12쪽

자료 ① 1 ○ 2 × 3 × 4 ○ 5 × 6 ○
자료 ② 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 × 7 ○ 8 ○
자료 ③ 1 × 2 ○ 3 ○ 4 × 5 ○ 6 ○ 7 ○ 8 ○
자료 ④ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 × 7 ○

자료 ① 이동 거리와 변위

1 선수가 P에서 Q까지 운동하는 경로는 곡선 경로이므로 선수의 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

2 선수의 운동은 속력과 운동 방향이 변하는 운동이므로 등속 직선 운동이 아니다.

3 선수가 운동하는 동안 이동 거리는 변위의 크기보다 크므로 평균 속력은 평균 속도의 크기보다 크다.

4 장대높이뛰기 선수의 운동은 지표면에서 비스듬히 위로 던져진 물체의 운동과 같으므로 운동하는 경로는 포물선 경로이다.

5 선수가 위로 올라가는 동안 속력은 감소한다.

6 선수의 운동 방향은 포물선 경로의 접선 방향이므로 매 순간 운동 방향이 변한다. 운동 방향이 변하지 않으면 직선 운동을 한다.

자료 ② 가속도-시간 그래프 해석

1 0초부터 6초까지 속도 변화량$=6\text{ m/s}-4\text{ m/s}=2\text{ m/s}$이다.

2 가속도-시간 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 속도 변화량이다. 0초부터 2초까지 가속도가 $(-a)$로 일정하므로 속도 변화량은 $-a\text{ m/s}^2\times2\text{ s}=-2a\text{ m/s}$이다.

3 (나)에서 2초부터 4초까지 가속도가 0이므로 자동차는 등속 직선 운동을 한다.

4 (나)에서 4초부터 6초까지 가속도가 $2a$로 일정하므로 속도 변화량은 $2a\text{ m/s}^2\times2\text{ s}=4a\text{ m/s}$이다.

5 (가)에서 0초부터 6초까지 속도 변화량은 2 m/s이고, (나)에서 0초부터 6초까지 속도 변화량은 $(-2a+4a)\text{m/s}=2a\text{ m/s}$이므로 $a=1$이다. 따라서 1초일 때 가속도의 크기는 1 m/s^2이다.

6 2초부터 4초까지 등속 직선 운동을 하므로 3초일 때 속력은 2초일 때 속력과 같다. 2초일 때 속력은 $4\text{ m/s}-(1\text{ m/s}^2\times2\text{ s})=2\text{ m/s}$이다.

7 4초일 때 속력은 2 m/s이고, 6초일 때 속력은 6 m/s이다. 등가속도 직선 운동을 하므로 4초부터 6초까지 평균 속력은 $\frac{2\text{ m/s}+6\text{ m/s}}{2}=4\text{ m/s}$이다. 따라서 4초부터 6초까지 이동 거리는 $4\text{ m/s}\times2\text{ s}=8\text{ m}$이다.

8 0초부터 2초까지 이동 거리는 $\frac{4\text{ m/s}+2\text{ m/s}}{2}\times2\text{ s}=6\text{ m}$이고, 2초부터 4초까지 이동 거리는 $2\text{ m/s}\times2\text{ s}=4\text{ m}$, 4초부터 6초까지 이동 거리는 8 m이므로 전체 이동 거리는 18 m이다. 따라서 0초부터 6초까지 평균 속력은 $\frac{18\text{ m}}{6\text{ s}}=3\text{ m/s}$이다.

자료 ③ 등가속도 직선 운동

1 A, B가 같은 빗면에서 운동하므로 가속도가 같다.

2 A와 B는 가속도가 같으므로 같은 시간 동안 속도 변화량도 같다. 따라서 B가 최고점에 도달하여 정지한 순간 B의 속력이 2 m/s 감소하므로, A의 속력도 2 m/s 감소한 8 m/s이다.

4 B가 다시 q에 도달했을 때 속도는 처음 속도와 크기가 같고 방향이 반대이므로 B의 속도 변화량의 크기는 4 m/s이다. 따라서 A가 q에 도달했을 때 속력은 4 m/s 감소한 6 m/s이다.

5 A의 속력은 p에서 10 m/s이고, q에서 6 m/s이므로 평균 속력은 $\frac{10\text{ m/s}+6\text{ m/s}}{2}=8\text{ m/s}$이다.

6 A가 p에서 q까지 도달하는 데 걸린 시간은 $\frac{16\text{ m}}{8\text{ m/s}}=2\text{ s}$이다.

7 2초 동안 A의 속도 변화량의 크기가 4 m/s이므로 A의 가속도의 크기는 2 m/s^2이다.

8 A와 B의 가속도의 크기가 2 m/s^2이므로 B가 최고점에 도달하여 정지한 순간까지 걸린 시간은 $\frac{2\text{ m/s}}{2\text{ m/s}^2}=1$초이다. 1초 동안 A가 이동한 거리 $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2=10\text{ m/s}\times1\text{ s}+\frac{1}{2}\times(-2\text{ m/s}^2)\times(1\text{ s})^2=9\text{ m}$이다.

자료 ④ 물체의 운동 분석

2 등가속도 직선 운동을 하므로 구간 거리가 일정하게 증가해야 한다. 따라서 0.3초부터 0.4초까지 구간 거리가 12 cm 증가하므로 ㉠은 $24+12=36$이다.

6 구간별 시간 간격이 0.1초이므로 속도 변화량도 0.1초 간격의 속도 차이이다.

7 0.1초마다 속도 변화량이 20 cm/s이므로 가속도의 크기는 $\frac{20\text{ cm/s}}{0.1\text{ s}}=200\text{ cm/s}^2=2\text{ m/s}^2$이다.

수능 1점

본책 13쪽

1 (1) 150 m (2) 동쪽, 50 m 2 > 3 (1) 20 m (2) B (3) B (4) A=B 4 50 m 5 0.4 m/s^2 6 (1) 10 m (2) 정지 (3) 2.5 m/s 7 (1) 20 m/s^2 (2) 90 m (3) 30 m/s 8 (1) 15 m (2) 25 m (3) 5 m/s 9 (1) 감소하다 증가한다 (2) 계속 변한다 (3) 크다

1 (1) 영희의 이동 거리는 영희가 이동한 경로의 전체 거리이므로 $100\ \text{m}+50\ \text{m}=150\ \text{m}$이다.
(2) 변위는 출발점에서 도착점까지 직선 거리의 방향과 크기이므로 동쪽으로 $100\ \text{m}-50\ \text{m}=50\ \text{m}$이다.

2 곡선 경로를 운동할 때는 이동 거리가 변위의 크기보다 크다. 따라서 평균 속력$\left(\dfrac{\text{이동 거리}}{\text{걸린 시간}}\right)$이 평균 속도의 크기$\left(\dfrac{\text{변위의 크기}}{\text{걸린 시간}}\right)$보다 크다.

3 (1) 처음 위치는 0이고 직선 경로를 따라 운동하여 2초 후 위치는 20 m이므로 0초부터 2초까지 A의 이동 거리는 20 m이다.
(2) 위치-시간 그래프에서 기울기는 속도이고, 속도의 크기는 속력이다. B의 기울기가 일정하므로 B의 속력이 일정하다.
(3) 0초일 때 위치는 A와 B가 같다. 1초일 때 B의 위치는 10 m이고, A의 위치는 10 m보다 작으므로 0초부터 1초까지 B의 변위가 더 크다. 따라서 평균 속도의 크기가 더 큰 물체는 B이다.
(4) 0초일 때와 2초일 때 A와 B의 위치가 같으므로 변위가 같다. 따라서 0초부터 2초까지 A와 B의 평균 속도의 크기가 같다.

4 등속 직선 운동 하는 물체의 이동 거리는 속력×시간이므로 $5\ \text{m/s}\times10\ \text{s}=50\ \text{m}$이다.

5 물체의 가속도는 $\dfrac{\text{속도 변화량}}{\text{걸린 시간}}=\dfrac{\text{나중 속도}-\text{처음 속도}}{\text{걸린 시간}}$이므로 $\dfrac{2\ \text{m/s}-0}{5\ \text{s}}=0.4\ \text{m/s}^2$

6 (1) 0초일 때 물체의 위치는 0이고, 2초일 때 위치는 10 m이므로 0초부터 2초까지 변위의 크기는 10 m이다.
(2) 2초부터 4초까지 물체의 위치가 변하지 않으므로 물체는 정지해 있다.
(3) 4초부터 8초까지 속도$=\dfrac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}}=\dfrac{-10\ \text{m}}{4\ \text{s}}=-2.5\ \text{m/s}$이다. 따라서 속도의 크기는 2.5 m/s이다.

7 (1) 물체의 가속도의 크기 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{60\ \text{m/s}}{3\ \text{s}}=20\ \text{m/s}^2$이다.
(2) 속도-시간 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 변위이다. 직선 운동에서 한쪽 방향으로만 운동한 경우 변위의 크기는 이동 거리와 같으므로 이동 거리는 $\dfrac{1}{2}\times60\ \text{m/s}\times3\ \text{s}=90\ \text{m}$이다.
(3) 등가속도 직선 운동에서 평균 속도는 처음 속도와 나중 속도의 중간값이므로 $\dfrac{0+60\ \text{m/s}}{2}=30\ \text{m/s}$이다.

8 (1) 속도-시간 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 변위이다. 0초부터 2초까지 변위는 $\dfrac{1}{2}\times20\ \text{m/s}\times2\ \text{s}=20\ \text{m}$이고, 2초부터 3초까지 변위는 $\dfrac{1}{2}\times(-10\ \text{m/s})\times1\ \text{s}=-5\ \text{m}$이므로 0초부터 3초까지 변위의 크기는 $20\ \text{m}-5\ \text{m}=15\ \text{m}$이다.
(2) 0초부터 2초까지 변위는 20 m이고, 2초부터 3초까지 변위는 반대 방향으로 5 m이다. 이동 거리는 이동한 전체 경로의 길이이므로 0초부터 3초까지 이동 거리는 $20\ \text{m}+5\ \text{m}=25\ \text{m}$이다.
(3) 0초부터 3초까지 평균 속도$=\dfrac{\text{변위}}{\text{걸린 시간}}=\dfrac{15\ \text{m}}{3\ \text{s}}=5\ \text{m/s}$이다. 또는 등가속도 직선 운동의 평균 속도는 $\dfrac{\text{처음 속도}+\text{나중 속도}}{2}$이므로 $\dfrac{20\ \text{m/s}-10\ \text{m/s}}{2}=5\ \text{m/s}$이다.

9 (1) 지표면에서 비스듬히 위로 던진 물체는 포물선 운동을 한다. 포물선 운동은 위로 올라가는 동안 속력이 감소하고, 최고점에 도달한 후 아래로 내려오면서 속력이 증가한다.
(2) 물체가 곡선 경로를 따라 운동할 때 운동 방향은 각 위치에서 접선 방향이다. 따라서 운동 방향은 계속 변한다.
(3) 곡선 경로를 따라 운동할 경우 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

수능 2점

본책 14쪽~15쪽

1 ①	2 ④	3 ③	4 ③	5 ⑤	6 ④
7 ①	8 ①				

1 평균 속력과 평균 속도

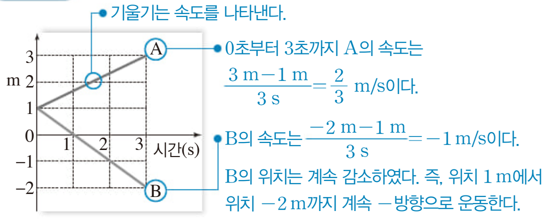
선택지 분석

ㄱ. 이동 거리는 변위의 크기보다 크다. (○)
ㄴ. 운동 방향은 일정하다. (×) **계속 변한다.**
ㄷ. 평균 속력은 평균 속도의 크기와 같다. (×) **보다 크다.**

ㄱ. 선수가 곡선 경로를 따라 운동하므로 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.
바로알기 ㄴ. 선수가 곡선 경로를 따라 운동하므로 운동 방향은 곡선 경로의 접선 방향이다. 따라서 운동 방향은 계속 변한다.
ㄷ. 곡선 경로로 운동하는 경우 이동 거리가 변위의 크기보다 크므로 평균 속력도 평균 속도의 크기보다 크다.

2 등속 직선 운동

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 1초일 때, B의 운동 방향이 바뀐다. (×) **바뀌지 않는다.**
ㄴ. 2초일 때, 속도의 크기는 A가 B보다 작다. (○)
ㄷ. 0초부터 3초까지 이동한 거리는 A가 B보다 작다. (○)

ㄴ. 위치-시간 그래프의 기울기는 속도이다. A와 B는 기울기가 일정하므로 각각 등속 직선 운동을 하고 A의 속도는 $\dfrac{2}{3}$ m/s, B의 속도는 −1 m/s이다. 따라서 2초일 때, 속도의 크기는 A가 B보다 작다.

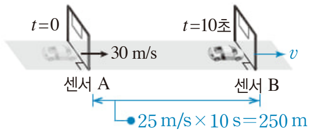
ㄷ. 0초부터 3초까지 A가 이동한 거리는 2 m이고, B가 이동한 거리는 3 m이므로 이동 거리는 A가 B보다 작다.

바로알기 ㄱ. 물체의 운동 방향은 속도의 방향과 같으므로 속도의 방향이 바뀌면 운동 방향이 바뀐다. 0초부터 3초까지 B의 속도는 변하지 않고 일정하므로 1초일 때 B의 운동 방향은 바뀌지 않는다.

3 등가속도 직선 운동

자료 분석

평균 속력 $=\frac{\text{처음 속력}+\text{나중 속력}}{2}=\frac{30\text{ m/s}+v}{2}=25\text{ m/s}$



선택지 분석

ㄱ 이동 거리는 250 m이다.
ㄴ B를 통과할 때 속력은 20 m/s이다.
ㄷ ~~가속도의 방향은 운동 방향과 같다.~~ 반대이다.

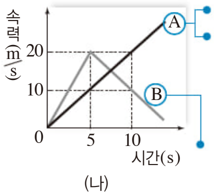
ㄱ. 이동 거리는 평균 속력×시간이므로 25 m/s×10 s=250 m이다.

ㄴ. 평균 속력 $=\frac{\text{처음 속력}+\text{나중 속력}}{2}$이므로 B를 통과할 때 속력을 v라 하면, $\frac{30\text{ m/s}+v}{2}=25$ m/s에서 $v=20$ m/s이다.

바로알기 ㄷ. 가속도의 방향이 운동 방향과 같으면 자동차의 속력은 증가한다. 자동차의 속력이 감소하였으므로 가속도의 방향은 자동차의 운동 방향과 반대이다.

4 속력-시간 그래프

자료 분석



• 기울기 일정 ➡ 등가속도 직선 운동

• 0초에서 10초 동안 이동 거리=그래프 아랫부분의 넓이 $=\frac{1}{2}\times10\times20=100$(m)

• 0초에서 10초 동안 이동 거리=그래프 아랫부분의 넓이 $=\left(\frac{1}{2}\times5\times20\right)+\left(\frac{1}{2}\times(20+10)\times5\right)=125$(m)

선택지 분석

ㄱ A는 등가속도 직선 운동을 한다.
ㄴ 0초부터 5초까지 B의 가속도의 크기는 4 m/s²이다.
ㄷ ~~두 기준선 사이의 거리 L은 200 m이다.~~ 225 m

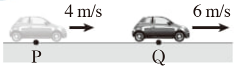
ㄱ. A의 기울기가 일정하므로 A는 등가속도 직선 운동을 한다.

ㄴ. 0초부터 5초까지 B의 가속도의 크기는 $\frac{20\text{ m/s}}{5\text{ s}}=4\text{ m/s}^2$이다.

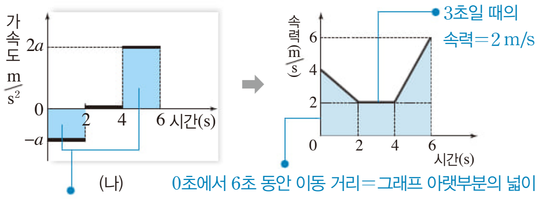
바로알기 ㄷ. A와 B가 서로 반대 방향으로 운동하므로 두 자동차가 스치는 순간까지 두 자동차가 각각 움직인 거리의 합이 두 기준선 사이의 거리 L이다. 두 자동차는 10초일 때 스쳐 지나가므로 두 자동차가 이동한 거리 $L=100\text{ m}+125\text{ m}=225$ m이다.

5 가속도-시간 그래프

자료 분석



속도 변화량
6 m/s−4 m/s=2 m/s



• 3초일 때의 속력=2 m/s

0초에서 6초 동안 속도 변화량 $=2\times(-a)+2\times2a=2a$

0초에서 6초 동안 이동 거리=그래프 아랫부분의 넓이 $=\left(\frac{1}{2}\times(2+4)\times2\right)+(2\times2)+\left(\frac{1}{2}\times(2+6)\times2\right)=18$(m)

선택지 분석

ㄱ 1초일 때 가속도의 크기는 1 m/s²이다.
ㄴ 3초일 때 속력은 2 m/s이다.
ㄷ 0초부터 6초까지 평균 속력은 3 m/s이다.

ㄱ. (가)에서 6초 동안 속도 변화량=6 m/s−4 m/s=2 m/s이고, (나)에서 6초 동안 속도 변화량은 그래프 아랫부분의 넓이이므로 $-2a+4a=2a$(m/s)이다. 따라서 $2a=2$에서 1초일 때 가속도의 크기는 1 m/s²이다.

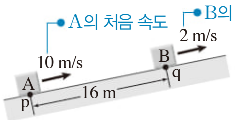
ㄴ. 2초부터 4초까지 가속도가 0이므로 자동차는 등속 직선 운동을 한다. 따라서 3초일 때의 속력은 2초일 때의 속력과 같은 4 m/s−1 m/s²×2 s=2 m/s이다.

ㄷ. 0초부터 6초까지 이동 거리는 속력-시간 그래프 아랫부분의 넓이이므로 18 m이다. 따라서 평균 속력은 $\frac{18\text{ m}}{6\text{ s}}=3$ m/s이다.

6 빗면에서 등가속도 직선 운동

자료 분석

• B가 최고점에 올라갔다가 다시 q에 도달했을 때 A도 q에 도달한다.
• 같은 빗면에서 운동하므로 A와 B의 가속도는 같다.
 ➡ 같은 시간 동안 속도 변화량이 같다.



• B가 다시 q에 도달할 때 속도=−2 m/s
• B의 속도 변화량=−2 m/s−2 m/s=−4 m/s
• A의 속도 변화량=B의 속도 변화량=−4 m/s

선택지 분석

ㄱ ~~q에서 만나는 순간, 속력은 A가 B의 4배이다.~~ 3배
ㄴ A가 p를 지나는 순간부터 2초 후 B와 만난다.
ㄷ B가 최고점에 도달했을 때, A와 B 사이의 거리는 8 m이다.

B의 처음 속도는 2 m/s이고, B가 최고점에서 다시 q에 도달했을 때 속도는 −2 m/s이므로 속도 변화량은 −4 m/s이다. A와 B가 같은 빗면에서 운동하므로 가속도가 같고, 같은 시간 동안 속도 변화량이 같다. 따라서 A의 속도 변화량도 −4 m/s이다.

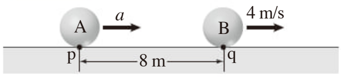
ㄴ. A가 q에서 B와 만나는 순간의 속도=처음 속도+속도 변화량=10 m/s−4 m/s=6 m/s이므로 A가 p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속도는 $\frac{10\text{ m/s}+6\text{ m/s}}{2}=8$ m/s이다. 따라서 A가 p에서 q까지 16 m를 이동하는 데 걸린 시간은 $\frac{16\text{ m}}{8\text{ m/s}}=2$ s이고, 이때 B와 만난다.

ㄷ. B가 최고점에 도달할 때까지 평균 속도는 $\frac{2\text{ m/s}+0}{2}=1\text{ m/s}$이므로 최고점까지 올라간 거리$=1\text{ m/s}\times1\text{ s}=1\text{ m}$이다. 이때 A의 평균 속도는 $\frac{10\text{ m/s}+8\text{ m/s}}{2}=9\text{ m/s}$이므로 A가 올라간 거리는 $9\text{ m/s}\times1\text{ s}=9\text{ m}$이다. 따라서 B가 최고점에 도달했을 때 A와 B 사이의 거리는 $16\text{ m}+1\text{ m}-9\text{ m}=8\text{ m}$이다.

바로알기 ㄱ. q에서 만나는 순간, A의 속력은 6 m/s이고, B의 속력은 2 m/s이므로 속력은 A가 B의 3배이다.

7 등속 직선 운동과 등가속도 직선 운동

자료 분석



출발 후 4초 동안 이동 거리는 B가 A의 2배이다.

➡ $4\text{ m/s}\times4\text{ s}=2\times\left(\frac{1}{2}\times a\times(4\text{ s})^2\right)$

• 출발 후 t초 동안 A가 이동한 거리$=\frac{1}{2}at^2$

• 출발 후 t초 동안 B가 이동한 거리$=vt=4\text{ m/s}\times t$

선택지 분석

ㄱ. $a=1\text{ m/s}^2$이다. (○)

ㄴ. A가 p에서 q까지 운동한 시간은 3초이다. (✕) 4초

ㄷ. A가 출발한 순간부터 B와 만날 때까지 걸리는 시간은 9초이다. (✕) 9초와 10초 사이이다.

ㄱ. 출발 후 4초 동안 B가 이동한 거리는 $4\text{ m/s}\times4\text{ s}=16\text{ m}$이고, A가 이동한 거리는 $\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times a\times(4\text{ s})^2$이다. B가 이동한 거리가 A가 이동한 거리의 2배이므로 $16\text{ m}=2\times\left(\frac{1}{2}\times a\times(4\text{ s})^2\right)$에서 $a=1\text{ m/s}^2$이다.

바로알기 ㄴ. $a=1\text{ m/s}^2$이고, p에서 q까지 A가 이동한 거리는 8 m이므로 $s=\frac{1}{2}at^2$에서 $t=\sqrt{\frac{2s}{a}}=\sqrt{\frac{2\times8\text{ m}}{1\text{ m/s}^2}}=4\text{ s}$이다. 따라서 A가 p에서 q까지 운동한 시간은 4초이다.

ㄷ. p를 기준으로 9초 후 A의 위치는 $\frac{1}{2}\times1\text{ m/s}^2\times(9\text{ s})^2=40.5\text{ m}$이고, B의 위치는 $8\text{ m}+4\text{ m/s}\times9\text{ s}=44\text{ m}$이다. 따라서 9초일 때까지 A와 B는 만나지 않는다. 10초 후 A의 위치는 $\frac{1}{2}\times1\text{ m/s}^2\times(10\text{ s})^2=50\text{ m}$이고, B의 위치는 $8\text{ m}+4\text{ m/s}\times10\text{ s}=48\text{ m}$이므로 A와 B는 9초와 10초 사이에 만난다. A와 B가 만날 때까지 걸린 시간은 $\frac{1}{2}\times1\text{ m/s}^2\times t^2=8\text{ m}+4\text{ m/s}\times t$로 구할 수 있다.

8 여러 가지 물체의 운동

선택지 분석

ㄱ. (가)에서 구슬의 속력은 변한다. (○)

ㄴ. (나)에서 농구공의 속력은 변하지 않고, 운동 방향만 변한다. (✕) 속력과 운동 방향이 모두 변한다.

ㄷ. (다)에서 사람의 운동 방향은 변하지 않는다. (✕) 변한다.

ㄱ. (가)에서 연직 위로 던진 구슬은 등가속도 직선 운동을 하며 속력이 점점 느려진다.

바로알기 ㄴ. 지표면에서 비스듬히 위로 던진 물체는 운동 방향과 속력이 모두 변하는 운동을 한다.

ㄷ. 원운동하는 물체의 운동 방향은 원 궤도의 각 위치에서 접선 방향이므로, 물체의 운동 방향이 매 순간 변한다. 따라서 (다)에서 사람의 운동 방향은 계속 변한다.

수능 3점

본책 16쪽~17쪽

1 ⑤ 2 ④ 3 ④ 4 ③ 5 ③ 6 ⑤
7 ③ 8 ⑤

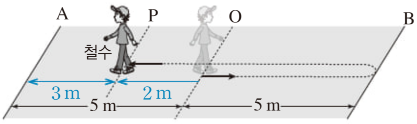
1 이동 거리와 변위

자료 분석

이동 거리는 이동한 경로의 전체 길이이고, 변위는 출발점에서 도착점까지 직선 거리와 방향이다.

• 이동 거리: $12\text{ m}=5\text{ m}+5\text{ m}+2\text{ m}$

• 변위: 왼쪽으로 2 m



선택지 분석

ㄱ. 이동 거리는 12 m이다. (○)

ㄴ. A에서 P까지 거리는 3 m이다. (○)

ㄷ. 철수의 평균 속도의 크기는 0.5 m/s이다. (○)

ㄱ. 철수의 평균 속력이 3 m/s이므로 4초 동안 이동한 거리는 $3\text{ m/s}\times4\text{ s}=12\text{ m}$이다.

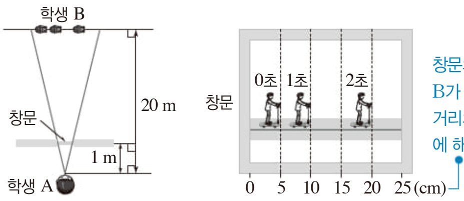
ㄴ. 철수가 이동한 거리가 12 m이므로 O에서 P까지 거리는 $12\text{ m}-10\text{ m}=2\text{ m}$이다. 따라서 A에서 P까지 거리는 3 m이다.

ㄷ. 4초 동안 철수의 변위는 왼쪽으로 2 m이므로 평균 속도의 크기는 $\frac{2\text{ m}}{4\text{ s}}=0.5\text{ m/s}$이다.

2 이동 거리와 속력

자료 분석

A에서 창문까지의 수직 거리는 1 m, A에서 B가 운동하는 직선까지의 수직 거리는 20 m이다. ➡ B가 운동하는 거리는 창문에서 관찰하는 거리의 20배이다.



(가) (나)

창문의 1 cm는 B가 운동하는 거리의 20 cm에 해당한다.

선택지 분석

ㄱ. 0초부터 1초까지 이동한 거리는 1 m이다. (○)

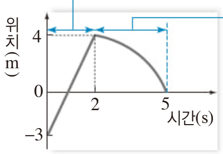
ㄴ. 1초부터 2초까지 평균 속력은 2 m/s이다. (○)

ㄷ. 0초부터 2초까지 일정한 속력으로 운동하였다. (✕) 속력이 변하였다.

ㄱ. B가 운동하는 거리는 창문에서 관찰하는 거리의 20배이다. 0초부터 1초까지 창문에서 5 cm 이동하였으므로 B가 이동한 거리는 5 cm의 20배인 100 cm, 즉 1 m이다.
ㄴ. 1초부터 2초까지 창문에서 10 cm 이동하였으므로 B의 이동 거리는 10 cm의 20배인 200 cm=2 m이다. 따라서 1초부터 2초까지 1초 동안 B의 평균 속력은 2 m/s이다.
바로알기 ㄷ. 0초부터 1초까지 이동한 거리와 1초부터 2초까지 이동한 거리가 다르므로 B는 속력이 변하는 운동을 하였다.

3 위치-시간 그래프

자료 분석



기울기 일정 ➡ 속력 일정
접선의 기울기의 크기 증가 ➡ 속력 증가

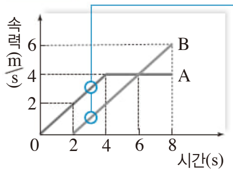
선택지 분석

ⓞ ㄱ. 0초부터 5초까지 변위의 크기는 3 m이다.
✕ ㄴ. 2초부터 5초까지 속력이 감소하였다. 증가하였다.
ⓞ ㄷ. 0초부터 2초까지 평균 속력과 평균 속도의 크기는 같다.

ㄱ. 0초일 때의 위치는 -3 m, 5초일 때의 위치는 0이므로 0초부터 5초까지 변위의 크기는 3 m이다.
ㄷ. 0초부터 2초까지 직선상에서 한쪽 방향으로만 운동하였으므로 변위의 크기와 이동 거리가 같다. 따라서 평균 속력과 평균 속도의 크기도 같다.
바로알기 ㄴ. 위치-시간 그래프의 기울기는 속도이다. 2초부터 5초까지 기울기의 크기가 증가하므로 속도의 크기가 증가하였다. 따라서 속력도 증가하였다.

4 속력-시간 그래프

자료 분석



속력이 일정하게 증가 ➡ 등가속도 직선 운동
가속도=기울기=1 m/s²
2초부터 8초까지 이동 거리
=그래프 아랫부분의 넓이
• A의 이동 거리:
$=\left(\frac{1}{2}\times(2+4)\times2\right)+4\times4=22$(m)
• B의 이동 거리: $\frac{1}{2}\times6\times6=18$(m)

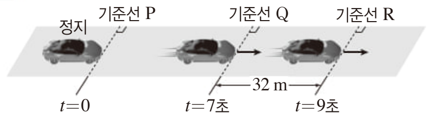
선택지 분석

✕ ㄱ. 2초부터 8초까지 평균 속력은 A와 B가 같다. **A가 B보다 크다.**
✕ ㄴ. 2초일 때, A와 B 사이의 거리는 24 m이다. **40 m**
ⓞ ㄷ. 3초일 때, 가속도의 크기는 A와 B가 같다.

ㄷ. 그래프에서 3초일 때 A와 B의 기울기가 같으므로 가속도의 크기는 A와 B가 같다.
바로알기 ㄱ. 2초부터 8초까지 A의 이동 거리는 22 m, B의 이동 거리는 18 m이다. 따라서 평균 속력은 A가 B보다 크다.
ㄴ. 2초부터 8초까지 A와 B가 서로 반대 방향으로 이동하여 충돌하였으므로 2초일 때 A와 B 사이의 거리는 A의 이동 거리 22 m에 B의 이동 거리 18 m를 더한 40 m이다.

5 등가속도 직선 운동

자료 분석



가속도의 크기$=\frac{\text{8초까지 속도 변화량}}{8\text{ s}}=\frac{16\text{ m/s}}{8\text{ s}}=2\text{ m/s}^2$

8초일 때의 속도
=7초부터 9초까지 평균 속도
$=\frac{32\text{ m}}{2\text{ s}}=16$ m/s

선택지 분석

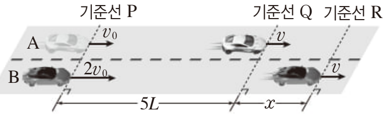
ⓞ ㄱ. t=8초일 때 속력은 16 m/s이다.
ⓞ ㄴ. 가속도의 크기는 2 m/s²이다.
✕ ㄷ. t=2초부터 t=7초까지 이동 거리는 35 m이다. **45 m**

ㄱ. 7초부터 9초까지 2초 동안 이동한 거리가 32 m이므로 평균 속력은 $\frac{32\text{ m}}{2\text{ s}}=16$ m/s이다. 등가속도 직선 운동에서 평균 속력은 중간 시각의 속력과 같으므로 7초부터 9초까지 평균 속력은 8초일 때 속력과 같다. 따라서 8초일 때 속력은 16 m/s이다.
ㄴ. 자동차가 정지 상태에서 등가속도 직선 운동을 하여 8초일 때 속력이 16 m/s가 되었으므로 가속도의 크기는 $\frac{v}{t}=\frac{16\text{ m/s}}{8\text{ s}}=2\text{ m/s}^2$이다.
바로알기 ㄷ. 가속도가 2 m/s²이므로 2초일 때 속력은 4 m/s이고, 7초일 때 속력은 14 m/s이다. 등가속도 직선 운동의 식 $2as=v^2-v_0^2$에서 $s=\frac{(14\text{ m/s})^2-(4\text{ m/s})^2}{2\times2\text{ m/s}^2}=45$ m이다.

6 등가속도 직선 운동

자료 분석

A, B의 가속도는 방향이 반대이고, 크기가 a로 같으므로 A는 속력이 빨라지는 운동을 하고, B는 속력이 느려지는 운동을 한다.



선택지 분석

ⓞ ㄱ. A가 Q를 통과하는 순간의 속력은 $\frac{3}{2}v_0$이다.
ⓞ ㄴ. $a=\frac{v_0^{\,2}}{8L}$이다.
ⓞ ㄷ. $x=2L$이다.

ㄱ. A, B가 각각 기준선 Q, R를 통과할 때의 속력을 v라고 하면, A, B의 가속도는 크기가 같고 방향이 반대이므로 $v-v_0=-(v-2v_0)$이다. 따라서 속력 $v=\frac{3}{2}v_0$이다.
ㄴ. 등가속도 직선 운동의 식 $2as=v^2-v_0^2$에서 $v=\frac{3}{2}v_0$이므로 $2a\times5L=\left(\frac{3}{2}v_0\right)^2-v_0^2$이다. 따라서 $a=\frac{v_0^{\,2}}{8L}$이다.
ㄷ. 등가속도 직선 운동의 식 $2as=v^2-v_0^2$에서 B의 가속도 $-a=-\frac{v_0^{\,2}}{8L}$이므로 $2\times\left(-\frac{v_0^{\,2}}{8L}\right)\times(5L+x)=\left(\frac{3}{2}v_0\right)^2-(2v_0)^2$이다. 따라서 $x=2L$이다.

7 빗면을 내려오는 물체의 운동 분석

자료 분석

시간(초)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
위치(cm)	0	6	14	24	㉠	50
구간 거리(cm)		6	8	10	12	14
평균 속력(cm/s)		60	80	100	120	140
속도 변화량(cm/s)		20	20	20	20	
가속도(m/s^2)		2	2	2	2	

선택지 분석

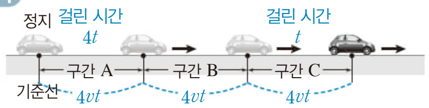
ㄱ. ㉠은 36이다.
ㄴ. ㉡은 2 m/s^2이다.
ㄷ. P가 기준선을 통과하는 순간의 속력은 0.4 m/s이다. 0.5 m/s

ㄱ. 수레가 등가속도 직선 운동을 하므로 구간 거리는 일정하게 증가한다. 구간 거리가 6 cm, 8 cm, 10 cm로 2 cm씩 증가하므로 네 번째 구간 거리는 12 cm가 증가하여 ㉠은 36 cm이다.
ㄴ. 0.1초마다 평균 속력이 20 cm/s씩 증가한다. 따라서 가속도의 크기(㉡)는 $\frac{20\ cm/s}{0.1\ s}=200\ cm/s^2=2\ m/s^2$이다.

바로알기 ㄷ. P가 기준선을 통과하는 순간의 속력을 v_0이라고 할 때, 6 cm 이동하는 데 걸린 시간은 0.1초이고, 가속도의 크기는 2 m/s^2이다. 따라서 등가속도 직선 운동의 식 $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$에서 $0.06\ m=v_0\times0.1\ s+\frac{1}{2}\times2\ m/s^2\times(0.1\ s)^2$이므로 정리하면 $v_0=0.5$ m/s이다.

8 등속 직선 운동과 등가속도 직선 운동

자료 분석

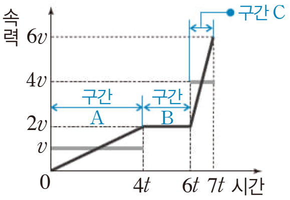


A에서의 평균 속력을 v라고 하면 구간 거리는 $4vt$로 모두 같다.

선택지 분석

ㄱ. 평균 속력은 B에서가 A에서의 2배이다.
ㄴ. 구간을 지나는 데 걸린 시간은 B에서가 C에서의 2배이다.
ㄷ. 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 8배이다.

ㄱ. A에서의 평균 속력을 v라고 하면 C에서의 평균 속력은 $4v$이므로 속력-시간 그래프는 다음과 같다. 평균 속력은 A에서 v, B에서 $2v$이므로 B에서가 A에서의 2배이다.



ㄴ. B를 지나는 시간은 $2t$, C를 지나는 시간은 t이므로 구간을 지나는 데 걸린 시간은 B에서가 C에서보다 2배이다.
ㄷ. A에서 가속도의 크기는 $\frac{2v}{4t}$이고, C에서 가속도의 크기는 $\frac{4v}{t}$이므로 가속도의 크기는 C에서가 A에서의 8배이다.

02 뉴턴 운동 법칙

개념 확인 본책 19쪽, 21쪽

(1) 운동 상태 (2) 알짜힘 (3) 평형 (4) 속력, 운동 방향 (5) 관성 (6) 0 (7) 알짜힘, 알짜힘 (8) 반비례 (9) 상호 작용 (10) 크기, 방향 (11) ①-㉢, ②-㉠, ③-㉡

수능 자료 본책 22쪽

자료❶ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 × 5 × 6 ○
자료❷ 1 × 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 × 6 × 7 ○
자료❸ 1 × 2 ○ 3 ○ 4 ○ 5 ×
자료❹ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○ 5 ×

자료❶ 가속도 법칙 실험

2 실험 A에서 운동하는 물체 전체의 질량은 수레의 질량+실에 매달린 추의 질량이므로 $2m+m=3m$이다.

3 실험 A에서 알짜힘은 mg이므로 $mg=3ma$에서 수레의 가속도의 크기는 $\frac{1}{3}g$이다.

4 실험 C에서 알짜힘은 실에 매달린 추의 무게인 $2mg$이다.

5 실험 C에서 운동하는 물체 전체의 질량은 $5m$이므로 $2mg=5ma$에서 수레의 가속도의 크기는 $\frac{2}{5}g$이다.

6 실험 B에서 알짜힘은 $2mg$이다. 실험 B의 운동 방정식은 $2mg=4ma$이므로 실험 B의 가속도가 $\frac{1}{2}g$로 가장 크다. 따라서 실험 B의 결과는 그래프의 기울기가 가장 큰 ㉠이다.

자료❷ 운동 법칙과 속력-시간 그래프 해석

1 속력-시간 그래프에서 2초일 때 기울기가 달라졌으므로 2초일 때 가속도가 변했다. 따라서 실은 2초에 끊어졌다.

2 실이 끊어지기 전 A, B에 작용하는 알짜힘은 $4F-F=3F$이다.

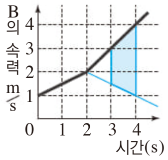
3 0초부터 2초까지 A, B의 가속도는 0.5 m/s^2이므로 운동 방정식은 $3F=(1\ kg+m)\times0.5\ m/s^2$이다.

4 2초 이후 B의 알짜힘은 $4F$이고, 가속도는 1 m/s^2이므로 B의 운동 방정식은 $4F=m\times1\ m/s^2$이다.

5 실이 끊어지기 전과 후의 두 운동 방정식 $3F=(1\ kg+m)\times0.5\ m/s^2$과 $4F=m\times1\ m/s^2$을 연립하면 $m=2$ kg이다.

6 $m=2$ kg일 때 $4F=2\ kg\times1\ m/s^2$에서 $F=0.5$ N이므로 2초 이후 질량이 1 kg인 A의 가속도는 운동 방향과 반대 방향으로 0.5 m/s^2이다. 따라서 3초일 때 A의 속력 $=2\ m/s-(0.5\ m/s^2\times1\ s)=1.5$ m/s이다.

7 2초 이후 A의 속력은 오른쪽 그래프의 아래쪽 색선에 해당한다. 3초일 때와 4초일 때의 거리 차는 3초에서 4초까지 두 그래프 사이의 넓이이고, 그 값은 2.25 m이다.



자료❸ 실로 연결된 물체의 운동

1 (가)에서 A, B, C가 정지해 있으므로 알짜힘은 0이다.

2 p가 끊어지기 전 알짜힘이 0이었으므로 p가 끊어진 후 B, C의 알짜힘의 크기는 A의 무게인 $3mg$와 같다.

3 (나)에서 B, C에 작용하는 알짜힘은 $3mg$이고 B, C의 전체 질량은 $6m$이므로 B, C의 가속도의 크기는 $\frac{3mg}{6m}=\frac{1}{2}g$이다.

4 (나)에서 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 $2m\times\frac{1}{2}g=mg$이다.

5 (나)에서 C에 작용하는 알짜힘의 크기는 $4m\times\frac{1}{2}g=2mg$이다.

자료❹ 작용 반작용 법칙

1 B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다.

2 B에 크기가 F인 힘을 작용해도 B에 작용하는 알짜힘이 0이므로 A가 B를 미는 힘의 크기도 F이다.

4 A가 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘이 0이다. 따라서 벽이 A를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘의 크기는 같다.

5 A가 벽을 미는 힘과 벽이 A를 미는 힘은 작용점이 각각 벽과 A로 상대방 물체에 있으므로 작용 반작용 관계이다.

수능 1점

본책 23쪽

1 ㄱ **2** ㄴ, ㄷ **3** 20 N **4** (1) 5 m/s² (2) 25 N (3) 0 **5** 20 m/s **6** (1) $3mg$ (2) $\frac{1}{2}g$ (3) $\frac{3}{2}mg$ **7** ④ **8** (1) ㄴ (2) ㄱ (3) ㄹ

1 ㄱ. 물체가 운동 방향으로 알짜힘을 받으면 속력이 증가하고, 운동 방향과 반대 방향으로 알짜힘을 받으면 속력이 감소한다.

바로알기 ㄴ. 물체가 운동 방향과 수직인 방향으로 알짜힘을 받으면 속력은 변하지 않고 운동 방향만 변한다.

ㄷ. 물체가 운동 방향과 비스듬한 방향으로 알짜힘을 받으면 속력과 운동 방향이 모두 변한다.

2 ㄴ. 달리던 버스가 갑자기 정지하면 사람은 계속 운동하려는 관성 때문에 앞으로 쏠려 넘어진다.

ㄷ. 마찰이 없는 수평면에서 힘을 받지 않는 물체는 운동 상태를 유지하려는 관성 때문에 계속 등속 직선 운동을 한다.

바로알기 ㄱ. 사람이 벽을 밀면 작용 반작용 법칙에 따라 벽도 사람을 밀기 때문에 사람이 뒤로 밀린다.

ㄹ. 지구와 달 사이에 서로 잡아당기는 힘은 작용 반작용 법칙과 관련이 있다.

3 $F=ma$이므로 $10\text{ kg}\times2\text{ m/s}^2=20\text{ N}$이다.

4 (1) 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도이므로 0초부터 2초까지 가속도의 크기 $a=\frac{10\text{ m/s}}{2\text{ s}}=5\text{ m/s}^2$이다.

(2) 물체에 작용한 알짜힘 $F=ma=5\text{ kg}\times5\text{ m/s}^2=25\text{ N}$이다.

(3) 2초부터 4초까지 물체의 가속도가 0이므로 알짜힘도 0이다.

5 $a=\frac{F}{m}$이므로 $a=\frac{8\text{ N}}{2\text{ kg}}=4\text{ m/s}^2$이다. 따라서 5초일 때 물체의 속력 $v=at=4\text{ m/s}^2\times5\text{ s}=20\text{ m/s}$이다.

6 (1) B가 정지해 있으므로 줄이 B를 당기는 힘과 B의 무게가 평형을 이루고 있다. 따라서 줄이 B를 당기는 힘의 크기는 B의 무게와 같은 $3mg$이고, 줄이 양쪽의 물체를 당기는 힘은 같으므로 줄이 A를 당기는 힘의 크기도 $3mg$이다.

(2) 손을 놓으면 두 물체에 작용하는 힘은 A의 무게와 B의 무게이므로 알짜힘은 B가 내려오는 방향으로 $3mg-mg=2mg$이다. 따라서 질량이 $4m$인 두 물체의 가속도의 크기 $a=\frac{2mg}{4m}=\frac{1}{2}g$이다.

(3) 줄의 장력을 T라고 하면 B에 대한 운동 방정식은 $3mg-T=3m\times\frac{1}{2}g$이므로 $T=\frac{3}{2}mg$이다.

7 ① 두 물체의 가속도의 크기 $a=\frac{\text{알짜힘}}{\text{두 물체의 질량 합}}=\frac{10\text{ N}}{5\text{ kg}}=2\text{ m/s}^2$이다.

② A에 작용하는 알짜힘의 크기는 A의 질량×가속도$=3\text{ kg}\times2\text{ m/s}^2=6\text{ N}$이다.

③ 실이 A를 당기는 힘이 A에 작용하는 알짜힘이므로 알짜힘의 크기도 6 N이다.

⑤ 하나의 실에 연결되어 있으므로 실이 A를 당기는 힘의 크기는 실이 B를 당기는 힘의 크기와 같다.

바로알기 ④ B에 작용하는 알짜힘의 크기는 B의 질량×가속도$=2\text{ kg}\times2\text{ m/s}^2=4\text{ N}$이다.

8 (1) 바위에 작용하는 중력의 반작용은 바위가 지구를 당기는 힘이다.

(2) 바위에 작용하는 두 힘은 중력과 지면이 바위를 떠받치는 힘으로 두 힘은 평형을 이룬다.

(3) 지면이 바위를 떠받치는 힘의 크기는 바위에 작용하는 중력의 크기 mg와 같다.

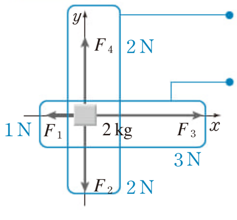
수능 2점

본책 24쪽~26쪽

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

1 알짜힘과 운동 법칙

자료 분석



- F_2와 F_4는 한 물체에 작용하는 두 힘으로 크기가 2 N으로 같고 방향이 반대이므로 합력이 0이다.
- F_1과 F_3의 합력의 크기는 F_3의 크기에서 F_1의 크기를 뺀 값과 같고, 합력의 방향은 큰 힘인 F_3의 방향이다.
  ∴ 알짜힘의 크기$=3\text{ N}-1\text{ N}=2\text{ N}$
  알짜힘의 방향: F_3의 방향

선택지 분석

ⓞ ㄱ. 물체의 가속도 방향은 $+x$ 방향이다.

✕ ㄴ. 물체의 가속도 크기는 2 m/s^2이다. 1 m/s^2

ⓞ ㄷ. F_2와 F_4는 힘의 평형 관계이다.

ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘은 $+x$ 방향으로 3 N−1 N=2 N이다. 뉴턴 운동 제2법칙 $F=ma$에 따라 가속도 a의 방향은 알짜힘 F의 방향(F_3의 방향)과 같다.
ㄷ. F_2와 F_4는 한 물체에 작용하는 두 힘이다. 두 힘의 크기가 같고 방향이 반대이므로 합력은 0이다. 따라서 두 힘은 힘의 평형 관계이다.
바로알기 ㄴ. 물체에 작용하는 알짜힘이 3 N−1 N=2 N이므로 가속도 $a=\frac{F}{m}=\frac{2\text{ N}}{2\text{ kg}}=1\text{ m/s}^2$이다.

2 뉴턴 운동 제1법칙

자료 분석

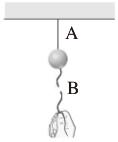
ㄱ. 운동 관성

달리던 버스가 갑자기 정지하면 승객이 버스 앞으로 쏠린다.

ㄴ. 정지 관성

종이를 빠르게 잡아당기면 종이 위에 놓인 동전이 컵 속으로 떨어진다.

ㄷ. 정지 관성



실 A에 무거운 추를 매달고, 아래 매단 실 B를 갑자기 잡아당기면 B가 끊어진다.

선택지 분석

~~ㄱ.~~ 달리던 버스가 갑자기 정지하면 승객이 버스 앞으로 쏠린다. 운동하던 승객은 계속 운동하려고 한다.
ⓛ 종이를 빠르게 잡아당기면 종이 위에 놓인 동전이 컵 속으로 떨어진다. 동전은 정지 상태에서 계속 정지해 있으려고 한다.
ⓒ 실 A에 무거운 추를 매달고, 아래 매단 실 B를 갑자기 잡아당기면 B가 끊어진다. 추는 정지 상태에서 계속 정지해 있으려고 한다.

ㄴ. 종이를 빠르게 잡아당기면 정지해 있던 동전이 정지 상태를 유지하려는 관성 때문에 종이와 함께 이동하지 않고 아래로 떨어진다.
ㄷ. 실 B를 빠르게 잡아당기면 정지해 있던 추가 정지 상태를 유지하려는 관성 때문에 제자리에 있고 실 B만 당기는 힘을 받아 B가 끊어진다.
바로알기 ㄱ. 버스와 함께 운동하던 승객은 버스가 정지하면 운동 상태를 계속 유지하려는 관성 때문에 계속 나아가던 방향으로 운동하려고 하므로 승객이 앞으로 쏠린다.

3 뉴턴 운동 제2법칙

자료 분석

실에 매달린 추의 무게=알짜힘

실험	수레 위의 추의 수	실에 매달린 추의 수(무게)	가속도의 크기 ($a=\frac{F}{m}$)
A	0	1 (mg)	$\frac{mg}{3m}=\frac{1}{3}g$
B	0	2 ($2mg$)	$\frac{2mg}{4m}=\frac{1}{2}g$
C	1	2 ($2mg$)	$\frac{2mg}{5m}=\frac{2}{5}g$

선택지 분석

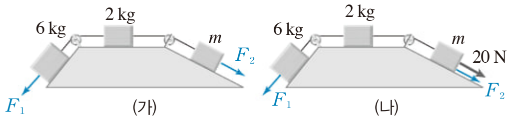
	A	B	C
~~①~~	ㄱ	ㄴ	ㄷ
~~②~~	ㄱ	ㄷ	ㄴ
~~③~~	ㄴ	ㄱ	ㄷ
④	ㄷ	ㄱ	ㄴ
~~⑤~~	ㄷ	ㄴ	ㄱ

실험 결과 그래프에서 기울기는 가속도의 크기이다. 따라서 가속도의 크기가 가장 큰 ㉠은 B이고, 가속도의 크기가 두 번째인 ㉡은 C이고, 가속도의 크기가 가장 작은 ㉢은 A이다.

4 실에 연결된 물체의 운동

자료 분석

(가)와 (나)에서 가속도의 크기가 같으므로 (가)에서는 6 kg인 물체 쪽으로 알짜힘이 작용하고, (나)에서는 m인 물체 쪽으로 알짜힘이 작용한다.



(가) $F_1-F_2=(6\text{ kg}+2\text{ kg}+m)\times1\text{ m/s}^2$
(나) $F_2+20\text{ N}-F_1=(6\text{ kg}+2\text{ kg}+m)\times1\text{ m/s}^2$

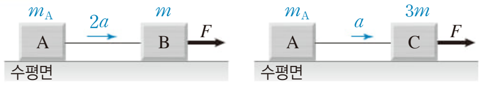
선택지 분석

~~①~~ 1 kg ② 2 kg ~~③~~ 3 kg ~~④~~ 4 kg ~~⑤~~ 5 kg

(가)에서는 F_1-F_2가 알짜힘이 되어 세 물체가 1 m/s²의 가속도로 왼쪽으로 운동하므로 $F_1-F_2=(6\text{ kg}+2\text{ kg}+m)\times1\text{ m/s}^2$ …①이 된다. (나)에서는 $20\text{ N}+F_2-F_1$이 알짜힘이 되어 세 물체가 1 m/s²의 가속도로 오른쪽으로 운동하므로 $20\text{ N}+F_2-F_1=(6\text{ kg}+2\text{ kg}+m)\times1\text{ m/s}^2$ …②가 된다. 식 ①과 ②를 연립하여 풀면 $m=2$ kg이 된다.

5 실에 연결된 물체의 운동

자료 분석



(가)의 가속도는 (나)의 2배이므로 $\frac{F}{m_A+m}=2\times\frac{F}{m_A+3m}$에서 $m_A=m$이다.

선택지 분석

ⓐ A의 질량은 B의 질량과 같다.
~~ㄴ.~~ C에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘의 크기의 3배이다. $\frac{3}{2}$배
~~ㄷ.~~ (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기와 같다. 의 2배이다.

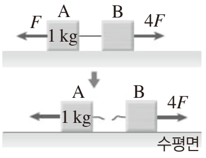
ㄱ. A의 질량을 m_A, B의 질량을 m이라고 할 때, 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로 $\frac{F}{m_A+m}=2\times\frac{F}{m_A+3m}$에서 $m_A=m$이다. 따라서 A의 질량은 B의 질량과 같다.
바로알기 ㄴ. 두 물체가 함께 운동하면 가속도가 같으므로 각 물체에 작용하는 알짜힘의 비는 질량의 비와 같다. 따라서 C에 작용하는 알짜힘은 $\frac{3}{4}F$이고, B에 작용하는 알짜힘은 $\frac{1}{2}F$이다. 따라서 C에 작용하는 알짜힘의 크기는 B에 작용하는 알짜힘의 크기의 $\frac{3}{2}$배이다.
ㄷ. (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같으므로 $m\times\frac{F}{2m}=\frac{1}{2}F$이다. (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기는 실이 A를 당기는 힘의 크기와 같으므로 $m\times\frac{F}{4m}=\frac{1}{4}F$이다. 따라서 (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 실이 C를 당기는 힘의 크기의 2배이다.

6 실에 연결된 물체의 운동

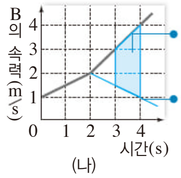
자료 분석

실이 끊어지기 전 두 물체의 알짜힘은 $4F-F=3F$로, 같은 가속도로 운동한다.

실이 끊어지기 전 0초에서 2초 동안 두 물체의 가속도는 0.5 m/s²이다.
➡ $3F=(1\ \text{kg}+m)\times 0.5\ \text{m/s}^2$



(가)



(나)

실이 끊어진 후 A는 운동 방향과 반대 방향으로 알짜힘을 받는다.

실이 끊어진 후, B의 가속도는 1 m/s²이다.
➡ $4F=m\times 1\ \text{m/s}^2$

선택지 분석

ㄱ. (✗) B의 질량은 3 kg이다. **2 kg**

ㄴ. (○) 3초 일 때, A의 속력은 1.5 m/s이다.

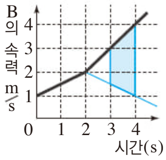
ㄷ. (✗) A와 B 사이의 거리는 4초일 때가 3초일 때보다 2.5 m만큼 크다. **2.25 m**

실이 끊어지기 전 A, B의 가속도가 0.5 m/s²이고, 실이 끊어진 후 B의 가속도가 1 m/s²이므로 B의 질량을 m이라고 하면, 실이 끊어지기 전 A, B의 운동 방정식은 $3F=(1\ \text{kg}+m)\times 0.5\ \text{m/s}^2$이고, 실이 끊어진 후 B의 운동 방정식은 $4F=m\times 1\ \text{m/s}^2$이다.

ㄴ. 실이 끊어진 후 A는 운동 방향과 반대 방향인 왼쪽으로 힘 F를 받는다. 실이 끊어지기 전과 후의 두 운동 방정식을 연립하면 $F=0.5$ N이므로, 실이 끊어진 후 질량이 1 kg인 A의 가속도는 -0.5 m/s²이다. 2초일 때 A의 속력은 2 m/s이므로, 3초일 때의 속력은 2 m/s$-$(0.5 m/s²×1 s)$=$1.5 m/s이다.

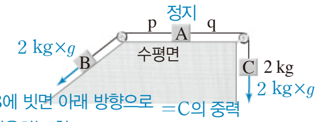
바로알기 ㄱ. 실이 끊어지기 전과 후 두 운동 방정식을 연립하면 $m=2$ kg이다.

ㄷ. 2초 이후 A의 속력은 오른쪽 그래프의 아래쪽 색선에 해당한다. 3초일 때와 4초일 때 A와 B의 거리 차이는 3초에서 4초까지 두 그래프 사이의 넓이와 같다. 따라서 거리 차이는 0.5 m+1 m+0.75 m=2.25 m이다.



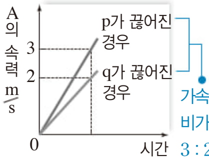
7 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘 =C의 중력

(가)



가속도의 비가 3 : 2

(나)

선택지 분석

① (✗) 3 kg ② (✗) 4 kg ③ (✗) 5 kg ④ (○) 6 kg ⑤ (✗) 7 kg

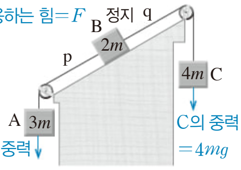
A와 B의 질량을 m이라고 하고, p가 끊어진 경우와 q가 끊어진 경우의 가속도의 비가 3 : 2이므로 p가 끊어진 경우의 가속도를 $3a$, q가 끊어진 경우의 가속도를 $2a$라고 하면 다음 운동 방정식을 만족한다. p가 끊어진 경우는 C에 작용하는 중력인 2 kg×g가 알짜힘이므로 2 kg×$g=(m+2\ \text{kg})\times 3a$이고, q가 끊어진 경우 B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘 2 kg×g가 알짜힘이므로 2 kg×$g=2m\times 2a$이다. 두 식을 연립하면 $m=6$ kg이다.

8 도르래에 연결된 물체의 운동

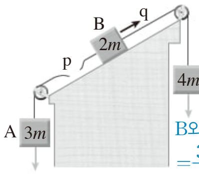
자료 분석

B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘을 F라고 하면, $3mg+F=4mg$이므로 $F=mg$이다.

B와 C에 작용하는 알짜힘 $=4mg-F=4mg-mg=3mg$



(가)



(나)

선택지 분석

ㄱ. (○) 가속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

ㄴ. (✗) A에 작용하는 알짜힘의 크기는 C에 작용하는 알짜힘의 크기보다 작다. **크다.**

ㄷ. (✗) q가 B를 당기는 힘의 크기는 mg이다. **2mg**

(가)에서 B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘을 F라고 하면, (가)의 A, B, C는 정지해 있으므로 A에 작용하는 중력+B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘=C에 작용하는 중력이다. 따라서 $3mg+F=4mg$이므로 $F=mg$이다.

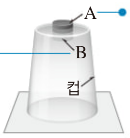
ㄱ. A는 자유 낙하 운동을 하므로 가속도의 크기가 g이다. B와 C에 작용하는 알짜힘은 $4mg-F=4mg-mg=3mg$이므로 B와 C의 가속도의 크기는 $\frac{3mg}{6m}=\frac{1}{2}g$이다.

바로알기 ㄴ. A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $3mg$이고, C에 작용하는 알짜힘의 크기는 $4m\times\frac{1}{2}g=2mg$이다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 C에 작용하는 알짜힘의 크기보다 크다.

ㄷ. q가 B를 당기는 힘을 T라고 하면 B의 운동 방정식은 $T-F=2m\times a$이므로 $T-mg=2m\times\frac{1}{2}g$에서 $T=2mg$이다.

9 작용 반작용

자료 분석



A에 작용하는 힘의 관계
중력+B가 A를 당기는 자기력 =컵 바닥이 떠받치는 힘

B에 작용하는 힘의 관계
중력+컵 바닥이 누르는 힘 =A가 B를 당기는 자기력

선택지 분석

ㄱ. (○) A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 작용과 반작용의 관계이다.

ㄴ. (○) A가 컵을 누르는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.

ㄷ. (○) B를 제거하면 A가 컵을 누르는 힘의 크기는 감소한다.

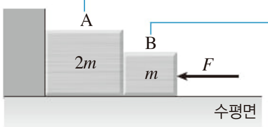
ㄱ. A가 B에 작용하는 자기력과 B가 A에 작용하는 자기력은 힘의 크기가 같고 반대 방향이며 서로 상대방 물체에 작용하므로 작용과 반작용의 관계이다.

ㄴ. A가 컵을 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력과 B가 A를 당기는 자기력을 합한 힘의 크기와 같다. B가 A를 당기는 자기력은 A가 B를 당기는 자기력과 크기가 같으므로 B에 작용하는

중력보다 크기가 크거나 같다. 따라서 A가 컵을 누르는 힘의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기보다 크다.
ㄷ. B를 제거하면 A가 컵을 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같아지므로 힘의 크기가 감소한다.

10 작용 반작용과 힘의 평형

자료 분석



A에 작용하는 힘=B가 A를 미는 힘+벽이 A를 미는 힘

B에 작용하는 힘
=크기가 F인 힘+A가 B를 미는 힘

➡ 두 물체 A, B가 정지해 있으므로
각 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

선택지 분석

✕ ㄱ. 벽이 A를 미는 힘의 반작용은 A가 B를 미는 힘이다. (A가 벽을 미는 힘)

◯ ㄴ. 벽이 A를 미는 힘의 크기와 B가 A를 미는 힘의 크기는 같다.

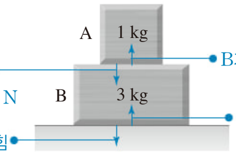
✕ ㄷ. A가 B를 미는 힘의 크기는 $\frac{2}{3}F$이다. (F)

ㄴ. 물체 A, B가 정지해 있으므로 각 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 벽이 A를 미는 힘과 B가 A를 미는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다. 두 힘은 힘의 평형 관계이다.

바로알기 ㄱ. 벽이 A를 미는 힘의 반작용은 A가 벽을 미는 힘이다.
ㄷ. B에 작용하는 알짜힘이 0이므로 크기가 F인 힘과 A가 B를 미는 힘은 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 A가 B를 미는 힘의 크기도 F이다.

11 작용 반작용과 힘의 평형

자료 분석



A가 B를 누르는 힘
1 kg×10 m/s²=10 N

B가 수평면을 누르는 힘
40 N

B가 A를 떠받치는 힘 10 N

수평면이 B를 떠받치는 힘
(1 kg+3 kg)×10 m/s²
=40 N

선택지 분석

◯ ㄱ. A가 B를 누르는 힘의 크기는 10 N이다.

✕ ㄴ. B가 수평면으로부터 받는 힘의 크기는 30 N이다. (40 N)

✕ ㄷ. A가 B를 누르는 힘과 B가 A를 떠받치는 힘은 평형 관계이다. (작용 반작용의 관계)

ㄱ. A가 B를 누르는 힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같은 10 N이다.

바로알기 ㄴ. B가 수평면을 누르는 힘의 크기는 A가 B를 누르는 힘 10 N과 B에 작용하는 중력 30 N을 더한 값과 같다. 즉, B가 수평면을 40 N의 힘으로 누르고, 이에 대한 반작용으로 수평면은 B를 40 N의 힘으로 떠받친다.
ㄷ. A가 B를 누르는 힘은 B에 작용하고, B가 A를 떠받치는 힘은 A에 작용한다. 따라서 A가 B를 누르는 힘과 B가 A를 떠받치는 힘은 작용 반작용의 관계이다.

12 물체의 운동과 작용 반작용

선택지 분석

◯ ㄱ. (가)에서 상자가 드론에 작용하는 힘의 크기는 mg이다.

◯ ㄴ. 상자에 작용하는 알짜힘의 크기는 (가)와 (나)에서 모두 0이다.

✕ ㄷ. 상자에 작용하는 중력과 드론이 상자에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다. (힘의 평형 관계)

ㄱ. 질량이 m인 물체에 작용하는 중력의 크기는 mg이다. (가)에서 상자는 정지 상태로 알짜힘이 0이므로, 드론이 상자에 중력과 반대 방향으로 mg의 힘을 작용한다. 따라서 드론이 상자에게 작용하는 힘의 반작용인 상자가 드론에 작용하는 힘의 크기도 mg이다.
ㄴ. 정지 상태에 있는 물체와 등속 직선 운동 하는 물체의 가속도는 똑같이 0이다. 따라서 상자에 작용하는 알짜힘의 크기도 (가)와 (나)에서 모두 0이다.

바로알기 ㄷ. 상자에 작용하는 중력과 드론이 상자에 작용하는 힘은 크기가 같고, 방향이 반대이며, 작용점이 모두 상자에 있으므로 힘의 평형 관계이다.

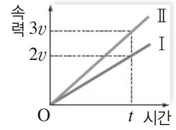
수능 3점

본책 27쪽~29쪽

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

1 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



속력-시간 그래프의 기울기는 가속도이므로
Ⅰ의 가속도$=\frac{2v}{t}$, Ⅱ의 가속도$=\frac{3v}{t}$
→ Ⅱ의 가속도는 Ⅰ의 $\frac{3}{2}$배

선택지 분석

◯ ㄱ. Ⅰ에서 추의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이다.

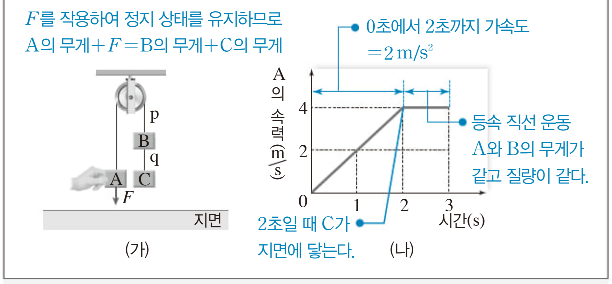
◯ ㄴ. ㉠은 $3m$이다.

◯ ㄷ. Ⅱ에서 실이 추를 당기는 힘의 크기는 $\frac{3}{4}mg$이다.

ㄱ. 실험 Ⅰ에서 추의 무게 mg를 알짜힘으로 수레와 추가 함께 운동하므로 $mg=(m+m)a_{Ⅰ}$에서 추의 가속도 $a_{Ⅰ}=\frac{1}{2}g$이다.
ㄴ. Ⅱ의 가속도 $a_{Ⅱ}$는 $a_{Ⅰ}$의 $\frac{3}{2}$배이므로 ㉠$\times g=(m+$㉠$)\times a_{Ⅱ}=(m+$㉠$)\times\frac{3}{2}\times\frac{1}{2}g$에서 ㉠$=3m$이다.
ㄷ. Ⅱ에서 실이 추를 당기는 힘을 T라고 할 때 추의 운동 방정식은 $3mg-T=3m\times\frac{3}{2}\times\frac{1}{2}g$이므로 $T=\frac{3}{4}mg$이다.

2 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. F의 크기는 C에 작용하는 중력의 크기와 같다.

ㄴ. 질량은 A가 C의 2배이다.

ㄷ. 1초일 때, p가 B를 당기는 힘의 크기는 q가 B를 당기는 힘의 크기보다 크다.

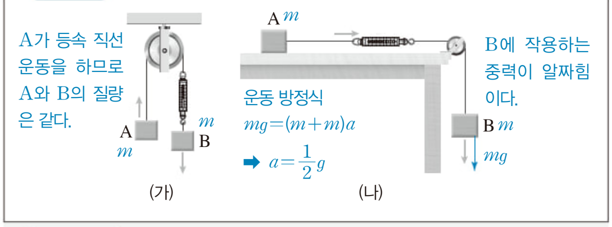
ㄱ. C가 지면에 닿은 후 A는 등속 직선 운동을 하므로 A와 B의 질량은 같다. 따라서 F는 C에 작용하는 중력과 크기가 같다.

ㄴ. A와 B의 질량을 m, C의 질량을 m_C라고 하면, 0초부터 2초 동안 전체 운동 방정식은 $m_C \times 10\ \mathrm{m/s^2} = (2m + m_C) \times 2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 $m = 2m_C$가 된다. 따라서 질량은 A가 C의 2배이다.

ㄷ. 0초부터 2초 동안 p가 B를 당기는 힘의 크기를 T_p, q가 B를 당기는 힘의 크기를 T_q라고 하면 B의 운동 방정식은 $m \times 10\ \mathrm{m/s^2} + T_q - T_p = m \times 2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 $T_p = T_q + m \times 8\ \mathrm{m/s^2}$이다. 따라서 1초일 때 $T_p > T_q$이다.

3 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



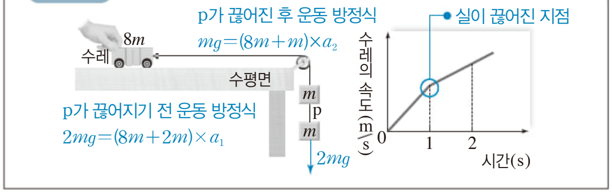
선택지 분석

① 1 : 1 ② 1 : 2 ③ 2 : 1 ④ 2 : 3 ⑤ 3 : 1

용수철저울에 나타나는 힘의 크기는 줄의 장력과 같다. (가)에서 A와 B의 질량을 각각 m이라고 하면 B에 작용하는 알짜힘이 0이므로 용수철저울에 나타나는 힘의 크기는 B의 무게와 같은 mg이다. (나)에서 A와 B의 가속도 $a = \dfrac{mg}{2m} = \dfrac{1}{2}g$일 때, 용수철저울에 나타나는 힘의 크기는 A에 작용하는 알짜힘과 같으므로 $\dfrac{1}{2}mg$이다. 따라서 $F_{(가)} : F_{(나)} = mg : \dfrac{1}{2}mg = 2 : 1$이다.

4 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 1초일 때, 수레의 속도의 크기는 1 m/s이다. **2 m/s**

ㄴ. 2초일 때, 수레의 가속도의 크기는 $\dfrac{10}{9}\ \mathrm{m/s^2}$이다.

ㄷ. 0초부터 2초까지 수레가 이동한 거리는 $\dfrac{32}{9}$ m이다.

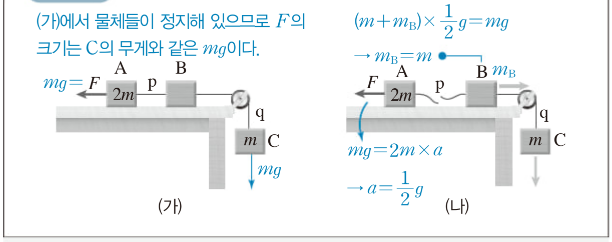
ㄴ. p가 끊어진 후 가속도의 크기를 a_2라고 하면 운동 방정식은 $mg = 9ma_2$이므로 $a_2 = \dfrac{1}{9}g = \dfrac{10}{9}\ \mathrm{m/s^2}$이다.

ㄷ. 0초부터 1초까지 수레의 가속도 $a_1 = 2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 수레가 이동한 거리 $s_1 = \dfrac{1}{2}a_1t^2 = \dfrac{1}{2} \times 2\ \mathrm{m/s^2} \times (1\ \mathrm{s})^2 = 1$ m이다. $a_2 = \dfrac{10}{9}\ \mathrm{m/s^2}$이므로 1초부터 2초까지 수레가 이동한 거리 $s_2 = v_0t + \dfrac{1}{2}a_2t^2 = 2\ \mathrm{m/s} \times 1\ \mathrm{s} + \dfrac{1}{2} \times \dfrac{10}{9}\ \mathrm{m/s^2} \times (1\ \mathrm{s})^2 = \dfrac{23}{9}$ m이다. 따라서 0초부터 2초까지 수레가 이동한 거리 $s = s_1 + s_2 = 1\ \mathrm{m} + \dfrac{23}{9}\ \mathrm{m} = \dfrac{32}{9}$ m이다.

바로알기 ㄱ. p가 끊어지기 전 가속도의 크기를 a_1이라고 하면 운동 방정식은 $2mg = 10ma_1$이므로 $a_1 = \dfrac{2m}{10m}g = 2\ \mathrm{m/s^2}$이다. 따라서 1초일 때 수레의 속도 $v = a_1t = 2\ \mathrm{m/s^2} \times 1\ \mathrm{s} = 2$ m/s이다.

5 도르래에 연결된 물체의 운동

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\dfrac{1}{3}g$이다. $\dfrac{1}{2}g$

ㄴ. B의 질량은 m이다.

ㄷ. q가 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다. **크다.**

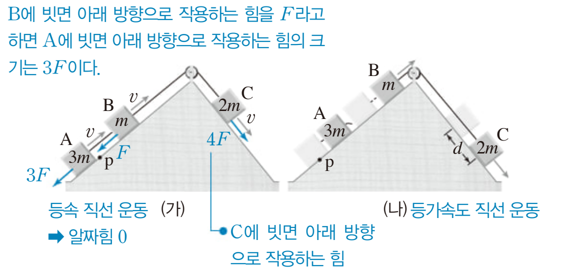
ㄴ. (가)에서 F의 크기가 mg이므로 (나)에서 A의 가속도의 크기는 $a = \dfrac{mg}{2m} = \dfrac{1}{2}g$이다. 따라서 B와 C의 가속도의 크기도 $\dfrac{1}{2}g$이고, B의 질량을 m_B라고 하면 (나)에서 B와 C의 운동 방정식은 $mg = (m_B + m) \times \dfrac{1}{2}g$이므로 $m_B = m$이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 물체가 정지해 있으므로 F의 크기는 C의 무게와 같은 mg이고, (나)에서 A의 가속도의 크기는 $\dfrac{mg}{2m} = \dfrac{1}{2}g$이다.

ㄷ. (가)에서 C가 정지해 있으므로 q가 C를 당기는 힘의 크기는 C의 무게와 같은 mg이다. (나)에서 q가 C를 당기는 힘은 q가 B를 당기는 힘과 같고, q가 B를 당기는 힘은 B에 작용하는 알짜힘이므로 $m_B \times a = m \times \dfrac{1}{2}g = \dfrac{1}{2}mg$이다. 따라서 q가 C를 당기는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

6 빗면에 연결된 물체의 운동

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 실이 C를 당기는 힘보다 크다. 작다.

ㄴ. (나)에서 B의 가속도는 $\frac{1}{8}g$이다.

ㄷ. d는 $\frac{12v^2}{g}$이다.

실이 끊어지기 전 A, B, C가 각각 일정한 속력으로 운동하므로 A, B, C에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 (가)에서 B에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기를 F라고 하면 A에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $3F$이고, C에 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $3F+F=4F$이다.

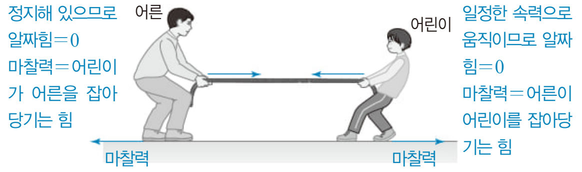
ㄴ. (나)에서 B와 C의 가속도를 a라고 하면, B의 운동 방정식은 $\frac{1}{4}mg-F=ma$ …①이고, C의 운동 방정식은 $4F-\frac{1}{4}mg=2ma$ …②이다. 식 ①과 ②를 연립하면 $F=ma$이고, $a=\frac{1}{8}g$이다.

ㄷ. (나)에서 A의 가속도를 a'이라고 하면 A의 운동 방정식은 $3F=\frac{3}{8}mg=3ma'$이므로 $a'=\frac{1}{8}g$이다. A와 C의 가속도의 크기가 같으므로 A의 속도가 v에서 0이 되는 동안 C의 속도는 v에서 $2v$가 된다. 이를 등가속도 직선 운동의 식 $v^2-{v_0}^2=2as$에 대입하면 $(2v)^2-v^2=2\times\frac{1}{8}g\times d$이므로 $d=\frac{12v^2}{g}$이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $3F$이고 실이 C를 당기는 힘의 크기는 $4F$이다. 따라서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 실이 C를 당기는 힘의 크기보다 작다.

7 작용 반작용

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기는 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기보다 크다. 크기와 같다.

ㄴ. 어린이에게 왼쪽으로 알짜힘이 작용한다. 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄷ. 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이에게 작용하는 마찰력의 크기와 같다.

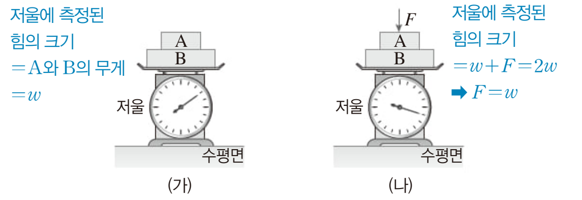
ㄷ. 정지해 있는 어른과 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 알짜힘은 각각 0이다. 즉, 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이가 어른을 당기는 힘의 크기와 같고, 어린이에게 작용하는 마찰력은 어른이 어린이를 당기는 힘의 크기와 같다. 따라서 어른에게 작용하는 마찰력의 크기는 어린이에게 작용하는 마찰력의 크기와 같다.

바로알기 ㄱ. 어른이 어린이를 당기는 힘과 어린이가 어른을 당기는 힘은 작용 반작용 관계이므로 크기가 같다.

ㄴ. 일정한 속력으로 운동하는 어린이에게 작용하는 알짜힘은 0이다.

8 작용 반작용과 힘의 평형

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 중력과 B가 A에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이다. 힘의 평형

ㄴ. (나)에서 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 F보다 크다.

ㄷ. (나)의 저울에 측정된 힘의 크기는 $3F$이다. $2F$

ㄴ. (나)에서 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 A의 무게와 F를 더한 값과 같다. 따라서 B가 A에 작용하는 힘의 크기는 F보다 크다.

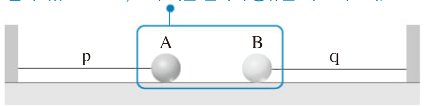
바로알기 ㄱ. A에 작용하는 중력과 작용 반작용 관계인 힘은 A가 지구를 당기는 힘이다. (가)에서 A에 작용하는 중력과 B가 A에 작용하는 힘은 모두 A에 작용하는 힘이고, A에 작용하는 알짜힘이 0이므로 두 힘은 힘의 평형 관계이다.

ㄷ. 저울에 측정된 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 (가)에서 저울에 측정된 A와 B의 무게를 w라고 하면, (나)에서 저울에 측정된 힘의 크기는 $w+F=2w$이다. 따라서 $F=w$이고, (나)에서 저울에 측정된 힘의 크기는 $2F$이다.

9 작용 반작용과 힘의 평형

자료 분석

A와 B 사이에 서로 당기는 힘이 작용하여야 실이 수평을 유지할 수 있으므로 A, B가 띠는 전하의 종류는 서로 다르다.



선택지 분석

ㄱ. A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.

ㄴ. A, B가 띠는 전하의 종류는 같다. 다르다.

ㄷ. p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘은 힘의 평형 관계이다. B가 A를 당기는 힘

ㄱ. A가 B를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘은 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘으로, 작용과 반작용 관계이다.

바로알기 ㄴ. A, B 사이에 끌어당기는 힘이 작용하고 있으므로 A, B는 서로 다른 종류의 전하를 띠고 있다.

ㄷ. 힘의 평형 관계인 두 힘은 크기가 같고 방향이 반대이며 한 물체에 작용한다. p가 A를 당기는 힘과 q가 B를 당기는 힘은 작용점이 서로 다른 물체에 있는 별개의 힘이므로 힘의 평형 관계가 아니다. p가 A를 당기는 힘과 B가 A를 당기는 힘이 힘의 평형 관계이다.

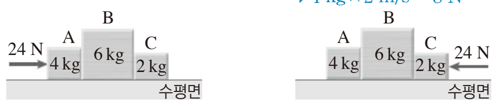
10 뉴턴 운동 제2법칙과 제3법칙

자료 분석

물체 A, B, C의 가속도의 크기 $a=\frac{24\ \text{N}}{12\ \text{kg}}=2\ \text{m/s}^2$

A가 B에 작용하는 힘
=B와 C에 작용하는 알짜힘
➡ $(6\ \text{kg}+2\ \text{kg})\times 2\ \text{m/s}^2=16\ \text{N}$

A가 B에 작용하는 힘
=B가 A에 작용하는 힘
=A에 작용하는 알짜힘
➡ $4\ \text{kg}\times 2\ \text{m/s}^2=8\ \text{N}$



(가) (나)

선택지 분석

~~① 1 : 2~~ ~~② 2 : 3~~ ~~③ 1 : 1~~ ~~④ 3 : 2~~ ⑤ 2 : 1

(가)와 (나)에서 힘의 방향은 반대이지만 힘의 크기와 전체 질량이 같으므로 가속도의 크기 $a=\frac{24\ \text{N}}{12\ \text{kg}}=2\ \text{m/s}^2$으로 같다.

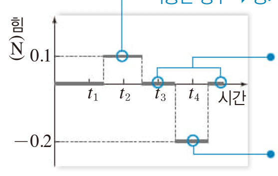
(가)에서 A가 B에 작용하는 힘은 B와 C에 작용하는 알짜힘과 같으므로 $F_1=(6\ \text{kg}+2\ \text{kg})\times 2\ \text{m/s}^2=16\ \text{N}$이다.

(나)에서 A가 B에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계인 B가 A에 작용하는 힘과 크기가 같다. B가 A에 작용하는 힘은 A에 작용하는 알짜힘과 같으므로 $F_2=4\ \text{kg}\times 2\ \text{m/s}^2=8\ \text{N}$이다.

따라서 $F_1 : F_2=$ 16 N : 8 N=2 : 1이다.

11 뉴턴 운동 제2법칙과 제3법칙

자료 분석



(나)

로봇이 수직봉의 아래 방향으로 0.1 N의 힘을 작용한 경우 ➡ 등가속도 직선 운동

로봇에 작용하는 알짜힘이 0인 경우 ➡ 등속 직선 운동

로봇이 수직봉의 위 방향으로 0.2 N의 힘을 작용한 경우 ➡ 등가속도 직선 운동

선택지 분석

ⓞ ㄱ. t_2일 때, 로봇에 작용하는 알짜힘의 방향은 연직 윗방향이다.

✕ ㄴ. t_3일 때, 속력은 0이다. 등속 직선 운동을 한다.

✕ ㄷ. t_4일 때, 가속도의 크기는 1 m/s²이다. 2 m/s²

ㄱ. t_2일 때, 저울의 눈금이 +0.1 N인 것은 로봇이 수직 봉에 연직 아래 방향으로 0.1 N의 힘을 작용하기 때문이다. 이때 로봇에 작용하는 알짜힘은 로봇이 수직 봉에 작용하는 힘의 반작용이므로 연직 윗방향으로 작용한다.

바로알기 ㄴ. t_2가 포함된 구간에서 로봇은 일정한 알짜힘을 받아 속력이 증가한다. t_3일 때, 저울에서 측정한 힘이 0이므로 로봇에 작용하는 알짜힘이 0이어서 등속 직선 운동을 하므로 속력이 0이 아니다.

ㄷ. t_4일 때, 로봇에 작용하는 알짜힘의 크기는 0.2 N이므로 가속도$=\frac{0.2\ \text{N}}{0.1\ \text{kg}}=2\ \text{m/s}^2$이다.

03 운동량과 충격량

개념 확인

본책 31쪽, 33쪽

(1) 속도 (2) 왼쪽 (3) 20 kg·m/s (4) 나중, 처음 (5) 알짜힘 (6) 운동량 보존 (7) 시간, 힘 (8) 충격량 (9) 충격량 (10) 작아 (11) 충격(충격력)

수능 자료

본책 34쪽

자료❶ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 ○ 5 × 6 ○
자료❷ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ×
자료❸ 1 ○ 2 × 3 × 4 ○ 5 ○ 6 ×
자료❹ 1 × 2 ○ 3 ○ 4 × 5 × 6 ○

자료❶ 운동량 보존 실험

1 (가)에서 두 수레는 정지해 있으므로 두 수레의 운동량의 합은 0이다.

2 이동 거리-시간 그래프에서 기울기는 속력을 나타낸다. A의 속력은 $\frac{0.4\ \text{m}}{4\ \text{s}}=0.1\ \text{m/s}$이고, B의 속력은 $\frac{0.2\ \text{m}}{4\ \text{s}}=0.05\ \text{m/s}$이므로 A의 속력은 B의 2배이다.

3 2초일 때, B의 속력은 0.05 m/s이고 B의 질량은 2 kg이므로 B의 운동량의 크기는 2 kg×0.05 m/s=0.1 kg·m/s이다.

4 4초일 때, B의 운동량의 크기는 0.1 kg·m/s이고, A의 운동량의 크기는 1 kg×0.1 m/s=0.1 kg×m/s이다. 따라서 4초일 때, A와 B의 운동량의 크기는 같다.

5 4초일 때, A와 B의 운동량의 크기가 같고 방향이 반대이므로 운동량의 합은 0이다.

자료❷ 충격량과 운동량의 관계

2 0.1초부터 0.3초까지 수레의 속력 변화량이 2 m/s이고, 질량이 2 kg이므로 운동량 변화량의 크기는 4 kg·m/s이다.

3 '충격량=운동량 변화량'이므로 0.1초부터 0.3초까지 수레가 받은 충격량은 4 kg·m/s=4 N·s이다.

4 0.1초부터 0.3초까지 수레가 받은 평균 힘$=\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}=\frac{4\ \text{N·s}}{0.2\ \text{s}}$=20 N이다.

자료 ❸ 물체의 충돌에서 운동량과 충격량

1 충돌 전 두 물체의 운동량의 합은 2 kg×7 m/s+3 kg×2 m/s=20 kg·m/s이다.

2 운동량 보존 법칙에 따라 충돌 후 운동량의 합은 충돌 전 운동량의 합과 같은 20 kg·m/s이다.

3 충돌 후 운동량의 합=20 kg·m/s=충돌 후 A의 운동량+3 kg×6 m/s이므로 충돌 후 A의 운동량의 크기는 2 kg·m/s이다.

4 충돌 후 A의 운동량의 크기=2 kg·m/s이므로 2 kg·m/s=2 kg×v에서 v=1 m/s이다.

5 충돌 과정에서 A가 받은 충격량은 A의 운동량 변화량과 같다. 2 kg·m/s−14 kg·m/s=−12 kg·m/s=−12 N·s이다.

6 B가 받은 충격량은 12 N·s이고, 평균 힘=$\dfrac{\text{충격량}}{\text{시간}}$이므로 충돌 시간이 0.5초라면 B가 받은 평균 힘은 $\dfrac{12\ \text{N·s}}{0.5\ \text{s}}$=24 N이다.

자료 ❹ 충격력과 충돌 시간의 관계

1 A의 운동량의 크기는 $3mv$이고, B의 운동량의 크기는 mv이므로 발로 차기 전 두 공의 운동량의 크기는 다르다.

2 힘−시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량을 나타낸다. A, B의 그래프 아랫부분의 넓이가 같으므로 공이 받은 충격량은 같다.

4 A와 B가 받은 충격량은 처음 운동 방향과 반대 방향으로 $5mv$이다. 공이 발을 떠나는 순간, A의 운동량은 $3mv-5mv=-2mv$이고, B의 운동량은 $mv-5mv=-4mv$이므로 같지 않다.

5 공의 질량이 m으로 같으므로 공이 발을 떠나는 순간 공의 속력은 B에서가 $4v$, A에서가 $2v$로 B에서가 A에서의 2배이다.

6 충격량이 같고, 힘을 받은 시간은 B가 A의 2배이므로 공이 받은 평균 힘의 크기는 A에서가 B에서의 2배이다.

수능 1점

본책 35쪽

1 (1) 10 m/s (2) 12 kg·m/s (3) 4 N **2** 4 m/s **3** ㄱ, ㄴ
4 24 kg·m/s **5** 300 N **6** (1) = (2) = (3) < (4) > **7** ②
8 ①

1 (1) 물체의 질량은 2 kg이고, 3초일 때 운동량은 20 kg·m/s이므로 물체의 속력=$\dfrac{\text{운동량}}{\text{질량}}=\dfrac{20\ \text{kg·m/s}}{2\ \text{kg}}$=10 m/s이다.
(2) 0초부터 3초까지 물체의 운동량 변화량의 크기는 20 kg·m/s−8 kg·m/s=12 kg·m/s이다.
(3) 운동량−시간 그래프의 기울기는 물체가 받은 알짜힘을 나타내므로 0초부터 3초까지 물체가 받은 알짜힘의 크기는 $\dfrac{20\ \text{kg·m/s}-8\ \text{kg·m/s}}{3\ \text{s}}$=4 N이다.

2 충돌 전 두 물체의 운동량의 합은 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 운동량과 같으므로 (2 kg×7 m/s)+(3 kg×2 m/s)=5 kg×v에서 v=4 m/s이다.

3 ㄱ. 운동량은 질량에 속도를 곱한 물리량이다.
ㄴ. '충격량=힘×시간'이고, 힘은 크기와 방향이 있으므로 충격량도 크기와 방향이 있다.
바로알기 ㄷ. 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다.

4 힘−시간 그래프에서 그래프 아랫부분의 넓이는 물체가 받은 충격량이고, 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같다. 따라서 물체의 운동량의 변화량은 6 N×4 s=24 N·s=24 kg·m/s이다.

5 공이 받은 충격량=공의 운동량의 변화량=1 kg×30 m/s=30 kg·m/s이고, 공에 작용한 평균 힘=$\dfrac{\text{충격량}}{\text{시간}}=\dfrac{30\ \text{N·s}}{0.1\ \text{s}}$=300 N이다.

6 (1) A, B가 바닥에 닿기 직전 운동량이 같고, 충돌하여 정지한 후 운동량도 똑같이 0이 되었으므로 운동량의 변화량이 같다.
(2) 운동량의 변화량이 같으므로 충격량도 같다.
(3) 그래프에서 충돌 시간은 B가 A의 2배이다.
(4) 충격량이 같을 때 충돌 시간이 짧을수록 평균 힘(충격력)은 크다. 따라서 평균 힘(충격력)은 A가 B보다 크다.

7 똑같은 달걀이 같은 높이에서 떨어졌으므로 운동량의 변화량과 충격량이 같고 충돌 시간이 긴 달걀 B에 작용한 평균 힘의 크기가 작으므로 B는 깨지지 않았다.
바로알기 ② 두 달걀의 운동량의 변화량이 같으므로 충격량의 크기도 같다. 따라서 달걀이 받은 충격량의 크기는 A와 B가 같다.

8 ② 자동차의 에어백과 범퍼는 힘을 받는 시간을 길게 하여 탑승자가 받는 충격력을 줄여 준다.
③, ④ 농구공을 받을 때나 야구공을 받을 때 손을 뒤로 빼면서 받으면 힘을 받는 시간이 길어져 충격력이 작아진다.
⑤ 번지 점프를 할 때 줄이 잘 늘어나면 힘을 받는 시간이 길어져 충격력이 작아지기 때문에 더 안전하다.
바로알기 ① 대포의 포신을 길게 만들면 힘이 작용하는 시간이 길어져서 충격량이 커진다.

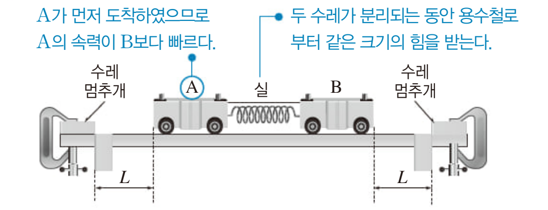
수능 2점

본책 36쪽~37쪽

1 ③ **2** ⑤ **3** ④ **4** ② **5** ⑤ **6** ⑤
7 ⑤ **8** ② **9** ⑤

1 운동량 보존 법칙

자료 분석



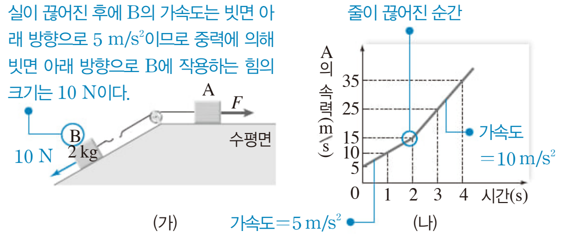
선택지 분석

ㄱ. A의 질량이 B보다 작다.
ㄴ. A의 속력이 B보다 크다.
~~ㄷ~~. 운동량의 크기는 A가 B보다 크다. A와 B가 같다.

ㄱ. A, B 모두 정지 상태에서 같은 시간 동안 힘을 받았으므로 속력이 빠른 A의 가속도가 B보다 크다. 힘의 크기가 같을 때, 가속도는 질량에 반비례하므로 A의 질량이 B보다 작다.
ㄴ. A가 먼저 도착하였으므로 A의 속력이 B보다 크다.
바로알기 ㄷ. A, B가 정지 상태에서 용수철로부터 같은 크기의 힘을 같은 시간 동안 받았으므로 충격량의 크기가 같다. 즉, 운동량 변화량의 크기가 같으므로 A, B의 운동량의 크기는 같다.

2 가속도 법칙과 운동량

자료 분석



선택지 분석

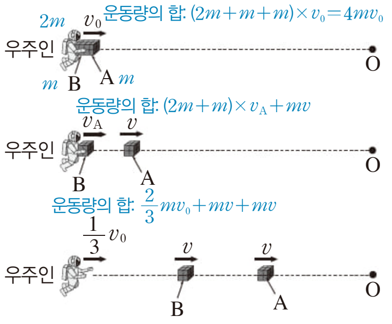
ㄱ. A의 질량은 4 kg이다.
ㄴ. 1초일 때, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 10 N이다.
ㄷ. 3초일 때, B의 운동량의 크기는 20 kg·m/s이다.

ㄱ. A의 질량을 m이라고 할 때, 2초 이후 가속도가 10 m/s^{2}이므로 F의 크기는 $m\times10$ m/s^{2}이다. 따라서 0초에서 2초까지 운동 방정식은 $m\times10$ m/s$^2-10$ N$=(2$ kg$+m)\times5$ m/s^{2}이므로 $m=4$ kg이다.
ㄴ. 1초일 때 가속도의 크기가 5 m/s^{2}이므로 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 2 kg×5 m/s^2=10 N이다.
ㄷ. 줄이 끊어지기 전까지 A와 B가 같이 운동하므로 줄이 끊어지는 순간, 즉 2초일 때 B의 속력은 빗면 위쪽으로 15 m/s이다. 이후 B의 가속도는 빗면 아래 방향으로 5 m/s^{2}이므로 3초일 때 B의 속력은 10 m/s이다. 따라서 3초일 때 B의 운동량은 2 kg×10 m/s=20 kg·m/s이다.

3 운동량 보존 법칙의 적용

자료 분석

우주인과 물체들 사이의 상호 작용 외에 다른 외력이 없으므로 운동량은 보존된다.



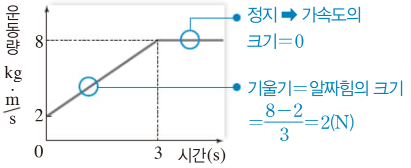
선택지 분석

~~①~~ $\frac{1}{3}v_0$ ~~②~~ $\frac{4}{9}v_0$ ~~③~~ $\frac{2}{3}v_0$ ④ $\frac{7}{9}v_0$ ~~⑤~~ $\frac{8}{9}v_0$

우주인이 A를 민 직후의 속도를 v_A, A와 B를 모두 민 후에 두 물체의 속도를 v라고 하면 A를 민 직후 우주인과 B, A의 운동량의 합은 운동량 보존 법칙에 따라 $4mv_0=3mv_A+mv$ …①이다. B를 민 직후의 우주인, A, B의 운동량의 합은 $4mv_0=\frac{2}{3}mv_0+2mv$ …②이다. 식 ②에서 $v=\frac{5}{3}v_0$이고, ①에 대입하면 $4mv_0=3mv_A+\frac{5}{3}mv_0$이므로 $v_A=\frac{7}{9}v_0$이다.

4 운동량-시간 그래프와 충격량

자료 분석



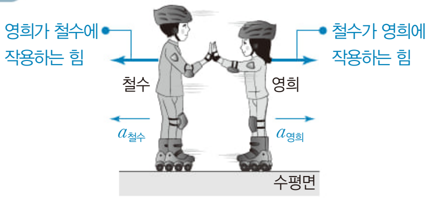
선택지 분석

~~ㄱ~~. 0초부터 3초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 15 N·s이다. 6 N·s
ㄴ. 0초부터 3초까지 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 2 N이다.
~~ㄷ~~. 3초 이후 물체의 가속도의 크기는 2 m/s^{2}이다. 0

ㄴ. 운동량-시간 그래프의 기울기는 물체에 작용한 알짜힘과 같으므로 0초부터 3초까지 알짜힘의 크기는 $\frac{8-2}{3}=2$(N)이다.
바로알기 ㄱ. 0초부터 3초까지 물체가 받은 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. 따라서 8 kg·m/s−2 kg·m/s=6 kg·m/s=6 N·s이다.
ㄷ. 3초 이후 그래프의 기울기가 0이므로 알짜힘이 0이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 0이다.

5 운동 법칙과 충격량

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 철수가 영희에 작용하는 힘과 영희가 철수에 작용하는 힘은 작용과 반작용의 관계이다.
ㄴ. 가속도의 방향은 철수와 영희가 서로 반대이다.
ㄷ. 철수가 영희로부터 받은 충격량의 크기는 영희가 철수로부터 받은 충격량의 크기와 같다.

ㄱ. 철수가 영희에 작용하는 힘과 영희가 철수에 작용하는 힘은 철수와 영희 사이의 상호 작용이므로 작용과 반작용 관계이다.
ㄴ. 가속도의 방향은 힘의 방향과 같다. 철수와 영희가 받는 힘의 방향이 반대이므로 철수와 영희의 가속도의 방향도 서로 반대이다.

ㄷ. '충격량=힘×시간'에서 철수와 영희가 받은 힘은 작용과 반작용 관계로 크기가 같고, 힘을 받은 시간도 같다. 따라서 철수와 영희가 받은 충격량의 크기는 같다.

6 충격량의 크기

자료 분석

• 충격량은 물체가 받는 힘의 크기와 힘이 작용한 시간에 비례한다.

빨대를 부는 힘의 크기가 크다.
➡ 충격량이 크다.

빨대의 길이가 길수록 힘을 받는 시간이 길다.
➡ 충격량이 크다.

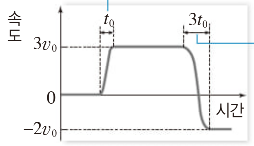
선택지 분석

ㄱ. 빨대의 길이가 같을 때, 부는 힘의 크기가 클수록 구슬이 받은 충격량이 크다.
ㄴ. 부는 힘의 크기가 같을 때, 빨대의 길이가 길수록 더 멀리 날아간다.
ㄷ. 구슬이 받은 충격량의 크기와 구슬의 운동량 변화량의 크기는 같다.

ㄱ. '충격량=힘×시간'이므로 힘의 크기가 클수록 충격량이 크다.
ㄴ. 빨대의 길이가 길수록 힘을 받은 시간이 길어지므로 구슬이 받은 충격량이 크다. 충격량이 클수록 운동량의 변화량이 크므로 빨대를 떠날 때 구슬의 속력이 빨라져 더 멀리 날아간다.
ㄷ. 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량 변화량과 같으므로 구슬이 받은 충격량의 크기와 구슬의 운동량 변화량의 크기가 같다.

7 속도-시간 그래프와 평균 힘(충격량)

자료 분석



• 첫 번째 충격에서 물체가 받은 충격량 $=m\Delta v=3mv_0$

• 두 번째 충격에서 물체가 받은 충격량 $=m\Delta v=m(-2v_0-3v_0)=-5mv_0$

선택지 분석

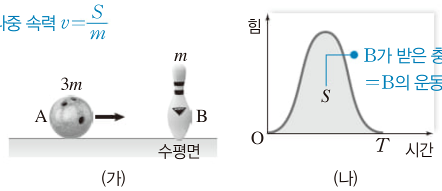
~~① 2 : 3~~ ~~② 3 : 1~~ ~~③ 3 : 5~~
~~④ 5 : 9~~ ⑤ 9 : 5

'충격량=평균 힘×시간'이므로 평균 힘$=\dfrac{\text{충격량}}{\text{시간}}$이다. 물체의 질량을 m이라고 하면 $F_1 : F_2=\dfrac{3mv_0}{t_0} : \dfrac{5mv_0}{3t_0}=9 : 5$이다.

8 힘-시간 그래프와 평균 힘(충격량)

자료 분석

B의 운동량의 변화량$=mv-0=S$
➡ 나중 속력 $v=\dfrac{S}{m}$



• B가 받은 충격량 =B의 운동량의 변화량

선택지 분석

~~ㄱ. 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B가 A로부터 받은 충격량의 크기보다 크다.~~ 크기와 같다.
ㄴ. 충돌 직후 B의 속력은 $\dfrac{S}{m}$이다.
~~ㄷ. 충돌하는 동안 A가 B에 작용한 평균 힘은 $\dfrac{S}{2T}$이다.~~ $\dfrac{S}{T}$

ㄴ. 힘-시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량을 나타내므로 B가 받은 충격량의 크기는 S이다. B가 처음에 정지 상태에 있었으므로 충돌 직후 B의 운동량의 크기는 B가 받은 충격량의 크기 S와 같다. 따라서 충돌 직후 B의 속력$=\dfrac{\text{B가 받은 충격량}}{\text{B의 질량}}=\dfrac{S}{m}$이다.

바로알기 ㄱ. 두 물체가 충돌하는 동안 서로에게 가하는 힘은 작용 반작용 관계이므로 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 A와 B가 받은 충격량의 크기는 같다.
ㄷ. 평균 힘$=\dfrac{\text{충격량}}{\text{시간}}$이다. 따라서 충돌하는 동안 A가 B에 작용한 평균 힘은 $\dfrac{S}{T}$이다.

9 충격량과 안전장치

자료 분석

A. 골프채를 휘두르는 속도를 더 크게 하여 공을 친다.
B. 글러브를 뒤로 빼면서 공을 받는다.
C. 사람을 안전하게 구조하기 위해 낙하 지점에 에어 매트를 설치한다.

골프채의 속도가 빠를수록 골프공이 받는 힘이 커진다.
글러브를 뒤로 빼면서 공을 받거나 낙하 지점에 에어 매트를 놓으면 충돌 시간이 길어진다.

선택지 분석

ㄱ. A에서는 공이 받는 충격량이 커진다.
ㄴ. B에서는 충돌 시간이 늘어나 글러브가 받는 평균 힘이 작아진다.
ㄷ. C에서는 사람의 운동량의 변화량과 사람이 받는 충격량이 같다.

ㄱ. 골프채의 속도를 크게 하면 골프공이 받는 힘이 커지므로 골프공이 받는 충격량도 커진다.
ㄴ. 충격량이 일정할 때 평균 힘 $F=\dfrac{I}{\Delta t}$이므로 충돌 시간이 길수록 평균 힘(충격력)이 작아진다.
ㄷ. 운동량의 변화량은 충격량과 같다. 따라서 C에서 사람이 에어 매트에 낙하할 때 사람의 운동량의 변화량과 사람이 받는 충격량은 같다.

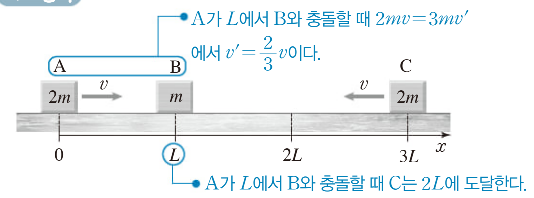
수능 3점

본책 38쪽~39쪽

1 ③ 2 ① 3 ② 4 ④ 5 ③ 6 ⑤
7 ④ 8 ⑤

1 운동량 보존 법칙의 적용

자료 분석



선택지 분석

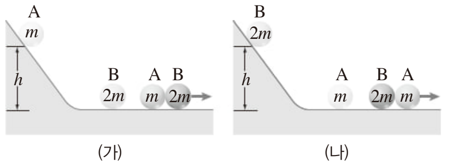
ㄱ. 위치 $1.4L$에서 두 번째 충돌이 일어난다.
ㄴ. 두 번째 충돌 후 세 물체는 모두 정지한다.
~~ㄷ.~~ 두 번째 충돌에서 운동량의 변화량은 C가 B의 2배이다. 3배

ㄱ. 첫 번째 충돌이 $x=L$에서 일어난 후 한 덩어리가 된 A와 B의 속력 v'은 $\frac{2}{3}v$이다. 이 순간 C는 $x=2L$에 와 있고 속력은 v이다. 속력의 비가 $\frac{2}{3}v : v=2:3$이므로 두 번째 충돌은 L과 $2L$ 사이를 $2:3$으로 나눈 지점인 $1.4L$에서 일어난다.
ㄴ. 처음 A와 C의 운동량은 크기가 같고 방향이 반대이므로 운동량의 합이 0이다. 따라서 세 물체가 충돌한 후 운동량의 합도 0이 되어야 하므로 두 번째 충돌 후 세 물체는 모두 정지한다.
바로알기 ㄷ. 두 번째 충돌 전 B의 운동량은 $\frac{2}{3}mv$이고, C의 운동량은 $2mv$이다. 두 번째 충돌 후 모두 정지하므로, 두 번째 충돌에서 B의 운동량의 변화량은 $\frac{2}{3}mv$이고, C의 운동량의 변화량은 $2mv$이다. 따라서 두 번째 충돌에서 운동량의 변화량은 C가 B의 3배이다.

2 운동량과 충격량의 관계

자료 분석

A, B의 높이가 같으므로 충돌 전 속력은 v로 같다.



$mv=3mv_{(가)}$에 의해 충돌 후 속력 $v_{(가)}=\frac{1}{3}v$
$2mv=3mv_{(나)}$에 의해 충돌 후 속력 $v_{(나)}=\frac{2}{3}v$

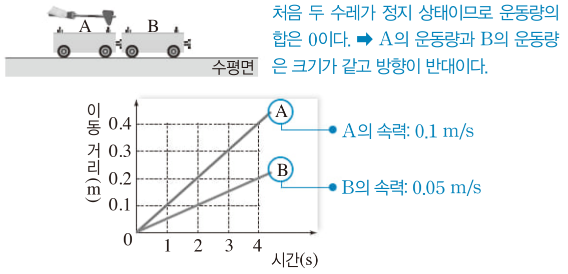
선택지 분석

ㄱ. 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력
~~ㄴ.~~ 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기 (가)=(나)
~~ㄷ.~~ 충돌하는 동안 A의 운동량의 변화량의 크기 (가)=(나)

충돌 전 A, B의 속력이 같으므로 v라고 하면 충돌 후 물체의 속력은 (가)에서 $mv=3mv_{(가)}$이므로 $v_{(가)}=\frac{1}{3}v$이고, (나)에서 $2mv=3mv_{(나)}$이므로 $v_{(나)}=\frac{2}{3}v$이다.
ㄱ. 충돌 후 한 덩어리가 된 물체의 속력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
바로알기 ㄴ. 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같다. (가)에서 B의 운동량 변화량의 크기는 $\frac{2}{3}mv-0=\frac{2}{3}mv$이고, (나)에서 B의 운동량 변화량의 크기는 $2mv-\frac{4}{3}mv=\frac{2}{3}mv$이다. 따라서 B가 받은 충격량의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.
ㄷ. 충돌하는 동안 A의 운동량 변화량의 크기는 (가)에서 $mv-\frac{1}{3}mv=\frac{2}{3}mv$이고, (나)에서 $\frac{2}{3}mv$이다. 따라서 충돌하는 동안 A의 운동량 변화량의 크기는 (가)와 (나)에서 같다.

3 운동량 보존

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ.~~ 2초일 때, A의 속력은 0.2 m/s이다. **0.1 m/s**
~~ㄴ.~~ 3초일 때, B의 운동량의 크기는 0.4 kg·m/s이다. **0.1 kg·m/s**
ㄷ. 4초일 때, 운동량의 크기는 A와 B가 같다.

ㄷ. 분리 전 정지 상태인 두 수레는 운동량의 합이 0이므로, 운동량 보존 법칙에 따라 4초일 때도 운동량의 합은 0이다. 따라서 4초일 때 A의 운동량과 B의 운동량의 크기는 같고 방향은 반대이다.
바로알기 ㄱ. 2초일 때, A의 이동 거리-시간 그래프의 기울기는 0.1이므로 A의 속력은 0.1 m/s이다.
ㄴ. 3초일 때 B의 속력은 0.05 m/s이고, B의 질량은 2 kg이다. 따라서 3초일 때, B의 운동량의 크기는 2 kg×0.05 m/s= 0.1 kg·m/s이다.

4 충격량과 평균 힘(충격력)

자료 분석

A의 처음 운동량 =2 kg×(−3 m/s)=−6 kg·m/s
A의 나중 운동량 =2 kg×1 m/s=2 kg·m/s

➡ 물체가 받은 충격량=물체의 운동량 변화량 =2 kg·m/s−(−6 kg·m/s)=8 kg·m/s=8 N·s

선택지 분석

~~①~~ 10 N ~~②~~ 20 N ~~③~~ 30 N
④ 40 N ~~⑤~~ 50 N

A가 B와 충돌한 후의 운동 방향을 (+)로 하면, 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량은 A의 운동량 변화량과 같으므로 A가 받은 충격량은 2 kg×1 m/s−2 kg×(−3 m/s)=8 kg·m/s =8 N·s이다. 따라서 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 평균 힘 $=\frac{충격량}{시간}=\frac{8\ N\cdot s}{0.2\ s}=40$ N이다.

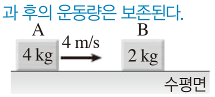
5 위치−시간 그래프와 운동량 보존

자료 분석

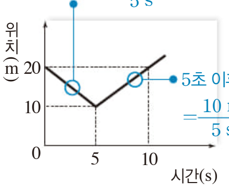
(나)에서 기울기가 B의 속도이다.

5초 이전의 속도$=\frac{-10\text{ m}}{5\text{ s}}=-2\text{ m/s}$

두 물체가 충돌할 때 외부에서 힘이 작용하지 않으면 충돌 전과 후의 운동량은 보존된다.



(가)



5초 이후의 속도 $=\frac{10\text{ m}}{5\text{ s}}=2\text{ m/s}$

(나)

선택지 분석

ㄱ. B가 A로부터 받은 충격량은 8 N·s이다.

~~ㄴ.~~ 충돌 후 A의 속력은 1 m/s이다. **2 m/s**

ㄷ. 충돌 후 두 물체는 한 덩어리가 되어 운동한다.

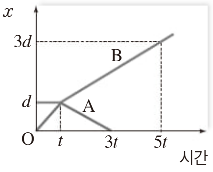
ㄱ. (나)에서 B의 충돌 전 속도는 -2 m/s이고, 충돌 후 속도는 2 m/s이므로 B가 받은 충격량의 크기=B의 운동량 변화량의 크기$=2\text{ kg}\times2\text{ m/s}-2\text{ kg}\times(-2\text{ m/s})=8\text{ N·s}$이다.

ㄷ. 충돌 후 두 물체의 속도가 2 m/s로 같으므로 충돌 후 두 물체는 한 덩어리가 되어 운동한다.

바로알기 ㄴ. 충돌 전과 후의 운동량은 보존되므로 충돌 후 A의 속력을 v라고 하면, $4\text{ kg}\times4\text{ m/s}+2\text{ kg}\times(-2\text{ m/s})=4\text{ kg}\times v+2\text{ kg}\times2\text{ m/s}$에서 $v=2$ m/s이다.

6 위치−시간 그래프와 충격량

자료 분석



- 충돌 전 A의 속도 $v=\frac{d}{t}$
- 충돌 후 B의 속도 $v_B=\frac{2d}{4t}=\frac{d}{2t}$
- 충돌 후 A의 속도 $v_A=\frac{-d}{2t}$

선택지 분석

ㄱ. A는 B와 충돌 후 충돌 전과 반대 방향으로 움직인다.

ㄴ. B의 질량은 $3m$이다.

ㄷ. B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $\frac{3}{2}mv$이다.

ㄱ. 충돌 전 A의 속도는 $\frac{d}{t}$이고, 충돌 후 A의 속도는 $-\frac{d}{2t}$이다. 속도의 부호가 (+)에서 (−)가 되었으므로 속도의 방향이 반대이다. 따라서 운동 방향도 반대이다.

ㄴ. A의 질량을 m, B의 질량을 m_B라고 하면 충돌 전 A의 운동량은 $m\frac{d}{t}$이고, 충돌 후 A의 운동량은 $-\frac{md}{2t}$, 충돌 후 B의 운동량은 $\frac{m_Bd}{2t}$이다. 운동량 보존 법칙에 따라 $m\frac{d}{t}=-\frac{md}{2t}+\frac{m_Bd}{2t}$이므로 $m_B=3m$이다.

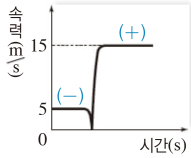
ㄷ. B가 A로부터 받은 충격량은 B의 운동량의 변화량과 같다. B의 운동량의 변화량은$=3m\frac{d}{2t}-0=3m\frac{d}{2t}$이고, $v=\frac{d}{t}$이므로 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $\frac{3}{2}mv$이다.

7 속력−시간 그래프와 평균 힘(충격력)

자료 분석

(가)에서 공의 운동량의 방향은 발로 차기 전과 후가 반대이다.

(가)



(나)

발로 차기 전 운동량: $0.2\text{ kg}\times(-5\text{ m/s})=-1\text{ kg·m/s}$

발로 찬 후 운동량: $0.2\text{ kg}\times15\text{ m/s}=3\text{ kg·m/s}$

선택지 분석

~~ㄱ.~~ 공이 받은 충격량의 크기는 2 N·s이다. **4 N·s**

ㄴ. 공이 받은 평균 힘의 크기는 40 N이다.

ㄷ. 발이 공에 작용하는 힘의 크기는 공이 발에 작용하는 힘의 크기와 같다.

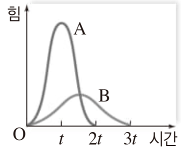
ㄴ. 공이 받은 충격량의 크기는 $3\text{ kg·m/s}-(-1\text{ kg·m/s})=4\text{ N·s}$이다. 평균 힘은 충격량을 충돌 시간으로 나눈 값이다. 공이 발에 접촉한 시간이 0.1초이므로 평균 힘$=\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}=\frac{4\text{ N·s}}{0.1\text{ s}}=40$ N이다.

ㄷ. 발이 공에 작용하는 힘과 공이 발에 작용하는 힘은 작용 반작용 관계이므로 두 힘의 크기는 같다.

바로알기 ㄱ. 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. 공을 발로 찬 후 운동 방향을 (+)라고 하면, 공을 발로 차기 전 운동 방향은 (−)이므로 공의 운동량 변화량의 크기는 $3\text{ kg·m/s}-(-1\text{ kg·m/s})=4\text{ kg·m/s}$이다. 따라서 공이 받은 충격량의 크기는 4 N·s이다.

8 힘−시간 그래프와 평균 힘(충격력)

자료 분석



그래프 아랫부분의 넓이는 A가 B의 2배

➡ 받은 충격량은 A가 B의 2배

➡ 운동량의 변화량은 A가 B의 2배

선택지 분석

~~ㄱ.~~ A, B가 등속 직선 운동 하는 동안 운동량의 크기는 A가 B의 4배이다. **2배**

ㄴ. 질량은 A가 B의 2배이다.

ㄷ. 스틱으로 치는 동안 스틱으로부터 받은 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

ㄴ. A의 운동량이 B의 2배이고, 충돌 후 속력이 같으므로 A의 질량이 B의 2배이다.

ㄷ. 평균 힘$=\frac{\text{충격량}}{\text{시간}}$이므로 A, B가 받은 충격량을 각각 $2p$, p라고 하면 A가 받은 평균 힘$=\frac{2p}{2t}$이고, B가 받은 평균 힘$=\frac{p}{3t}$이다. 따라서 평균 힘의 크기는 A가 B의 3배이다.

바로알기 ㄱ. 힘−시간 그래프 아랫부분의 넓이는 충격량을 나타낸다. A, B가 처음에 정지 상태에 있었으므로 운동량의 크기는 물체가 받은 충격량의 크기와 같다. 따라서 등속 직선 운동 하는 동안 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.

04 역학적 에너지 보존

개념 확인

본책 41쪽, 43쪽

(1) 힘 (2) 일 (3) 0 (4) J(줄) (5) 운동 에너지, 100 J (6) 증가, 감소 (7) $\frac{1}{2}kx^2$ (8) 운동, 퍼텐셜 (9) 보존 (10) mgH (11) 역학적

수능 자료

본책 45쪽

자료❶	1 ×	2 ○	3 ×	4 ○	5 ×	6 ○
자료❷	1 ○	2 ×	3 ○	4 ○	5 ×	
자료❸	1 ×	2 ○	3 ×	4 ○		
자료❹	1 ○	2 ×	3 ○	4 ○		

자료❶ 일·운동 에너지 정리

1 A에 수평 방향으로 10 N의 힘을 작용하였을 때 A, B가 정지해 있었으므로 B에 작용하는 중력은 10 N이다.

2 p부터 q까지 알짜힘 20 N이 작용하여 0.4 m 이동하였으므로 A와 B의 운동 에너지 합은 20 N×0.4 m=8 J이다.

3 크기가 30 N인 힘 F가 작용하여 0.4 m 이동하였으므로 힘 F가 한 일은 30 N×0.4 m=12 J이다.

4 B에 작용하는 중력은 10 N이고, 높이가 0.4 m 증가하였으므로 중력 퍼텐셜 에너지는 10 N×0.4 m=4 J 증가하였다.

5 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 B의 운동 에너지 증가량의 2배이므로 B의 운동 에너지 증가량은 2 J이다. A와 B의 운동 에너지 합은 8 J이므로 A의 운동 에너지 증가량은 6 J이다.

6 A가 p에서 q까지 운동하는 동안 A와 B의 운동 에너지 증가 비율은 6 J : 2 J=3 : 1이다. A가 q에서 p까지 운동하는 동안 B의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지 4 J만큼 A와 B의 운동 에너지가 증가하므로 A의 운동 에너지 증가량은 3 J이다. 따라서 A가 p를 지나는 순간 운동 에너지는 6 J+3 J=9 J이다.

자료❷ 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

1 실이 끊어진 2초 이후 B와 C의 가속도는 -5 m/s²이다. C의 질량을 m_C라고 하면 운동 방정식 $m_C\times(-10\ \text{m/s}^2)=(m+m_C)\times(-5\ \text{m/s}^2)$에 따라 $m_C=m$이다.

2 실이 끊어지기 전 A, B, C의 가속도는 5 m/s²이다. A의 질량을 m_A라고 하면 운동 방정식 $m_A\times10\ \text{m/s}^2-m\times10\ \text{m/s}^2=(m_A+2m)\times5\ \text{m/s}^2$에 따라 $m_A=4m$이다.

3 B의 중력 퍼텐셜 에너지는 일정하고, 3초일 때 B의 속력이 2초일 때 속력보다 작으므로 B의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 작다.

4 2초 이후 B와 C의 역학적 에너지 합은 보존된다. B의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 작으므로 C의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 크다.

5 2초부터 3초까지, C의 퍼텐셜 에너지 증가량은 B와 C의 운동 에너지 감소량을 합한 값과 같다.

자료❸ 궤도에서 역학적 에너지 보존

1 물체가 빗면 구간 A를 지나는 동안 역학적 에너지가 $2E$만큼 증가하므로 p에서 물체의 역학적 에너지와 q에서 물체의 역학적 에너지는 같지 않다.

2 수평면을 기준면으로 하면 p에서 물체의 역학적 에너지는 $2mgh+\frac{1}{2}mv^2$이고, q의 역학적 에너지는 $5mgh+2\times\frac{1}{2}mv^2=5mgh+mv^2$이다. 빗면 구간 A를 지나는 동안 역학적 에너지가 $2E$만큼 증가하였으므로 관계식 $2mgh+\frac{1}{2}mv^2+2E=5mgh+mv^2$을 만족한다.

3 r에서 높이가 h이므로 q에서 물체의 역학적 에너지는 r에서 운동 에너지 $\frac{1}{2}mV^2$과 중력 퍼텐셜 에너지 mgh의 합과 같다.

4 수평 구간 B에서 역학적 에너지가 $3E$만큼 감소하고 물체가 정지하여 운동 에너지가 0이 되었으므로 r에서 물체의 운동 에너지 $\frac{1}{2}mV^2=3E$이다. q에서 r까지 역학적 에너지는 보존되어 $5mgh+mv^2=mgh+\frac{1}{2}mV^2$이므로 $4mgh+mv^2=\frac{1}{2}mV^2$이다. 따라서 관계식 $4mgh+mv^2=3E$를 만족한다.

자료❹ 중력과 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존 법칙

1 (가)에서 (나)까지 A가 낙하한 높이는 $L-L_0$이므로 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $mg(L-L_0)$이다.

2 (가)의 순간과 (나)의 순간 A의 속력이 0이므로 운동 에너지는 0이다. 따라서 (가)에서 (나)까지 A의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지가 (나)에서 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환되었으므로 A의 중력 퍼텐셜 감소량과 탄성 퍼텐셜 에너지 증가량은 같다.

3 (가)에서 (나)가 되는 동안 A의 중력과 용수철의 탄성력이 같을 때까지는 중력이 커서 A의 속력이 빨라지고, 그 이후에는 탄성력이 중력보다 커서 A의 속력이 느려진다. 따라서 A의 속력은 증가하다 감소한다.

4 $mg(L-L_0)=\frac{1}{2}k(L-L_0)^2$이므로 $mg=\frac{1}{2}k(L-L_0)$이다. 중력과 탄성력이 같을 때 B의 속력이 최대이므로 $mg=kx$에서 $x=\frac{mg}{k}=\frac{1}{k}\times\frac{1}{2}k(L-L_0)=\frac{1}{2}(L-L_0)$이다.

수능 1점

본책 46쪽

1 ⑤ **2** (1) 100 J (2) 5 m (3) $10\sqrt{2}$ m/s **3** ⑤ **4** 90 J

5 (1) $3h$ (2) $3mgh$ (3) $2\sqrt{2gh}$ **6** (1) $\frac{mg}{x}$ (2) $\frac{1}{2}mgx$

7 (1) $\frac{1}{2}kA^2$ (2) 보존되지 않는다 (3) $\frac{3}{2}kA^2$

1 수레의 운동 에너지 증가량은 수레에 작용하는 알짜힘이 한 일의 양과 같다. 따라서 수레의 운동 에너지는 '처음 운동 에너지+수레가 받은 일'이다. 처음 운동 에너지는 $\frac{1}{2}\times1\ \text{kg}\times(2\ \text{m/s})^2=2$ J이고, 수레가 받은 일은 3 N×1 m=3 J이므로 1 m 이동했을 때 수레의 운동 에너지는 2 J+3 J=5 J이다.

2 (1) 1 kg의 물체가 자유 낙하 하기 전 10 m의 높이에 있었으므로 중력 퍼텐셜 에너지는 $1\ \text{kg}\times10\ \text{m/s}^2\times10\ \text{m}=100\ \text{J}$이다.
(2) 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지가 증가하므로 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지가 같은 높이는 중력 퍼텐셜 에너지가 처음의 절반이 되는 5 m이다.
(3) 처음 높이에서 중력 퍼텐셜 에너지는 지면에서 운동 에너지로 전환되므로 $100\ \text{J}=\frac{1}{2}\times1\ \text{kg}\times v^2$에서 $v=10\sqrt{2}\ \text{m/s}$이다.

3 ②, ③ 처음 운동 에너지가 최고점에서 모두 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다. 따라서 최고점에서 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2=mgh$이고, 최고점의 높이 $h=\frac{v^2}{2g}$이다.
④ 최고점에 도달한 후 아래쪽으로 중력을 받아 낙하하므로 속력이 점점 증가한다.
바로알기 ⑤ 등가속도 직선 운동을 하므로 $h=\frac{v^2}{2g}=\frac{1}{2}gt^2$에 따라 $t=\frac{v}{g}$이다.

4 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}kx^2$이다. 용수철이 10 cm 늘어 났을 때 탄성 퍼텐셜 에너지가 10 J이었으므로 $10\ \text{J}=\frac{1}{2}\times k\times(0.1\ \text{m})^2$에서 $k=2000\ \text{N/m}$이다. 따라서 용수철이 30 cm 늘어났을 때 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}\times2000\ \text{N/m}\times(0.3\ \text{m})^2=90\ \text{J}$이다.

5 (1) 물체가 낙하할 때 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지가 증가한다. 따라서 중력 퍼텐셜 에너지가 운동 에너지의 3배가 되는 위치는 지면으로부터 높이가 낙하한 거리의 3배가 되는 위치이므로 $3h$이다.
(2) 물체가 높이 $4h$에서 h까지 낙하할 때 증가한 운동 에너지는 감소한 퍼텐셜 에너지와 같으므로 $3mgh$이다.
(3) 처음 높이의 중력 퍼텐셜 에너지가 지면에서 모두 운동 에너지로 전환되므로 $4mgh=\frac{1}{2}mv^2$에서 $v=\sqrt{8gh}=2\sqrt{2gh}$이다.

6 (1) 물체의 중력과 용수철의 탄성력이 힘의 평형을 이루고 있으므로 $kx=mg$에서 $k=\frac{mg}{x}$이다.
(2) $E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}\frac{mg}{x}x^2=\frac{1}{2}mgx$이다.

7 (1) (나)에서 용수철이 늘어난 길이가 A인 상태이므로 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}kA^2$이다.
(2) (가)에서보다 (나)에서 탄성 퍼텐셜 에너지가 감소하였으므로 역학적 에너지는 보존되지 않는다.
(3) 감소한 탄성 퍼텐셜 에너지만큼 열에너지가 발생한다. 따라서 발생한 열에너지는 $\frac{1}{2}k(2A)^2-\frac{1}{2}kA^2=\frac{3}{2}kA^2$이다.

수능 2점

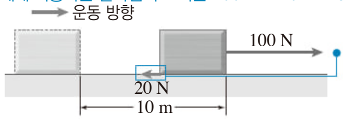
본책 47쪽~48쪽

1 ⑤	2 ④	3 ④	4 ⑤	5 ⑤	6 ②
7 ②	8 ③				

1 일

자료 분석

물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $100\ \text{N}-20\ \text{N}=80\ \text{N}$이다.



마찰력의 방향이 물체의 이동 방향과 반대 방향이므로 마찰력이 한 일은 (−)값이다.

선택지 분석

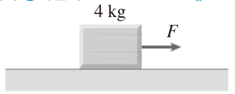
ㄱ. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 80 N이다.
ㄴ. 100 N이 한 일의 양은 1000 J이다.
ㄷ. 마찰력이 한 일은 −200 J이다.

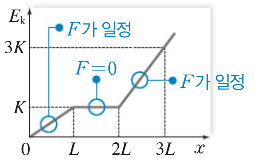
ㄱ. 물체에는 오른쪽으로 100 N, 왼쪽으로 20 N의 힘이 작용하므로 알짜힘의 크기는 $100\ \text{N}-20\ \text{N}=80\ \text{N}$이다.
ㄴ. 100 N이 한 일의 양$=100\ \text{N}\times10\ \text{m}=1000\ \text{J}$이다.
ㄷ. 마찰력의 방향과 물체의 운동 방향이 반대이므로 마찰력이 한 일의 양은 $-20\ \text{N}\times10\ \text{m}=-200\ \text{J}$이다.

2 일·운동 에너지 정리

자료 분석

힘 F가 알짜힘이므로 일·운동 에너지 정리에 의해 알짜힘이 한 일만큼 운동 에너지가 증가한다. → $F\Delta x=\Delta E_k$





선택지 분석

ㄱ. 0에서 L까지 F의 크기는 $\frac{K}{L}$로 일정하다.
ㄴ. F가 물체에 한 일은 $2L$에서 $3L$까지가 0에서 L까지의 3배(→ 2배)이다.
ㄷ. L에서 $2L$까지 F가 물체에 한 일은 0이다.

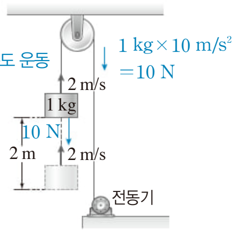
ㄱ. $F\Delta x=\Delta E_k$이므로 $F=\frac{\Delta E_k}{\Delta x}$이다. 즉, 운동 에너지–이동 거리 그래프의 기울기 $\frac{K}{L}$는 알짜힘을 나타낸다.
ㄷ. L에서 $2L$까지 운동 에너지의 변화가 없으므로 F가 물체에 한 일은 0이다.
바로알기 ㄴ. $2L$에서 $3L$까지 운동 에너지 변화량($2K$)이 0에서 L까지 운동 에너지 변화량(K)의 2배이므로 F가 물체에 한 일은 $2L$에서 $3L$까지가 0에서 L까지의 2배이다.

3 일과 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

자료 분석

- 물체가 일정한 속력으로 올라갔으므로 물체의 가속도는 0이고, 물체에 작용한 알짜힘은 0이다.
- 전동기가 줄을 통해 물체에 작용하는 힘의 크기는 물체의 무게와 같은 10 N이다.
- 전동기가 물체에 한 일만큼 중력 퍼텐셜 에너지가 증가 한다.

등속도 운동



선택지 분석

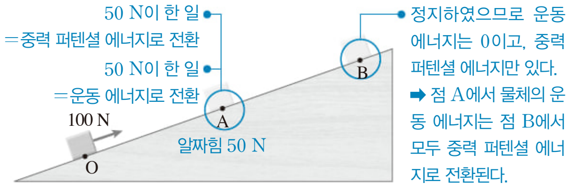
① 2 J ② 4 J ③ 8 J ④ 20 J ⑤ 22 J

물체가 일정한 속력으로 운동하므로 전동기가 물체를 끌어올리는 힘의 크기는 물체의 무게와 같은 $mg=1\ \text{kg}\times10\ \text{m/s}^2=10\ \text{N}$이다. 따라서 전동기가 물체에 한 일$=10\ \text{N}\times2\ \text{m}=20\ \text{J}$이다.

4 일과 역학적 에너지

자료 분석

점 O를 기준으로 점 A에서 물체의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지는 같다.



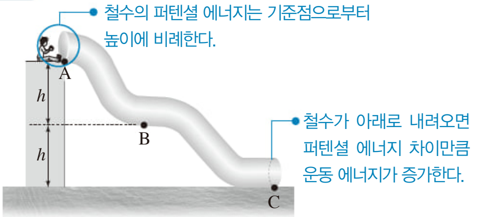
선택지 분석

ㄱ. O와 A 사이에서 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 50 N이다.
ㄴ. A에서 B까지의 거리는 O에서 A까지의 거리와 같다.
ㄷ. A에서 물체의 운동 에너지는 B로 이동하면서 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

ㄱ. 물체의 운동 에너지의 변화량은 알짜힘이 한 일이다. O에서 A까지 힘 100 N이 한 일의 절반은 중력 퍼텐셜 에너지로 전환되었고, 절반은 운동 에너지로 전환되었으므로 물체에 작용한 알짜힘은 힘 100 N의 절반인 50 N이다.
ㄴ. B에서 중력 퍼텐셜 에너지는 A에서 중력 퍼텐셜 에너지의 2배이다. 따라서 O에서 B까지 높이는 O에서 A까지 높이의 2배이므로 A에서 B까지 거리와 O에서 A까지 거리는 같다.
ㄷ. B에서 물체는 중력 퍼텐셜 에너지만 가지므로 A에서 물체의 운동 에너지는 B로 이동하면서 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

5 역학적 에너지 보존

자료 분석



선택지 분석

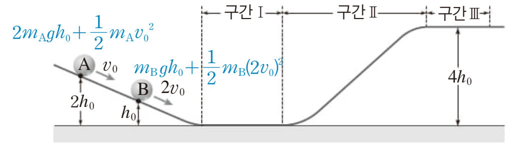
~~ㄱ~~. 철수의 속력은 C에서가 B에서의 2배이다. $\sqrt{2}$배
ㄴ. 철수의 중력 퍼텐셜 에너지는 A에서가 B에서의 2배이다.
ㄷ. C까지 내려오는 동안 중력이 철수에게 한 일은 C에서 철수의 운동 에너지와 같다.

ㄴ. C를 기준으로 A의 높이가 B의 2배이므로 중력 퍼텐셜 에너지는 A에서가 B에서의 2배이다.
ㄷ. 정지 상태로 A에서 출발하였으므로 C까지 내려오면서 중력이 철수에게 한 일은 C에서 철수의 운동 에너지와 같다.
바로알기 ㄱ. A에서 C까지 중력이 철수에게 한 일이 A에서 B까지 한 일의 2배이므로 C에서 철수의 운동 에너지가 B에서의 2배이다. 따라서 C에서 철수의 속력은 B에서의 $\sqrt{2}$배이다.

6 궤도에서 역학적 에너지 보존

자료 분석

h_0인 지점에서 B의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이다.
➡ B의 질량을 m_B라고 하면, $\frac{1}{2}m_B(2v_0)^2=4m_Bgh_0$이므로 $v_0{}^2=2gh_0$



구간 Ⅰ을 통과하는 데 걸리는 시간은 Ⅰ에서 두 물체의 속력에 반비례한다.

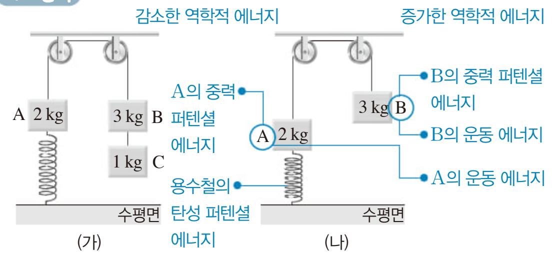
선택지 분석

~~ㄱ~~. Ⅰ을 통과하는 데 걸리는 시간은 A가 B의 $\frac{5}{3}$배이다. $\sqrt{\frac{5}{3}}$배
~~ㄴ~~. Ⅱ에서 A의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지가 같은 지점의 높이는 h_0이다. $\frac{3}{2}h_0$
ㄷ. Ⅲ에서 B의 속력은 v_0이다.

ㄷ. h_0인 지점에서 B의 운동 에너지는 중력 퍼텐셜 에너지의 4배이므로 B의 질량을 m_B라고 하면 $\frac{1}{2}m_B(2v_0)^2=4\times m_Bgh_0$에서 $v_0{}^2=2gh_0$이다. 구간 Ⅲ에서 B의 속력을 v라 하면 역학적 에너지는 보존되므로 $\frac{1}{2}m_B(2v_0)^2+m_Bgh_0=\frac{1}{2}m_Bv^2+4m_Bgh_0$이다. $v_0{}^2=2gh_0$이므로 $\frac{1}{2}m_B(2v_0)^2+\frac{1}{2}m_Bv_0{}^2=\frac{1}{2}m_Bv^2+2m_Bv_0{}^2$에서 $v=v_0$이다.
바로알기 ㄱ. $2gh_0=v_0{}^2$일 때, A의 질량을 m_A라고 하면 Ⅰ에서 A의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m_Av_0{}^2+2m_Agh_0=\frac{1}{2}m_Av_0{}^2+m_Av_0{}^2=\frac{3}{2}m_Av_0{}^2=\frac{1}{2}m_A(\sqrt{3}v_0)^2$이고, B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m_B(2v_0)^2+m_Bgh_0=\frac{4}{2}m_Bv_0{}^2+\frac{1}{2}m_Bv_0{}^2=\frac{5}{2}m_Bv_0{}^2=\frac{1}{2}m_B(\sqrt{5}v_0)^2$이다. 따라서 Ⅰ을 통과하는 동안 A의 속력은 $\sqrt{3}v_0$이고, B의 속력은 $\sqrt{5}v_0$이므로 걸린 시간은 A가 B의 $\sqrt{\frac{5}{3}}$배이다.
ㄴ. A의 역학적 에너지는 $\frac{3}{2}m_Av_0{}^2$이므로 A의 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지가 같은 지점의 중력 퍼텐셜 에너지는 $\frac{3}{4}m_Av_0{}^2$이다. $v_0{}^2=2gh_0$일 때 $\frac{3}{4}m_Av_0{}^2=\frac{3}{4}m_A2gh_0=m_Ag\frac{3}{2}h_0$이므로 이 지점의 높이는 $\frac{3}{2}h_0$이다.

7 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

자료 분석



선택지 분석

~~① $\frac{1}{5}$~~ ② $\frac{2}{5}$ ~~③ $\frac{3}{5}$~~ ~~④ $\frac{4}{5}$~~ ~~⑤ 1~~

(가)에서 (나)가 되는 과정에서 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지와 A의 중력 퍼텐셜 에너지는 감소하고, A와 B의 운동 에너지와 B의 중력 퍼텐셜 에너지는 증가한다.

(가)에서 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}\times200\ \mathrm{N/m}\times(0.1\ \mathrm{m})^2=1\ \mathrm{J}$이고, (나)에서는 $\frac{1}{2}\times200\ \mathrm{N/m}\times(0.05\ \mathrm{m})^2=0.25\ \mathrm{J}$이므로 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지 감소량은 $1\ \mathrm{J}-0.25\ \mathrm{J}=0.75\ \mathrm{J}$이다. A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $2\ \mathrm{kg}\times10\ \mathrm{m/s^2}\times0.05\ \mathrm{m}=1\ \mathrm{J}$이고, B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 $3\ \mathrm{kg}\times10\ \mathrm{m/s^2}\times0.05\ \mathrm{m}=1.5\ \mathrm{J}$이다.

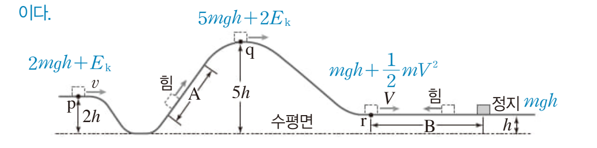
역학적 에너지 보존 법칙에 따라 감소한 역학적 에너지의 합은 증가한 역학적 에너지의 합과 같다. 따라서 A와 B의 운동 에너지 증가량을 E_k라고 하면 $0.75\ \mathrm{J}+1\ \mathrm{J}=1.5\ \mathrm{J}+E_k$에서 $E_k=0.25\ \mathrm{J}$이다.

A와 B의 속력이 같을 때, A와 B의 운동 에너지는 질량에 비례하므로 (나)의 순간 A의 운동 에너지는 $\frac{2}{5}\times0.25\ \mathrm{J}=0.1\ \mathrm{J}$이다. 따라서 A의 운동 에너지는 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지(0.25 J)의 $\frac{2}{5}$배이다.

8 힘이 작용할 때 역학적 에너지

자료 분석

p에서 물체의 운동 에너지를 E_k이라고 하면, q에서 물체의 운동 에너지는 $2E_k$이다.



선택지 분석

~~① $\sqrt{2}v$~~ ~~② $2v$~~ ③ $\sqrt{6}v$ ~~④ $3v$~~ ~~⑤ $2\sqrt{3}v$~~

수평면을 기준면으로 할 때, 물체의 질량을 m이라고 하고 p에서 운동 에너지 $\frac{1}{2}mv^2$을 E_k라고 하면 p에서 물체의 역학적 에너지는 $2mgh+E_k$이다.

물체가 구간 A를 지나는 동안 역학적 에너지가 $2E$만큼 증가하므로 q에서 물체의 역학적 에너지는 $2mgh+E_k+2E=5mgh+2E_k$ …①이다.

q에서 r까지는 역학적 에너지가 보존되므로 $5mgh+2E_k=mgh+\frac{1}{2}mV^2$ …②이고,

구간 B를 지나 역학적 에너지가 $3E$만큼 감소하여 물체가 정지하므로 $\frac{1}{2}mV^2=3E$ …③이다.

식 ②에 ③을 대입하면 $mgh=\frac{3}{4}E-\frac{1}{2}E_k$ …④이고,

식 ①에 ④를 대입하면 $E=2E_k$이다.

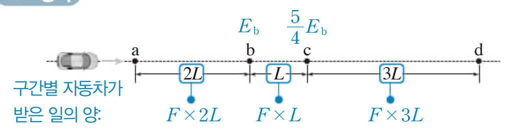
따라서 $\frac{1}{2}mV^2=3E=3\times2E_k=6\cdot\frac{1}{2}mv^2$이므로 $V=\sqrt{6}v$가 된다.

수능 3점 본책 49쪽~51쪽

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

1 일·운동 에너지 정리

자료 분석



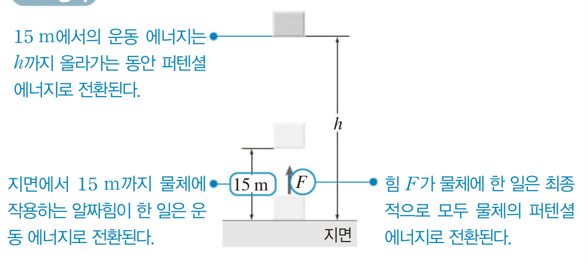
선택지 분석

~~① $\sqrt{3}$배~~ ② 2배 ~~③ $2\sqrt{2}$배~~ ~~④ 3배~~ ~~⑤ $2\sqrt{3}$배~~

자동차가 등가속도 직선 운동을 하므로 일정한 크기의 알짜힘을 받고, 알짜힘이 한 일은 자동차의 운동 에너지로 전환된다. 자동차가 받은 알짜힘의 크기를 F라고 하고, b에서 자동차의 운동 에너지를 E_b라고 하면 $F\times L=\frac{5}{4}E_b-E_b=\frac{1}{4}E_b$이다. 따라서 a에서 운동 에너지 $E_a=E_b-F\times2L=E_b-\frac{1}{2}E_b=\frac{1}{2}E_b$이고, d에서 운동 에너지 $E_d=\frac{5}{4}E_b+F\times3L=\frac{5}{4}E_b+\frac{3}{4}E_b=2E_b$이므로 $4E_a=E_d$이다. 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$으로 속력의 제곱에 비례하므로 자동차의 속력은 d에서가 a에서의 2배이다.

2 일과 중력에 의한 퍼텐셜 에너지

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. F의 크기는 물체에 작용하는 중력의 4배이다.

~~ㄴ. $h=45\ \mathrm{m}$이다.~~ 60 m

ㄷ. F가 한 일은 높이 h에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다.

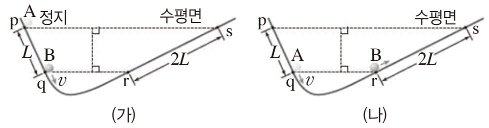
ㄱ. 물체의 질량을 m이라고 하면 물체에 작용하는 알짜힘은 $F-(m\times10\ \mathrm{m/s^2})$이다. 물체는 높이 15 m까지 1초에 올라가는 등가속도 직선 운동을 하였으므로 $s=\frac{1}{2}at^2$에서 가속도 $a=\frac{2s}{t^2}=\frac{2\times15\ \mathrm{m}}{(1\ \mathrm{s})^2}=30\ \mathrm{m/s^2}$이다. 물체의 운동 방정식에 대입하면 $F-m\times10\ \mathrm{m/s^2}=m\times30\ \mathrm{m/s^2}$이므로 $F=m\times40\ \mathrm{m/s^2}$으로 중력의 4배이다.

ㄷ. 중력의 반대 방향으로 F가 한 일은 최고점인 높이 h에서 모두 중력 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

바로알기 ㄴ. F가 물체에 한 일이 모두 중력 퍼텐셜 에너지로 전환되므로 $m\times40\ \mathrm{m/s^2}\times15\ \mathrm{m}=m\times10\ \mathrm{m/s^2}\times h$에 의해 $h=60\ \mathrm{m}$이다.

3 빗면에서 역학적 에너지 보존

자료 분석



A가 p에서 q까지 이동하는 동안 평균 속도$=\frac{0+v}{2}=\frac{v}{2}$

B가 r에서 s까지 이동하는 동안 평균 속도$=\frac{v+0}{2}=\frac{v}{2}$

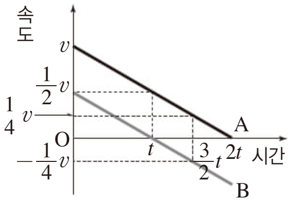
➡ A와 B의 평균 속도는 같지만 r와 s 사이의 거리가 p와 q 사이 거리의 2배이므로 걸린 시간도 2배이다.

선택지 분석

~~① $\frac{1}{8}v$~~ ~~② $\frac{1}{6}v$~~ ~~③ $\frac{1}{5}v$~~ ④ $\frac{1}{4}v$ ~~⑤ $\frac{1}{2}v$~~

A와 B가 q를 지나는 순간의 속력이 v로 같으므로 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 같은 높이에서 A와 B의 속력은 같다. 따라서 A가 p에서 q까지 이동하는 동안 평균 속력은 $\frac{0+v}{2}=\frac{v}{2}$이고, B가 r에서 s까지 이동하는 동안 평균 속력도 $\frac{v+0}{2}=\frac{v}{2}$이다. r와 s 사이의 거리가 p와 q 사이 거리의 2배이므로 A가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간을 t라고 하면 B가 r에서 s까지 이동하는 데 걸린 시간은 $2t$이다. (나)에서 시간 t가 경과한 후, A는 r에서 v의 속력으로 s를 향하여 운동하고 있고, B는 r와 s 사이에서 $\frac{1}{2}v$의 속력으로 s를 향하여 운동하고 있다.

이 순간부터 A와 B의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음 그림과 같다.



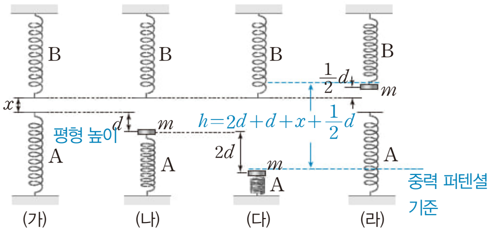
두 물체가 만나는 순간 두 물체의 높이가 같으므로 속력도 같다. 두 물체의 속력이 같은 순간은 위 그래프에서 $\frac{3}{2}t$일 때이고, 이 때 두 물체의 속력은 $\frac{1}{4}v$이다.

4 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

자료 분석

(나)에서 용수철의 탄성력과 물체의 무게가 평형을 이룬다. ➡ $kd=mg$

(라)에서 물체는 용수철 B의 탄성 퍼텐셜 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지를 가진다. ➡ $\frac{1}{2}k(\frac{1}{2}d)^2+mg(3d+x+\frac{1}{2}d)$



(다)에서 물체는 용수철 A의 탄성력에 의한 퍼텐셜 에너지를 가진다. ➡ $\frac{1}{2}k(3d)^2$

선택지 분석

ㄱ. 용수철 상수는 $\frac{mg}{d}$이다.

ㄴ. $x=\frac{7}{8}d$이다.

ㄷ. 물체가 운동하는 동안 물체의 운동 에너지의 최댓값은 $2mgd$이다.

ㄱ. 용수철 상수를 k라고 하면, (나)에서 물체의 중력과 용수철의 탄성력이 평형을 이루므로 $kd=mg$이다. 따라서 $k=\frac{mg}{d}$이다.

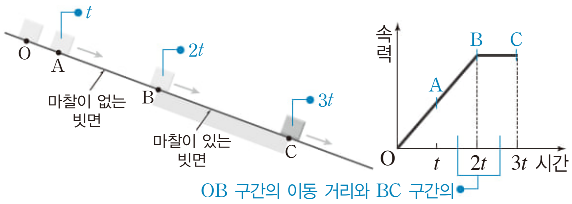
ㄴ. (다)에서 A의 탄성 퍼텐셜 에너지가 (라)에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 B의 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환되므로 $k=\frac{mg}{d}$일 때 $\frac{1}{2}\left(\frac{mg}{d}\right)(3d)^2=\frac{1}{2}\left(\frac{mg}{d}\right)(\frac{1}{2}d)^2+mg(3d+x+\frac{1}{2}d)$이다. 이를 정리하면 $x=\frac{7}{8}d$이다.

ㄷ. 운동 에너지가 최댓값이 되는 순간은 물체가 평형 높이를 지나는 순간이다. 이때 운동 에너지를 E_k라고 하면, (다)에서 평형 높이까지 탄성 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지가 증가하므로 $\frac{1}{2}\left(\frac{mg}{d}\right)(3d)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{mg}{d}\right)d^2=mg2d+E_k$이다. 따라서 물체의 운동 에너지의 최댓값 $E_k=2mgd$이다.

5 힘이 작용할 때 역학적 에너지

자료 분석

물체가 A, B, C를 지나는 시간을 t, $2t$, $3t$라고 하고 물체의 속력을 시간에 따라 나타내면 그래프와 같다.



OB 구간의 이동 거리와 BC 구간의 이동 거리가 같다.

선택지 분석

~~ㄱ. B에서 물체의 속력은 A에서의 4배이다.~~ 2배

ㄴ. C에서 물체의 운동 에너지는 32 J이다.

ㄷ. BC 구간에서 물체는 역학적 에너지가 32 J만큼 감소한다.

ㄴ. O에서 B까지 물체의 역학적 에너지가 보존되므로 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지가 증가한다. 따라서 B에서 운동 에너지는 32 J이고, B에서 C까지 물체가 등속 직선 운동을 하므로 C에서 물체의 운동 에너지도 32 J이다.

ㄷ. OB 구간의 이동 거리와 BC 구간의 이동 거리가 같으므로 OB 구간에서 감소한 높이와 BC 구간에서 감소한 높이가 같다. 따라서 BC 구간에서 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 OB 구간과 같은 32 J이다. BC 구간에서 운동 에너지는 일정하고, 중력 퍼텐셜 에너지는 32 J 감소하므로 BC 구간에서 물체는 역학적 에너지가 32 J만큼 감소한다.

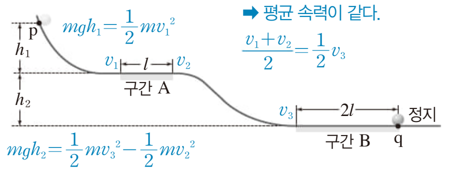
바로알기 ㄱ. O에서 B까지 등가속도 직선 운동을 하고, O에서 B까지 걸린 시간이 O에서 A까지의 2배일 때, $v=at$이므로 B에서 물체의 속력은 A에서의 2배이다.

6 힘이 작용할 때 역학적 에너지

자료 분석

중력 퍼텐셜 에너지 감소량만큼 운동 에너지가 증가한다.

구간 A와 구간 B의 거리 비가 1 : 2이고, 걸린 시간의 비도 1 : 2이다.
➡ 평균 속력이 같다.
$\frac{v_1+v_2}{2}=\frac{1}{2}v_3$



구간 A와 구간 B에서 같은 크기의 일정한 힘이 작용하므로 두 구간에서 가속도가 같다.

선택지 분석

~~①~~ $\frac{1}{2}$　ⓞ② $\frac{3}{5}$　~~③~~ $\frac{3}{4}$　~~④~~ $\frac{4}{5}$　~~⑤~~ $\frac{5}{6}$

물체의 질량을 m이라고 하고 구간 A의 시작점에서 속력을 v_1, 끝점에서의 속력을 v_2, 구간 B의 시작점에서의 속력을 v_3라고 하면, 역학적 에너지 보존 법칙에 따라 다음 관계식을 만족한다.

$mgh_1=\frac{1}{2}mv_1^2$ …①

$mgh_2=\frac{1}{2}mv_3^2-\frac{1}{2}mv_2^2$ …②

구간 A를 지나는 데 걸린 시간을 t라고 하면 구간 B를 지나는 데 걸린 시간은 $2t$이고, 두 구간에서 가속도가 같으므로 $\frac{v_2-v_1}{t}=\frac{0-v_3}{2t}$에서 $v_3=2(v_1-v_2)$ …③이다.

또한 두 구간에서 물체는 등가속도 직선 운동을 하고, 평균 속력이 같으므로 $\frac{v_1+v_2}{2}=\frac{1}{2}v_3$에서 $v_3=v_1+v_2$ …④이다.

식 ③, ④를 연립하면 $v_1=3v_2$, $v_3=4v_2$가 되고,

이를 식 ①, ②에 대입하면, $mgh_1=\frac{1}{2}m(3v_2)^2=\frac{9}{2}mv_2^2$,

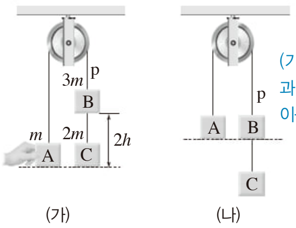
$mgh_2=\frac{1}{2}m(v_3^2-v_2^2)=\frac{1}{2}m(16v_2^2-v_2^2)=\frac{15}{2}mv_2^2$이다.

따라서 $\frac{h_1}{h_2}=\frac{9}{15}=\frac{3}{5}$이 된다.

7 일과 역학적 에너지

자료 분석

B와 C의 무게에서 A의 무게를 뺀 힘이 알짜힘이 되어 세 물체가 등가속도 직선 운동을 한다.



(가)에서 (나)가 되는 과정에서 세 물체의 이동 거리는 h이다.

p가 A를 당기는 힘과 p가 B를 당기는 힘으로 인해 A는 역학적 에너지가 증가하고, B와 C는 역학적 에너지가 감소한다.

선택지 분석

✕ ㄱ. (나)에서 A의 속력은 $\sqrt{\frac{3}{2}gh}$이다. $\sqrt{\frac{4}{3}gh}$

○ ㄴ. (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기는 $\frac{5}{3}mg$이다.

✕ ㄷ. (가)에서 (나)가 되는 과정에서 역학적 에너지 변화량의 크기는 ~~B가 A보다 크다.~~ **A가 B보다 크다.**

ㄴ. (나)에서 p의 양쪽에 A와 B가 연결되어 있으므로 p가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기와 같다. (나)에서 A의 속력이 $\sqrt{\frac{4}{3}gh}$일 때, p가 A를 당기는 힘을 T라 하면 T가 한 일은 $T\times h=\frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{4}{3}gh}\right)^2+mgh$이다. 따라서 $T=\frac{5}{3}mg$이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 A는 중력 퍼텐셜 에너지가 mgh만큼 증가하였고, B는 $3mgh$, C는 $2mgh$만큼 중력 퍼텐셜 에너지가 감소하였다. A, B, C의 전체 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 운동 에너지가 증가하였으므로 $3mgh+2mgh-mgh=\frac{1}{2}6mv^2$에서 $v=\sqrt{\frac{4}{3}gh}$이다.

ㄷ. (가)에서 (나)가 되는 과정에서 A의 역학적 에너지 변화량은 $mgh+\frac{1}{2}mv^2=mgh+\frac{1}{2}m\left(\frac{4}{3}gh\right)=\frac{5}{3}mgh$이고, B의 역학적 에너지 변화량은 $-3mgh+\frac{3}{2}mv^2=-3mgh+\frac{3}{2}m\left(\frac{4}{3}gh\right)=-mgh$이다. 따라서 역학적 에너지 변화량의 크기는 A가 B보다 크다.

다른 해설 ㄱ. (나)에서 세 물체 A, B, C의 가속도를 a라고 하면 세 물체의 운동 방정식은 $4mg=6ma$이므로 $a=\frac{2}{3}g$이다. (가)에서 (나)가 되는 과정에서 등가속도 직선 운동을 하였고 이동 거리가 h이므로 $2as=v^2-v_0^2$에서 $2ah=2\times\frac{2}{3}g\times h=v^2$이다. 따라서 $v=\sqrt{\frac{4}{3}gh}$이다.

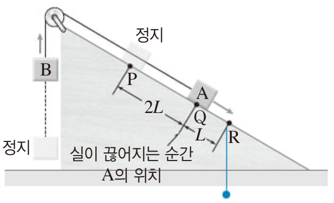
ㄴ. (나)에서 p의 양쪽에 A와 B가 연결되어 있으므로 p가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기와 같다. p가 A를 당기는 힘을 T라고 하면 A의 운동 방정식은 $T-mg=ma=m\times\frac{2}{3}g$이므로 $T=\frac{5}{3}mg$이다.

8 줄로 연결된 두 물체의 역학적 에너지 보존

자료 분석

• A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{4}{5}$배이다.

• Q에서 A의 운동 에너지를 $4E_0$이라고 하면 B의 중력 퍼텐셜 에너지는 $5E_0$이다.



Q에서 R까지 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A의 운동 에너지 증가량과 같다.

선택지 분석

~~①~~ 3　ⓞ② 4　~~③~~ 5　~~④~~ 6　~~⑤~~ 7

A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A와 B가 줄로 연결되어 속력이 같으므로 운동 에너지는 질량에 비례한다. 따라서 Q에서 'A의 운동 에너지$=\frac{m_A}{m_B}\times$B의 운동 에너지'이다.

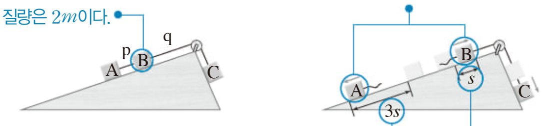
A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량이 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{4}{5}$배이므로 Q에서 A의 운동에너지 증가량을 $4E_0$이라고 하면 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 $5E_0$이다. R에서 A의 운동에너지는 Q에서의 $\frac{9}{4}$배이므로 R에서 A의 운동 에너지는 $9E_0$이다.
역학적 에너지 보존 법칙에 따라 A가 Q에서 R까지 운동하는 동안 운동 에너지가 증가한 만큼 중력 퍼텐셜 에너지가 감소하므로 Q에서 R까지 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $9E_0-4E_0=5E_0$이고, P에서 Q까지 거리가 Q에서 R까지 거리의 2배이므로 P에서 Q까지 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $10E_0$이다.
A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량($10E_0$)은 A의 운동 에너지 증가량($4E_0$)과 B의 운동 에너지 증가량(E_k)과 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량($5E_0$)의 합과 같으므로 $10E_0=4E_0+E_k+5E_0$에서 $E_k=E_0$이다.
따라서 Q에서 A의 운동 에너지$=4E_0=\frac{m_A}{m_B}E_k=\frac{m_A}{m_B}E_0$이므로 $\frac{m_A}{m_B}=4$이다.

9 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

자료 분석

q가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 A를 당기는 힘의 크기의 3배이므로 A의 질량을 m이라고 하면 B의 질량은 $2m$이다.

A와 B가 정지 상태에서 출발하여 같은 시간 동안 이동한 거리는 A가 B의 3배이므로 가속도의 크기는 A가 B의 3배이다.



(가) (나)

B와 C가 s만큼 이동한 순간의 속력을 v라고 하면, A가 $3s$만큼 이동한 순간의 속력은 $3v$이다.

선택지 분석

~~①~~ $\frac{2}{9}$ ~~②~~ $\frac{1}{3}$ ~~③~~ $\frac{2}{3}$ ~~④~~ $\frac{7}{9}$ ⑤ $\frac{8}{9}$

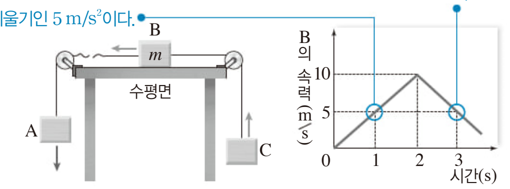
(나)에서 같은 경사면에서 같은 시간 동안 이동한 거리는 A가 B의 3배이므로 높이의 변화도 A가 B의 3배이다. $E_p=mgh$에서 B의 질량이 A의 2배이고, 높이 변화는 A가 B의 3배이므로 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량(E_{pB})은 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의 $\frac{2}{3}$배이다. A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A의 운동 에너지 증가량(E_A)과 같으므로 $E_{pB}=\frac{2}{3}E_A$이다.
$E_k=\frac{1}{2}mv^2$에서 B의 질량이 A의 2배이고, B의 속력이 A의 $\frac{1}{3}$배이므로 B의 운동 에너지 증가량(E_{kB})은 A의 운동 에너지 증가량(E_A)의 $\frac{2}{9}$배이다. 따라서 $E_{kB}=\frac{2}{9}E_A$이다.
(나)에서 B와 C의 역학적 에너지의 합이 보존되므로 C의 역학적 에너지 감소량(E_C)은 B의 역학적 에너지 증가량(E_B)과 같다. 따라서 $E_B=E_{pB}+E_{kB}=\frac{2}{3}E_A+\frac{2}{9}E_A=\frac{8}{9}E_A=E_C$이므로 $\frac{E_C}{E_A}=\frac{8}{9}$이다.

10 줄로 연결된 물체의 역학적 에너지 보존

자료 분석

실이 끊어지기 전 0초에서 2초까지 세 물체의 가속도는 속력-시간 그래프의 기울기인 5 m/s²이다.

실이 끊어진 후 2초에서 3초까지 가속도의 크기도 5 m/s²이다.



(가) (나)

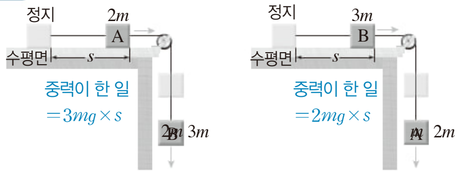
선택지 분석

~~ㄱ.~~ C의 운동 방향은 1초일 때와 3초일 때가 서로 반대이다. 같다.
ㄴ. 질량은 A가 C의 4배이다.
ㄷ. C의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 크다.

ㄴ. A의 질량을 m_A, C의 질량을 m_C라고 하고 실이 끊어지기 전 세 물체의 운동 방정식을 세워 보면 다음과 같다.
$m_A\times10\ \mathrm{m/s^2}-m_C\times10\ \mathrm{m/s^2}=(m_A+m+m_C)\times5\ \mathrm{m/s^2}$ … ①
실이 끊어진 후 B, C의 운동 방정식을 세워 보면 다음과 같다.
$m_C\times10\ \mathrm{m/s^2}=(m+m_C)\times5\ \mathrm{m/s^2}$ … ②
식 ①, ②를 연립하면 $m_A=4m$, $m_C=m$이다.
ㄷ. 줄이 끊어진 후 B와 C의 역학적 에너지 합은 보존된다. B의 역학적 에너지가 2초에서 3초까지 감소하므로 C의 역학적 에너지는 증가한다. 따라서 C의 역학적 에너지는 3초일 때가 2초일 때보다 크다.
바로알기 ㄱ. B와 C는 실로 연결되어 같은 속력으로 운동한다. 1초일 때 B는 왼쪽으로 운동하고, 3초일 때도 왼쪽으로 운동한다. 따라서 C의 운동 방향도 1초일 때와 3초일 때가 같다.

11 줄로 연결된 두 물체의 역학적 에너지 보존

자료 분석



중력이 한 일 $=3mg\times s$ 중력이 한 일 $=2mg\times s$

(가) (나)

실로 연결된 물체는 함께 운동하므로 A, B가 함께 운동하는 속도를 v라고 하면 두 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}5mv^2$이다.

선택지 분석

~~①~~ $\sqrt{2}$ ~~②~~ $\sqrt{3}$ ~~③~~ $\sqrt{\frac{2}{3}}$ ④ $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ~~⑤~~ 2

(가)에서 A, B가 s만큼 이동한 순간의 속도를 v_1이라고 하면, (가)에서 중력이 한 일은 일·운동 에너지 정리에 따라 $3mgs=\frac{1}{2}5mv_1^2$이므로 $v_1=\sqrt{\frac{6}{5}gs}$이다. (가)에서와 같이 (나)에서 A, B가 s만큼 이동한 순간 속도를 v_2라고 하면 (나)에서 중력이 한 일은 $2mgs=\frac{1}{2}5mv_2^2$이므로 $v_2=\sqrt{\frac{4}{5}gs}$이다. (가)와 (나)에서 A, B는 각각 정지 상태에서 등가속도 직선 운동을 하므로 '평균 속도$=\frac{1}{2}\times$나중 속도'이고, 이때 걸린 시간$=\frac{\text{이동 거리}}{\text{평균 속도}}$이므로

$t_1=\frac{2s}{v_1}$, $t_2=\frac{2s}{v_2}$이다. 따라서 $\frac{t_2}{t_1}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sqrt{\frac{6}{5}gs}}{\sqrt{\frac{4}{5}gs}}=\sqrt{\frac{3}{2}}$이다.

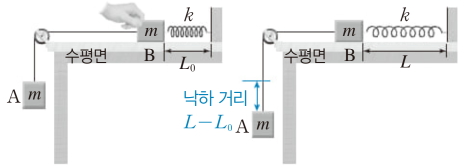
다른 해설 (가)에서 두 물체의 가속도를 a_1이라고 하면, B의 무게가 알짜힘이 되어 두 물체가 운동하므로 운동 방정식 $3mg=5ma_1$에서 $a_1=\frac{3}{5}g$이다. (나)에서 두 물체의 가속도를 a_2라고 하면, A의 무게가 알짜힘이 되어 두 물체가 운동하므로 운동 방정식 $2mg=5ma_2$에서 $a_2=\frac{2}{5}g$이다. 정지 상태에서 가속도 a로 t초 동안 운동할 때 등가속도 직선 운동의 식 $s=\frac{1}{2}at^2$에 따라 $t=\sqrt{\frac{2s}{a}}$이므로 $\frac{t_2}{t_1}=\frac{\sqrt{\frac{2s}{a_2}}}{\sqrt{\frac{2s}{a_1}}}=\sqrt{\frac{a_1}{a_2}}=\sqrt{\frac{3}{2}}$이다.

12 중력과 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

자료 분석

(가)에서 (나)의 상태로 되었을 때 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 모두 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

➡ $mg(L-L_0)=\frac{1}{2}k(L-L_0)^2$에서 $L-L_0=\frac{2mg}{k}$



(가) (나)

(가)에서 손을 놓은 후 중력과 탄성력이 같아지기 전까지는 속력이 빨라지고, 그 이후에는 탄성력이 더 커서 두 물체의 속력이 느려져 (나)의 상태가 된다.

선택지 분석

ㄱ $L-L_0=\frac{2mg}{k}$이다.

ㄴ 용수철의 길이가 L일 때, A에 작용하는 알짜힘은 0이다. mg

ㄷ B의 최대 속력은 $\sqrt{\frac{m}{k}}g$이다. $\sqrt{\frac{m}{2k}}g$

ㄱ. (나)에서 A의 속력이 0이므로 운동 에너지도 0이다. 따라서 (가)에서 (나)까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 모두 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환된다. $mg(L-L_0)=\frac{1}{2}k(L-L_0)^2$이므로 $L-L_0=\frac{2mg}{k}$이다.

바로알기 ㄴ. 용수철의 길이가 L일 때, 용수철의 탄성력의 크기는 $k(L-L_0)=2mg$이고, A의 중력의 크기는 mg이다. 따라서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $k(L-L_0)-mg=2mg-mg=mg$이다.

ㄷ. (가)에서 운동을 시작하여 중력과 탄성력이 같아지는 순간까지는 B의 속력이 빨라지고, 이후 (나)의 순간까지는 B의 속력이 느려진다. 따라서 B의 속력이 가장 빠른 순간은 중력과 탄성력이 같은 순간이다. 용수철의 늘어난 길이를 x라고 하면 $mg=kx$에서 $x=\frac{mg}{k}$이다. A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 두 물체의 운동 에너지와 탄성 퍼텐셜 에너지의 증가량과 같으므로 $mgx=\frac{1}{2}2mv^2+\frac{1}{2}kx^2$이고, $x=\frac{mg}{k}$를 대입하면 $v=\sqrt{\frac{m}{2k}}g$가 된다.

05 열역학 제1법칙

개념 확인

본책 53쪽, 55쪽

(1) 절대 온도 (2) 비례 (3) 열 (4) 내려, 올라 (5) 열평형
(6) $P\varDelta V$ (7) 일 (8) 일 (9) 운동, 절대 온도 (10) 반비례
(11) 내부 에너지, 일 (12) ①-㉢, ②-㉠, ③-㉡ (13) 감소량
(14) 감소

수능 자료

본책 56쪽

자료❶ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○ 5 ○ 6 ×
자료❷ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 ○ 5 ×
자료❸ 1 × 2 ○ 3 ○ 4 × 5 ○
자료❹ 1 ○ 2 × 3 × 4 ○ 5 ×

자료❶ 열평형 상태와 기체가 받은 일

1 (가)에서 A와 B는 열평형 상태에 있으므로 온도가 같다.

2 B는 힘을 받아서 부피가 감소하므로 B는 외부로부터 일을 받는다.

3 (나)에서 B는 외부로부터 일을 받아 내부 에너지가 증가하였으므로 (나)에서 B의 온도는 (가)에서보다 높다.

4 (가)에서 B의 내부 에너지가 증가하여 온도가 높아지면, 열은 온도가 높은 B에서 온도가 낮은 A로 이동한다.

6 온도가 같을 때 이상 기체의 압력은 부피에 반비례한다. (나)에서 A와 B는 열평형을 이루어 온도가 같으므로, 기체의 부피가 큰 A의 압력이 부피가 작은 B의 압력보다 작다.

자료❷ 등압 과정과 기체가 한 일

1 A의 압력이 P로 일정할 때 부피가 $\varDelta V$만큼 증가했다면 A가 한 일은 $P\varDelta V$이다.

3 이상 기체의 내부 에너지는 온도에 비례한다. A의 온도가 높아졌으므로 내부 에너지도 증가한다.

4 이상 기체의 내부 에너지는 기체 분자의 운동 에너지의 총합이다. 따라서 내부 에너지가 증가하면 기체 분자의 평균 속력도 증가한다.

5 A가 받은 열량 Q는 내부 에너지 증가와 외부에 일을 하는 데 사용되었다.

자료❸ 등적 과정과 등온 과정

1 일정한 양의 이상 기체의 부피가 일정할 때 온도는 압력에 비례한다. A → B 과정에서 이상 기체의 부피가 일정한 상태로 압력이 2배가 되었으므로 이상 기체의 온도는 2배로 높아지고, 내부 에너지도 2배로 증가한다.

2 A → B 과정에서 이상 기체의 부피가 일정하여 외부로부터 받은 일이 0이므로 이상 기체는 내부 에너지 증가량만큼 열을 흡수한다.

3 B → C 과정에서 이상 기체의 부피가 팽창하였으므로 이상 기체는 외부에 일을 한다.

4 B → C 과정에서 이상 기체의 온도가 일정하므로 이상 기체의 내부 에너지는 일정하다.

5 B → C 과정에서 이상 기체의 내부 에너지가 일정하므로 이상 기체가 흡수한 열은 모두 외부에 일을 하는 데 사용된다.

자료❹ 등압 과정과 단열 과정

1 A → B 과정은 등압 과정이므로 기체가 외부에 한 일은 압력에 부피 변화를 곱한 $P_1(V_2-V_1)$이다.

2 기체의 압력이 일정할 때 온도는 부피에 비례한다. A → B 과정에서 압력은 P_1으로 일정하므로 기체의 온도는 부피에 비례하여 높아진다.

3 등압 과정에서 '기체가 받은 열=기체 내부 에너지 증가량+기체가 외부에 한 일'이다. A → B 과정에서 $P_1(V_2-V_1)$는 기체가 외부에 한 일이므로 기체가 받은 열은 $P_1(V_2-V_1)$보다 크다.

4 B → C 과정은 단열 수축 과정이므로 기체는 그래프 아랫부분의 넓이만큼 외부로부터 일을 받는다.

5 단열 수축 과정은 외부와 열의 출입 없이 외부로부터 받은 일만큼 내부 에너지가 증가한다. 따라서 B → C 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 외부로부터 받은 일의 양과 같다.

수능 1점

본책 57쪽

1 (1) PA (2) $P\Delta V$ (3) 높아 (4) 증가 **2** ② **3** (1) = (2) = (3) = (4) > **4** ④ **5** ㄱ, ㄴ **6** ㄱ, ㄷ

1 (1) 기체가 피스톤을 미는 힘은 '압력×단면적'이므로 PA이다.
(2) 기체가 피스톤에 한 일 $W=Fs=PAs=P\Delta V$이다.
(3) 기체의 압력이 일정할 때 온도는 부피에 비례한다. 압력 P가 일정한 상태로 부피가 팽창하였으므로 기체의 온도는 높아진다.
(4) 기체의 온도가 높아졌으므로 기체의 내부 에너지는 증가한다. 기체의 내부 에너지는 기체 분자의 운동 에너지의 총합이므로 기체 분자의 평균 속력도 증가한다.

2 ①, ③ 기체의 압력과 부피가 모두 증가하였으므로 온도가 높아지고, 내부 에너지가 증가하였다.
④ 기체의 부피가 팽창하였으므로 외부에 일을 하였고, 기체의 온도가 높아져 내부 에너지도 증가하였다. 따라서 기체는 외부에 한 일과 내부 에너지 증가량의 합만큼 외부로부터 열을 흡수하였다.
⑤ 온도가 높을수록 분자의 평균 운동 에너지도 커진다.
바로알기 ② 압력-부피 그래프 아랫부분의 넓이는 기체가 외부에 한 일이다. 따라서 기체가 한 일은 $1.5PV$이다.

3 (1) A와 B는 열평형 상태이므로 온도가 같다.
(2) 피스톤이 정지해 있으므로 A와 B가 피스톤에 가하는 힘의 크기가 같다. 따라서 A와 B의 압력도 같다.
(3) 이상 기체의 온도가 같으면 분자의 평균 운동 에너지도 같다.
(4) 기체의 내부 에너지는 온도와 분자의 수에 비례한다. 기체의 온도가 같으므로 분자의 수가 큰 A의 내부 에너지가 B보다 크다.

4 ① A→B 과정은 등적 과정이므로 기체가 흡수한 열은 모두 기체의 내부 에너지 증가에 쓰인다.
② B→C 과정은 등압 과정으로 기체가 외부에 일을 하고, 기체의 내부 에너지도 증가한다.
③ C→D 과정은 등적 과정이지만 A→B 과정과 반대로 기체의 내부 에너지가 감소하고 기체가 외부로 열을 방출한다.
⑤ 기체가 한 순환 과정 동안 외부에 한 일은 사각형의 넓이 $2PV$이다.
바로알기 ④ D→A 과정에서 기체가 방출한 열은 외부로부터 받은 일과 기체의 내부 에너지 감소량의 합과 같다.

5 ㄱ. 기체가 등압 팽창하면 기체는 외부에 일을 하고, 기체의 내부 에너지도 증가한다. 따라서 기체는 내부 에너지 증가량과 외부에 한 일의 합만큼 열을 흡수한다.
ㄴ. $W=P\Delta V$일 때, 기체가 팽창하면 $\Delta V>0$이므로 $W>0$이다. 따라서 단열 팽창에서 기체는 외부에 일을 한다.
바로알기 ㄷ. 기체가 등압 팽창 할 때 온도는 높아지므로 $T_1>T_0$이고, 단열 팽창 할 때 온도는 낮아지므로 $T_0>T_2$이다. 따라서 $T_1>T_0>T_2$이다.

6 ㄱ. 기체의 온도가 일정할 때 압력은 부피에 반비례한다. 따라서 압축 후 기체의 부피가 $\frac{1}{2}V$이면 압력은 $2P$이다.
ㄷ. 기체를 압축하는 과정은 등온 과정으로 기체의 내부 에너지 변화량이 0이다. 따라서 $Q=W$에 따라 기체가 받은 일만큼 열을 방출한다.
바로알기 ㄴ. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 기체의 절대 온도에 비례한다. 기체를 압축하는 과정에서 온도 변화가 없으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지도 변화가 없다.

수능 2점

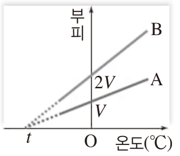
본책 58쪽~59쪽

1 ① **2** ③ **3** ⑤ **4** ⑤ **5** ② **6** ⑤ **7** ③ **8** ②

1 기체의 내부 에너지

자료 분석

이상 기체는 분자의 크기를 무시할 수 있으므로 절대 온도 0 K에서 부피가 0이다.



절대 온도는 기체 분자의 평균 운동 에너지에 비례하는 물리량이다.

선택지 분석

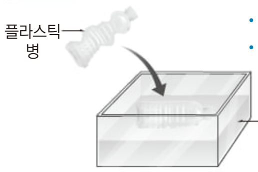
ㄱ. t ℃는 절대 온도로 0 K이다.
ㄴ. 0 ℃일 때, 기체 분자의 평균 운동 에너지는 B가 A보다 크다. → B와 A가 같다.
ㄷ. 0 ℃일 때, 기체의 내부 에너지는 A와 B가 같다. → B가 A의 2배이다.

ㄱ. 이상 기체는 분자의 크기를 무시할 수 있으므로 절대 온도 0 K에서 부피가 0이 된다. 따라서 A, B의 부피가 0이 되는 t ℃는 절대 온도로 0 K이다.

바로알기 ㄴ. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로 온도가 같으면 기체 분자의 평균 운동 에너지는 같다. 따라서 0 ℃일 때, 기체 분자의 평균 운동 에너지는 B와 A가 같다.
ㄷ. 이상 기체의 내부 에너지는 기체 분자의 수와 절대 온도에 비례한다. B는 A보다 기체 분자의 수가 2배이고, 절대 온도가 같으므로 기체의 내부 에너지는 2배이다.

2 열역학 제1법칙

자료 분석



• 열이 따뜻한 물에서 플라스틱 병으로 이동한다.
• 열을 흡수한 플라스틱 병 안의 공기는 온도와 압력이 증가하고 외부에 일을 한다.

선택지 분석

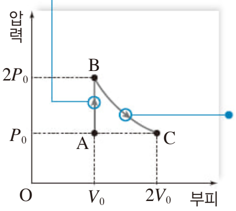
① 외부에 일을 하였다.
② 온도가 상승하였다.
~~③~~ 압력이 감소하였다. 같거나 증가하였다.
④ 내부 에너지가 증가하였다.
⑤ 열을 흡수하였다.

① 찌그러진 플라스틱 병을 원래 모양으로 돌아가게 하면서 플라스틱 병 안의 공기가 팽창하였으므로, 플라스틱 병 안의 공기는 외부에 일을 하였다.
② 플라스틱 병 안 공기의 압력은 대기압보다 높거나 최소한 대기압과 같은 압력을 유지하면서 팽창한다. 일정량의 공기의 압력이 일정한 상태로 부피가 팽창하는 경우는 공기의 온도가 상승한 경우이다.
④ 공기의 온도가 상승하였으므로 내부 에너지가 증가하였다.
⑤ 플라스틱 병 안 공기는 따뜻한 물로부터 열을 흡수하였다.
바로알기 ③ 따뜻한 물로부터 열을 흡수한 플라스틱 병 안 공기는 분자 운동이 활발해져 압력이 증가하고 외부에 일을 한다. 대기압과 평형을 유지하면서 팽창한다고 하더라도 압력이 감소한 것은 아니다.

3 열역학 과정

자료 분석

• A → B 과정은 등적 과정으로 외부에 한 일이 0이므로 기체가 흡수한 열은 모두 내부 에너지의 증가에 사용된다.



• B → C 과정에서 부피가 팽창하였으므로 그래프 아랫부분의 넓이만큼 외부에 일을 한다.
• B는 A와 부피가 같고, A보다 압력이 2배이므로 온도도 2배이다.
• C는 A와 압력이 같고, A보다 부피가 2배이므로 온도도 2배이다.

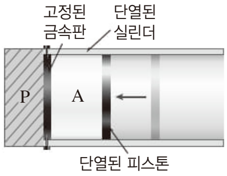
선택지 분석

ㄱ. A → B 과정에서 기체는 열을 흡수한다.
ㄴ. B → C 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
ㄷ. 기체의 내부 에너지는 C에서가 A에서보다 크다.

ㄱ. A → B 과정에서 기체의 부피가 일정하고 압력이 증가하여 기체의 온도가 높아지므로 기체는 열을 흡수한다.
ㄴ. B → C 과정에서 기체의 부피가 팽창하였으므로 기체는 그래프 아랫부분의 넓이만큼 외부에 일을 한다.
ㄷ. C에서 기체의 압력은 A에서와 같고, 부피는 A에서보다 2배이므로 온도는 C에서가 A에서보다 높다. 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례하므로 기체의 내부 에너지도 C에서가 A에서보다 크다.

4 등압 과정

자료 분석



① A의 압력은 대기압으로 일정하다. ➡ 등압 과정
② 압력이 일정할 때 부피가 감소하므로 온도도 감소한다.
③ A의 온도가 감소한 까닭은 열이 P로 이동했기 때문이다.

선택지 분석

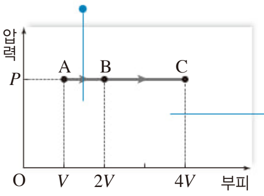
~~ㄱ.~~ P에서 A로 열이 이동한다. A에서 P로
ㄴ. A는 외부로부터 일을 받는다.
ㄷ. A의 내부 에너지는 감소한다.

ㄴ. A의 부피가 감소하였으므로 A는 외부로부터 일을 받는다.
ㄷ. 압력이 일정한 상태에서 A의 부피가 감소하였으므로 A의 온도는 낮아진다. 따라서 A의 내부 에너지는 감소한다.
바로알기 ㄱ. A가 외부로부터 일을 받지만 A에서 P로 열이 이동하기 때문에 A의 내부 에너지가 감소한다. 이때 P로 이동한 열은 A의 내부 에너지 감소량과 A가 외부로부터 받은 일의 합과 같다.

5 등압 과정과 열역학 제1법칙

자료 분석

A → B 과정에서 기체가 한 일 $= PV$



B → C 과정에서 기체가 한 일 $= 2PV$

• 압력이 일정한 상태에서 부피가 팽창하는 열역학 과정이다. ➡ 등압 과정
• 압력이 일정할 때 기체가 하는 일 $W = P\Delta V$이다.

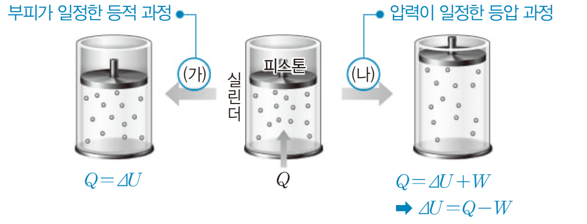
선택지 분석

~~ㄱ.~~ 기체가 한 일은 A → B 과정에서와 B → C 과정에서가 같다. 가 / 보다 작다.
ㄴ. 기체의 온도는 C에서가 A에서보다 높다.
~~ㄷ.~~ A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 변화량은 Q와 같다. $Q-PV$

ㄴ. 압력이 일정할 때, 이상 기체의 온도는 부피에 비례한다. 따라서 기체의 온도는 C에서가 A에서보다 높다.
바로알기 ㄱ. 기체가 한 일은 압력-부피 그래프 아랫부분의 넓이와 같다. A → B 과정에서 그래프 아랫부분의 넓이가 B → C 과정에서보다 작으므로 기체가 한 일도 작다.
ㄷ. A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량 Q는 내부 에너지 변화량과 외부에 한 일의 양을 더한 값이다. 따라서 기체의 내부 에너지 변화량은 Q에서 기체가 한 일을 뺀 값이다.

6 등적 과정과 등압 과정

자료 분석



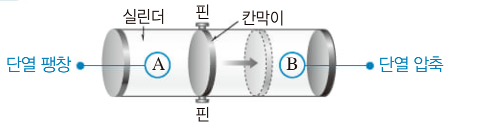
선택지 분석

ㄱ. (가)에서 기체의 내부 에너지 증가량은 Q이다.
ㄴ. (나)에서 기체는 외부에 일을 한다.
ㄷ. 기체의 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 더 높다.

ㄱ. (가)에서 기체가 외부에 일을 하지 않으므로 기체가 흡수한 열 Q는 모두 기체의 내부 에너지 증가에 쓰인다.
ㄴ. (나)에서 기체의 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다.
ㄷ. (가)에서는 기체가 흡수한 열 Q가 모두 기체의 내부 에너지 증가에 쓰이지만 (나)에서는 흡수한 열 Q 중에서 일부는 기체가 외부에 일을 하는 데 사용되고 나머지가 기체의 내부 에너지 증가에 사용된다. 따라서 기체의 내부 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크게 증가하므로 온도도 (가)에서가 (나)에서보다 더 높다.

7 단열 과정

자료 분석



열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에서 단열 과정은 $Q=0$이므로 $\Delta U=-W$이다.

선택지 분석

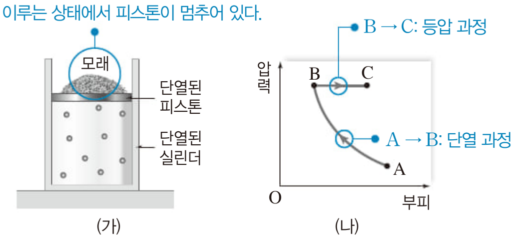
ㄱ. A는 단열 팽창, B는 단열 압축한다.
~~ㄴ.~~ A의 내부 에너지는 증가한다. 감소한다.
ㄷ. B의 내부 에너지 증가량은 A가 B에 한 일과 같다.

ㄱ. 칸막이와 실린더를 통한 열의 이동이 없으므로 A는 단열 팽창, B는 단열 압축한다.
ㄷ. B는 단열 압축하므로 A가 B에 한 일만큼 B의 내부 에너지가 증가한다.
바로알기 ㄴ. A는 단열 팽창하므로 A가 B에 한 일만큼 A의 내부 에너지는 감소한다.

8 열역학 과정

자료 분석

피스톤과 모래의 무게에 의한 압력+대기압과 실린더 내부 이상 기체의 압력이 평형을 이루는 상태에서 피스톤이 멈추어 있다.



선택지 분석

~~ㄱ.~~ A → B 과정에서 기체의 온도는 변하지 않는다. 높아진다.
~~ㄴ.~~ B → C 과정에서 모래의 양을 감소시킨다. 은 일정하다.
ㄷ. B → C 과정에서 기체는 열을 흡수한다.

ㄷ. B → C 과정은 압력이 일정하고 부피가 팽창하는 등압 팽창 과정이다. 등압 팽창 과정에서 기체는 외부에 일을 하고, 내부 에너지도 증가한다. 따라서 기체는 외부에 한 일과 내부 에너지 증가량의 합만큼 열을 흡수한다.
바로알기 ㄱ. A → B 과정은 단열 과정이고, 부피가 감소하였으므로 기체는 외부로부터 일을 받는다. 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에 따라 $Q=0$이고, 외부로부터 일을 받으므로 ($W<0$) 기체의 내부 에너지(ΔU)는 증가한다. 따라서 기체의 온도는 높아진다.
ㄴ. B → C 과정은 압력이 일정한 등압 과정이므로 모래의 양은 일정하다.

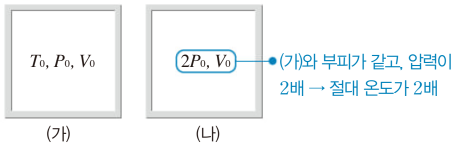
수능 3점

본책 60쪽~61쪽

1 ①	2 ⑤	3 ⑤	4 ①	5 ②	6 ④
7 ③	8 ③				

1 기체의 내부 에너지

자료 분석



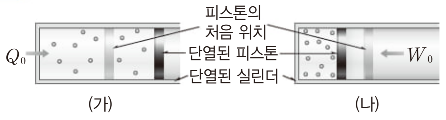
선택지 분석

~~ㄱ.~~ (나)에서 기체의 절대 온도는 T_0이다. $2T_0$
ㄴ. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)가 (가)의 2배이다.
~~ㄷ.~~ 기체의 내부 에너지는 (나)가 (가)의 4배이다. 2배

ㄴ. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례한다. 기체의 절대 온도는 (나)가 (가)의 2배이므로 기체 분자의 평균 운동 에너지도 (나)가 (가)의 2배이다.
바로알기 ㄱ. (가)와 (나)에서 기체의 부피가 V_0으로 같고, 압력은 (나)에서가 $2P_0$으로 (가)에서의 압력 P_0보다 2배이다. 따라서 (나)에서 기체의 온도는 (가)에서의 2배인 $2T_0$이다.
ㄷ. 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례하므로, (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

2 열역학 제1법칙

자료 분석



(가)와 (나)에서 온도 변화가 같다. ➡ 내부 에너지 증가량이 같다.

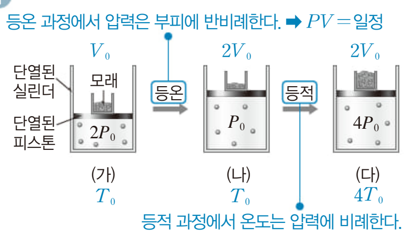
선택지 분석

ㄱ. $T_2 > T_1$이다.
ㄴ. (나)의 기체가 받은 W_0은 모두 내부 에너지 변화에 사용되었다.
ㄷ. (가)의 기체가 Q_0을 흡수하는 동안 외부에 한 일은 $Q_0 - W_0$ 이다.

ㄱ. (가)에서 기체는 열량 Q_0을 받아 압력을 일정하게 유지하며 부피가 증가하므로 온도도 높아진다. 따라서 $T_2 > T_1$이다.
ㄴ. (나)에서 기체는 단열 압축이 일어나므로 기체가 받은 일 W_0은 모두 내부 에너지 증가에 사용되었다.
ㄷ. (가)와 (나)에서 기체의 처음 온도와 나중 온도가 같으므로 내부 에너지 변화량이 같다. (나)에서 기체의 내부 에너지 증가량이 W_0이므로 (가)에서 기체의 내부 에너지 증가량도 W_0이다. (가)의 기체가 Q_0을 흡수하는 동안 외부에 한 일은 공급받은 열 Q_0에서 내부 에너지 증가량을 뺀 값이므로 (가)에서 기체가 외부에 한 일 $W = Q - \Delta U = Q_0 - W_0$이다.

3 등온 과정과 등적 과정

자료 분석



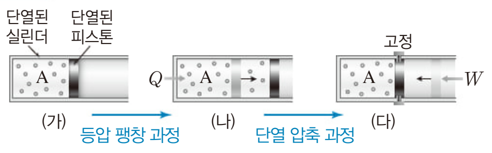
선택지 분석

ㄱ. 기체의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄴ. 기체의 내부 에너지는 (다)에서가 (나)에서의 4배이다.
ㄷ. (나) → (다) 과정에서 기체가 흡수한 열은 모두 기체의 내부 에너지로 전환되었다.

ㄱ. (가)→(나) 과정은 온도가 일정한 등온 과정이므로 기체의 부피는 압력에 반비례한다. (나)의 압력이 (가)의 $\frac{1}{2}$배이므로 기체의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
ㄴ. (나)→(다) 과정은 부피가 일정한 등적 과정이므로 기체의 절대 온도는 압력에 비례하고, 이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례한다. 따라서 기체의 압력이 (다)에서가 (나)에서의 4배이면 기체의 내부 에너지도 (다)에서가 (나)에서의 4배이다.
ㄷ. (나) → (다) 과정에서 기체의 부피가 일정하므로 기체가 외부에 일을 하지 않는다($W=0$). 따라서 열역학 제1법칙에 따라 기체가 흡수한 열(Q)은 모두 기체의 내부 에너지(ΔU)로 전환되었다.

4 등압 과정과 단열 과정

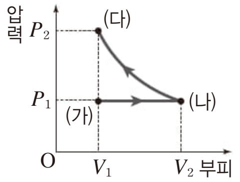
자료 분석



선택지 분석

ㄱ. A의 온도는 (가)에서가 (다)에서보다 낮다.
~~ㄴ.~~ (나) → (다) 과정에서 A의 압력은 일정하다. 증가한다.
~~ㄷ.~~ (가) → (나) 과정에서 A가 한 일은 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량과 같다. 보다 작다.

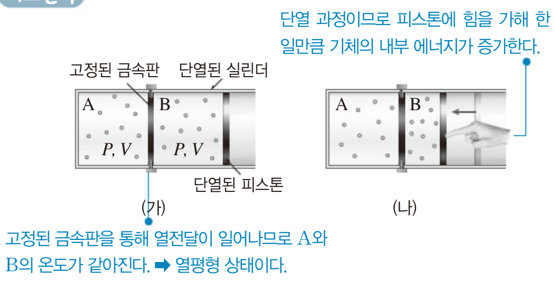
ㄱ. A는 (가)→(나) 과정에서 열량 Q를 받아 등압 팽창하면서 외부에 일을 하고, 내부 에너지가 증가하여 온도가 높아진다. (나)→(다) 과정에서 A는 단열 압축되어 내부 에너지가 증가하므로 온도가 더 높아진다. 따라서 A의 온도는 (다)에서 가장 높다.
바로알기 ㄴ. (나)→(다) 과정은 단열 압축 과정이므로 A의 부피는 감소하고 압력은 증가한다.
ㄷ. 기체가 (가)→(나)→(다) 과정을 따라 변할 때 A의 압력과 부피를 나타내면 다음과 같다.



(가) → (나) 과정에서 A가 한 일은 $P_1(V_2 - V_1)$이다. (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량은 A가 받은 일과 같으므로 (나) → (다) 과정 그래프 아랫부분의 넓이와 같고, $P_1(V_2 - V_1)$보다 크다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 A가 한 일은 (나) → (다) 과정에서 A의 내부 에너지 변화량보다 작다.

5 열역학 제1법칙

자료 분석



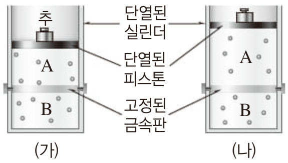
선택지 분석

~~ㄱ.~~ A의 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 높다. 낮다.
ㄴ. (나)에서 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
~~ㄷ.~~ (가) → (나) 과정에서 B가 받은 일은 B의 내부 에너지 증가량과 같다. A의 내부 에너지 증가량+B의 내부 에너지 증가량

ㄴ. (나)에서 A와 B는 열평형 상태이므로 온도가 같다. 기체의 온도가 일정할 때, 압력은 부피에 반비례한다. 기체의 부피는 A가 B보다 크므로 압력은 A가 B보다 작다.
바로알기 ㄱ. (나)에서 B는 단열 압축이 일어나므로 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$에서 $Q = 0$이고, B의 부피가 감소하므로($W < 0$) 내부 에너지는 증가한다. 따라서 B의 온도는 높아진다. A와 B를 막고 있는 금속판은 열을 전달하므로 A의 온도도 (가)에서가 (나)에서보다 낮다.
ㄷ. (가) → (나) 과정에서 B가 외부로부터 일을 받아 A와 B의 온도가 높아졌다. 따라서 B가 받은 일은 A의 내부 에너지 증가량과 B의 내부 에너지 증가량의 합과 같다.

6 열역학 과정과 열역학 제1법칙

자료 분석



• (나)에서 A와 B의 온도는 같다. ➡ 온도가 같을 때 같은 양의 기체의 압력은 부피에 반비례한다.
• (나)에서 A와 B의 온도 변화가 같으므로 내부 에너지 변화량도 같다.

선택지 분석

ㄱ. (나)에서 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
~~ㄴ.~~ (나)에서 기체의 내부 에너지는 A가 B보다 크다. **A와 B가 같다.**
ㄷ. (가)에서 (나)로 되는 과정에서 A가 흡수한 열량은 $\frac{1}{2}Q$ 보다 크다.

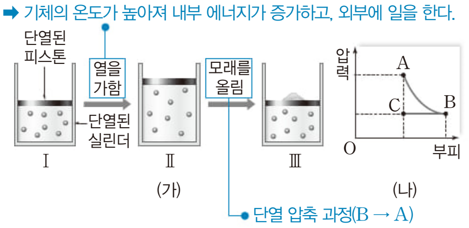
ㄱ. A의 압력은 대기압과 추에 의한 압력과 평형을 이루므로 (가)와 (나)에서 같다. (나)에서 B의 온도는 높아졌으나 부피의 변화가 없으므로 압력이 증가한다. 따라서 (나)에서 기체의 압력은 A가 B보다 작다.
ㄷ. (가)에서 (나)로 되는 과정에서 A와 B의 온도 변화가 같으므로 내부 에너지 변화량(ΔU)이 같고, A는 부피가 팽창하면서 외부에 일(W)을 한다. (가)에서 (나)로 되는 과정에서 B에 가해진 열량 $Q=2\Delta U+W$이고, A가 흡수한 열량 $Q_A=\Delta U+W$이므로 $\frac{1}{2}Q=\Delta U+\frac{1}{2}W$보다 크다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 A와 B의 온도가 같고, 같은 양의 기체이기 때문에 내부 에너지도 같다.

7 열역학 과정과 압력-부피 그래프

자료 분석

등압 과정(C → B)
➡ 기체의 온도가 높아져 내부 에너지가 증가하고, 외부에 일을 한다.



단열 압축 과정(B → A)
➡ 부피 감소, 내부 에너지 증가, 압력 증가

선택지 분석

ㄱ. Ⅰ → Ⅱ 과정에서 기체는 외부에 일을 한다.
ㄴ. 기체의 온도는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 높다.
~~ㄷ.~~ Ⅱ → Ⅲ 과정은 B → C 과정에 해당한다. **B → A**

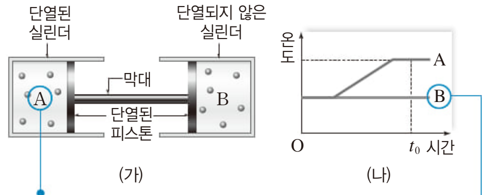
ㄱ. Ⅰ → Ⅱ 과정에서 기체의 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다.
ㄴ. Ⅰ과 Ⅲ에서 기체의 부피는 같고, Ⅱ→Ⅲ 과정에서 단열 압축하여 기체의 압력은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 크다. 따라서 기체의 온도는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서보다 높다.

바로알기 ㄷ. Ⅱ → Ⅲ 과정은 단열된 실린더에서 기체의 압력이 증가하고 부피가 감소하므로 단열 압축 과정이다. 따라서 B → A 과정에 해당한다.

8 열역학 과정과 온도-시간 그래프

자료 분석

A와 B에 들어 있는 이상 기체의 양이 같다.
➡ A와 B의 내부 에너지는 온도에 비례한다.



A에 열을 공급하면 A의 압력이 높아져 팽창하고, B는 수축한다.
B의 온도가 일정하다. ➡ 등온 과정

선택지 분석

ㄱ. t_0일 때, 내부 에너지는 A가 B보다 크다.
~~ㄴ.~~ t_0일 때, 부피는 B가 A보다 크다. **A가 B보다**
ㄷ. A의 온도가 높아지는 동안 B는 열을 방출한다.

ㄱ. A와 B의 양이 같기 때문에 이상 기체의 내부 에너지는 절대 온도에 비례한다. t_0일 때, A의 온도가 B보다 높으므로 내부 에너지는 A가 B보다 크다.
ㄷ. A의 온도가 높아지면서 A는 팽창하고 B는 수축하므로 A가 B에게 일을 한다. B의 온도는 일정하게 유지되므로 B의 내부 에너지 변화량은 0이다. 따라서 B는 받은 일만큼 외부로 열을 방출한다.

바로알기 ㄴ. A가 열을 공급받기 전 A와 B의 온도, 압력, 기체의 양이 같으므로 부피가 같다. A가 열을 공급받기 시작하여 t_0일 때까지 A는 팽창하고 B는 수축하므로 부피는 A가 B보다 크다.

06 열역학 제2법칙

개념 확인 본책 63쪽

(1) 비가역 (2) 열역학 제2법칙 (3) 없다 (4) 열기관, 열효율
(5) 카르노 (6) 열역학 제2법칙

수능 자료 본책 64쪽

자료❶ 1 × 2 ○ 3 × 4 ○ 5 ○
자료❷ 1 × 2 ○ 3 × 4 ○ 5 ×

자료❶ 열효율과 열역학 제2법칙

1 열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하여 낮은 온도의 열원으로 열을 방출한다. 따라서 $T_1>T_2$이다.

2 이 열기관이 방출하는 열은 '열기관이 흡수하는 열－열기관이 한 일'이므로 $3Q-Q=2Q$이다.

3 열기관의 열효율은 $\frac{\text{열기관이 한 일}}{\text{열기관이 흡수한 열}}$이므로, 이 열기관의 열효율 $e=\frac{Q}{3Q}=\frac{1}{3}$이다.

4 열효율이 가장 높은 이상적인 열기관은 카르노 기관이다. 카르노 기관의 열효율은 $1-\frac{T_2}{T_1}$이므로 이 열기관의 이상적인 최대 열효율은 $1-\frac{T_2}{T_1}$이다.

5 열역학 제2법칙에 따라 일은 모두 열에너지로 전환될 수 있지만, 열에너지는 모두 일로 전환될 수 없다. 따라서 열효율이 1인 열기관은 만들 수 없다.

자료❷ 열기관이 한 일과 열효율

1 A → B 과정은 등압 팽창 과정으로 기체는 외부로부터 열을 흡수하여 외부에 일을 하고, 기체의 내부 에너지도 증가한다.

2 B → C 과정에서 기체의 부피가 팽창하므로 기체는 외부에 일을 한다. 이때, 열의 출입이 없으므로 기체는 단열 팽창하여 기체의 내부 에너지가 감소한 만큼 외부에 일을 한다.

3 C → D 과정은 등압 수축 과정으로 등압 팽창 과정과는 반대로 기체가 외부로부터 받은 일과 내부 에너지 감소량만큼의 열을 외부로 방출한다.

4 이 열기관은 A → B 과정에서 ㉠ J의 열량(Q_1)을 흡수하고, C → D 과정에서 140 J의 열량(Q_2)을 방출한다. $e=1-\frac{Q_1}{Q_2}$이므로 $1-\frac{140\text{ J}}{㉠\text{ J}}=0.3$에서 ㉠은 200이다.

5 이 열기관이 흡수한 열량은 200 J이고, 방출한 열량은 140 J이므로 열기관이 한 일 $W=Q_1-Q_2$에서 200 J − 140 J = 60 J이다.

수능 1점

본책 64쪽

1 (1) 열에너지 (2) 비가역 과정 **2** ④ **3** 0.4 **4** (1) A (2) C (3) A, B (4) 일

1 (1) 빗면 위에 있던 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 빗면을 미끄러져 내려오며 운동 에너지로 전환되고, 물체가 운동하는 동안 마찰 때문에 운동 에너지가 열에너지로 전환되어 정지한다.
(2) 수평면에 정지해 있던 물체가 다시 스스로 빗면 위로 올라갈 수 없으므로 이 물체의 운동은 비가역 과정이다.

2 ①, ③ 대부분의 자연 현상은 비가역 과정이고, 비가역 과정은 무질서한 정도가 증가하는 방향으로 진행한다.
② 역학적 에너지는 모두 열에너지로 전환될 수 있지만 열에너지는 모두 역학적 에너지로 전환될 수 없다. 따라서 열효율이 100 %인 열기관은 만들 수 없다.
⑤ 온도가 다른 두 물체가 접촉되어 있을 때 열은 스스로 고온에서 저온으로 이동하여 두 물체의 온도가 같아지는 열평형 상태가 된다.

바로알기 ④ 열은 외부의 도움 없이 스스로 저온의 물체에서 고온의 물체로 이동할 수 없기 때문에 열에너지가 모두 역학적 에너지로 전환되는 것은 불가능하다.

3 $\text{열효율}=\frac{\text{흡수한 열}-\text{방출한 열}}{\text{흡수한 열}}=\frac{Q-0.6Q}{Q}=\frac{0.4Q}{Q}=0.4$

4 (1) A는 등온 팽창 과정이므로 기체의 내부 에너지는 변하지 않고 기체가 외부에 일을 한다. 따라서 기체가 외부에 한 일만큼 열을 흡수한다. 단열 과정은 열을 흡수하거나 방출하지 않는다.
(2) C는 등온 수축 과정이므로 기체가 외부로부터 받은 일만큼 열을 방출한다.
(3) 기체가 외부에 일을 하는 과정은 기체의 부피가 팽창하는 과정이므로 A, B이다. B는 단열 팽창 과정으로 열의 이동이 없으므로 내부 에너지가 감소하며 외부에 일을 한다.
(4) 열기관의 순환 과정에서 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이는 외부에 한 일에서 외부로부터 받은 일을 뺀 값이므로 한 순환 과정에서 열기관이 한 일에 해당한다.

수능 2점

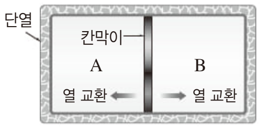
본책 65쪽~66쪽

1 ③ **2** ⑤ **3** ⑤ **4** ③ **5** ② **6** ④ **7** ② **8** ⑤

1 비가역 과정

자료 분석

처음 상태에서 A의 온도가 B의 온도보다 높다.
➡ A 분자의 평균 운동 에너지가 B보다 크고, 압력도 크다.



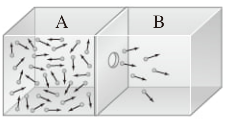
선택지 분석

① 처음 상태에서 A 분자의 평균 운동 에너지는 B 분자의 평균 운동 에너지보다 크다.
② 처음 상태에서 A의 압력은 B의 압력보다 높다.
~~③~~ 열 교환 과정에서 A와 B의 전체 에너지는 보존되지 않는다. (보존된다.)
④ A의 온도가 올라가고 B의 온도가 내려가는 일은 스스로 일어나지 않는다.
⑤ 이 과정은 비가역 과정이다.

① 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로 처음 상태에서 A 분자의 평균 운동 에너지는 B 분자보다 크다.
② 기체의 양과 부피가 같으므로 압력은 온도에 비례한다. 따라서 처음 상태에서 온도가 높은 A의 압력이 B의 압력보다 높다.
④, ⑤ 열은 스스로 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하고 그 반대 방향으로는 스스로 이동하지 않는다. 따라서 A의 온도가 올라가고 B의 온도가 내려가는 현상은 스스로 일어날 수 없다. 이러한 과정을 비가역 과정이라고 한다.
바로알기 ③ A와 B가 외부와 고립되어 있으므로 열역학 제1법칙에 따라 A와 B 전체의 에너지는 항상 보존된다.

2 열역학 제2법칙

자료 분석



A에서 B로 기체가 확산된 후 B에 있던 기체가 모두 A로 몰려들어 처음 상태로 되돌아가는 일은 일어나지 않는다.
→ 자연 현상의 비가역성을 설명하는 열역학 제2법칙과 관련된 현상이다.

선택지 분석

ㄱ. 열효율이 100 %인 열기관은 만들 수 없다.
ㄴ. 찬물 속에 뜨거운 금속 덩어리를 넣으면 미지근한 물이 된다.
ㄷ. 물이 들어 있는 컵에 잉크를 떨어뜨리면 잉크 분자는 점점 주위로 확산되어 퍼져 나간다.

ㄱ. 열은 스스로 고온에서 저온으로 이동하기 때문에 일을 하는 과정에서 열이 주변의 낮은 온도로 이동하는 것을 막을 수 없다. 따라서 공급받은 열을 100 % 일을 하는 데 사용하는 열기관은 만들 수 없다.
ㄴ. 찬물 속에 뜨거운 금속 덩어리를 넣으면 미지근한 물이 되지만 스스로 처음 상태로 되돌아가는 일은 일어나지 않는다.
ㄷ. 확산된 잉크 분자가 다시 처음 상태로 뭉치는 일은 스스로 일어나지 않는다.

3 열기관과 열효율

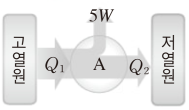
선택지 분석

ㄱ. $\frac{Q_2}{Q_1}$가 작을수록 열효율은 높다.
ㄴ. $Q_2=W$이면 열효율은 50 %이다.
ㄷ. $Q_1=W$이면 열역학 제2법칙에 위배된다.

ㄱ. 열효율 $e=\frac{W}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}=1-\frac{Q_2}{Q_1}$이다. 따라서 $\frac{Q_2}{Q_1}$가 작을수록 열효율이 높다.
ㄴ. $Q_2=W$이면 $Q_1=W+Q_2=2W$이므로 열효율은 50 %이다.
ㄷ. $Q_1=W$이면 $Q_2=0$이 되어 저열원으로 방출한 열이 없게 된다. 따라서 열은 고열원에서 저열원으로 스스로 이동한다는 열역학 제2법칙에 위배된다.

4 열기관의 열효율

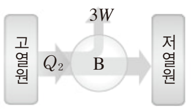
자료 분석



(가)

A에서 $Q_1=5W+Q_2$이다.

열기관 A의 열효율은 $\frac{5W}{Q_1}$이다.



(나)

열기관 B의 열효율은 $\frac{3W}{Q_2}$이다.

선택지 분석

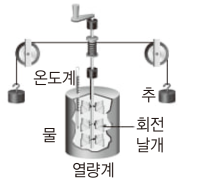
① $\frac{1}{8}$ ② $\frac{1}{5}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{3}$ ⑤ $\frac{1}{2}$

열기관 B의 열효율$=\frac{3W}{Q_2}=0.2$이므로 $Q_2=15W$이고, 열기관 A에서 $Q_1=5W+Q_2$이므로 $Q_1=5W+15W=20W$이다. 따라서 열기관 A의 열효율$=\frac{5W}{Q_1}=\frac{5W}{20W}=\frac{1}{4}$이다.

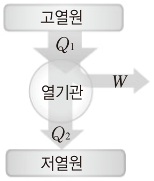
5 열기관과 열효율

자료 분석

(가)는 추가 낙하하면서 회전 날개를 돌려 물과의 마찰에 의해 열이 발생하므로 일과 열의 관계를 알아보는 장치이다.



(가)



(나)

(나)에서 열기관의 열효율은 공급받은 열에 대한 일(W)의 비율이다.
➡ $e=\frac{W}{Q_1}$

선택지 분석

ㄱ. (가)에서 열이 모두 일로 전환된다. (일, 열)
ㄴ. (나)에서 열기관의 열효율은 $\frac{W}{Q_1}$이다.
ㄷ. (나)에서 $Q_2=0$인 열기관을 만들 수 있다. **없다.**

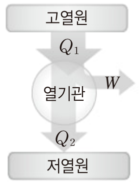
ㄴ. 열효율은 공급받은 열에 대한 일의 비율이므로 $\frac{W}{Q_1}$이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 일이 열로 전환되는 장치이다. 일은 모두 열로 전환될 수 있지만, 열은 모두 일로 전환되지 않는다.
ㄷ. (나)에서 $Q_2=0$인 열기관은 열효율이 100 %인 제2종 영구기관이므로 열역학 제2법칙에 위배되어 만들 수 없다.

6 열기관과 열효율

자료 분석

열기관의 열효율은 $e=\frac{W}{Q_1}$이다.



	A	B
Q_1	200 kJ	㉡
W	㉠	30 kJ
Q_2	140 kJ	

$W=Q_1-Q_2$이므로
㉠$=200$ kJ-140 kJ$=60$ kJ이다.

선택지 분석

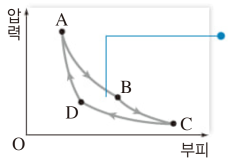
① 1 : 1 ② 1 : 6 ③ 3 : 1 ④ 3 : 10 ⑤ 10 : 3

$W=Q_1-Q_2$이므로 ㉠은 200 kJ$-$140 kJ$=$60 kJ이다. 열효율이 e일 때 $Q_1=\frac{W}{e}$이고, 열기관의 열효율은 A가 B의 2배이므로 B의 Q_1인 ㉡은 A의 Q_1과 같은 200 kJ이다. 따라서 ㉠ : ㉡ $=$60 kJ : 200 kJ$=$3 : 10이다.

7 카르노 기관의 순환 과정

자료 분석

$W=5Q-3Q=2Q$



한 번의 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일은 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이이다.

선택지 분석

ㄱ. A → B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일은 W이다.
ㄴ. C → D 과정에서 기체가 방출한 열량은 $3Q$이다. **보다 크다.**
ㄷ. 열기관의 열효율은 60 %이다. **40 %**

ㄴ. A→B 과정은 등온 과정이므로 기체가 $5Q$의 열을 흡수하여 내부 에너지의 변화 없이 외부에 일을 하고, C→D 과정도 역시 내부 에너지의 변화 없이 $3Q$의 열을 방출한다. B→C 과정과 D→A 과정은 단열 과정이므로 열의 출입이 없다.

바로알기 ㄱ. 열기관이 한 일 W는 한 번의 순환 과정에서 기체가 외부에 한 일에서 외부로부터 받은 일을 뺀 값이므로 그래프로 둘러싸인 부분의 넓이이다. 따라서 A→B→C 과정에서 기체가 외부에 한 일은 W보다 크다.

ㄷ. 열기관의 열효율$=\frac{5Q-3Q}{5Q}\times100=40$ %이다.

8 영구 기관과 열역학 법칙

선택지 분석

ㄱ ⓐ는 에너지 보존 법칙에 위배된다.
ㄴ ⓑ는 열효율이 100 %인 기관이다.
ㄷ 영구 기관을 만드는 것은 불가능하다.

ㄱ. 일을 하기 위해서는 에너지가 필요하다. 에너지 공급 없이 계속 일을 하는 제1종 영구 기관은 에너지 보존 법칙에 위배되므로 제작할 수 없다.

ㄴ. 제2종 영구 기관은 공급받은 에너지를 모두 일로 바꾸는 열효율이 100 %인 열기관이다.

ㄷ. 에너지 공급 없이 일을 하거나 공급받은 열을 모두 일로 전환하는 영구 기관은 열역학 법칙에 위배되므로 제작이 불가능하다.

수능 3점

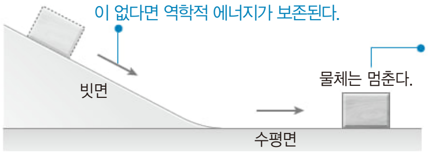
본책 67쪽

1 ③ 2 ③ 3 ④ 4 ④

1 비가역 과정에서 열역학 법칙

자료 분석

빗면 위에 있던 물체의 퍼텐셜 에너지가 아래로 내려오면서 운동 에너지로 전환된다. 이때 마찰이 없다면 역학적 에너지가 보존된다.



물체가 정지한 것은 마찰에 의해 역학적 에너지가 열에너지로 전환되기 때문이다.

선택지 분석

ㄱ 역학적 에너지가 마찰에 의해 모두 열로 전환되어 사방으로 흩어진다.
ㄴ 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 일은 일어나지 않는다.
✕ 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 것은 열역학 제1법칙에 위배된다. 열역학 제2법칙

ㄱ. 마찰에 의해 역학적 에너지가 열로 전환되고 열은 사방으로 흩어진다.

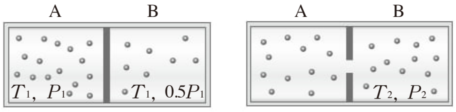
ㄴ. 열역학 제2법칙에 따라 흩어졌던 열에너지가 스스로 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 일은 일어나지 않는다.

바로알기 ㄷ. 흩어졌던 열에너지가 다시 모여 역학적 에너지로 전환되는 것은 에너지 보존 법칙인 열역학 제1법칙에 위배되지 않는다. 하지만 자연 현상의 비가역성을 설명하는 열역학 제2법칙에 위배된다.

2 열역학 제2법칙

자료 분석

(가)에서 A와 B의 온도가 같으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 같다. B의 압력이 작은 것은 기체 분자 수가 적기 때문이다.



(가) (나)

선택지 분석

ㄱ $T_1=T_2$이다.
✕ $P_1=P_2$이다. $P_1>P_2$
ㄷ 칸막이에 구멍을 낸 후 기체가 섞이는 현상은 비가역 현상이다.

ㄱ. (가)에서 양쪽의 온도가 같았으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지가 같다. (나)에서 A와 B에 있던 분자가 골고루 확산되는 과정에서 외부에 한 일도 없고 열의 출입도 없으므로 (가)와 (나)에서 기체의 온도는 같다.

ㄷ. 칸막이에 구멍을 내어 기체가 섞인 후에 기체가 다시 처음 상태로 되돌아가지 않으므로 비가역 현상이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 기체 분자 수는 B보다 A에 많았다가 (나)에서 양쪽에 같은 수의 기체가 존재하게 된다. 따라서 섞인 후의 압력 P_2는 P_1보다 작고 $0.5P_1$보다 크다.

3 열기관과 열효율

자료 분석

열기관 A는 $4E$의 열을 흡수하여 E의 일을 하고, 열기관 B는 $3E$의 열을 흡수하여 E의 일을 한다.

열기관	A	B
흡수한 에너지	$4E$	$3E$
방출한 에너지	$3E$	$2E$
열기관이 한 일	$4E-3E=E$	$3E-2E=E$
열효율$=\frac{\text{열기관이 한 일}}{\text{흡수한 에너지}}$	$e_A=\frac{E}{4E}=\frac{1}{4}$	$e_B=\frac{E}{3E}=\frac{1}{3}$

선택지 분석

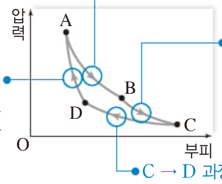
✕ ① $W_A>W_B$, $e_A>e_B$
✕ ② $W_A>W_B$, $e_A<e_B$
✕ ③ $W_A=W_B$, $e_A>e_B$
④ $W_A=W_B$, $e_A<e_B$
✕ ⑤ $W_A<W_B$, $e_A<e_B$

$W_A=4E-3E=E$이고, $W_B=3E-2E=E$이므로 $W_A=W_B$이다.

$e_A=\frac{E}{4E}=\frac{1}{4}$이고, $e_B=\frac{E}{3E}=\frac{1}{3}$이므로 $e_A<e_B$이다.

4 열기관의 순환 과정과 열효율

자료 분석



선택지 분석

✕ ㄱ. B → C 과정에서 기체가 한 일은 0이다. 0이 아니다.

◯ ㄴ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 30 J이다.

◯ ㄷ. 열기관의 열효율은 0.2이다.

ㄴ. 기체가 한 번 순환하는 동안 150 J의 열을 흡수하고 120 J의 열을 방출하였으므로 기체가 한 일은 150 J−120 J=30 J이다.

ㄷ. 열기관의 열효율 $e=\frac{W}{Q_1}=\frac{30\text{ J}}{150\text{ J}}=0.2$이다.

바로알기 ㄱ. B → C 과정에서 기체의 부피가 증가하였으므로 기체는 외부에 일을 하였다.

07 특수 상대성 이론

개념 확인

본책 69쪽, 71쪽

(1) 관성 (2) 상대성 (3) 광속 불변 (4) 동시성의 상대성 (5) 시간 지연, 느리게 (6) > (7) Δmc^2 (8) 핵분열 (9) 핵융합

수능 자료

본책 72쪽

자료 1	1 ◯	2 ×	3 ×	4 ×	5 ◯	6 ×
자료 2	1 ×	2 ◯	3 ×	4 ◯	5 ×	
자료 3	1 ◯	2 ×	3 ◯	4 ◯	5 ◯	
자료 4	1 ×	2 ◯	3 ×	4 ◯	5 ◯	

자료 1 동시성의 상대성과 길이 수축

1 P에 대해 별 A, B가 같은 거리만큼 떨어져 있으므로 A와 B에서 발생한 빛이 P에 동시에 도달한다.

2 A에서 발생한 빛이 P와 Q로 이동하는 동안 Q가 B 쪽으로 이동하므로 빛이 P에게 도달할 때 Q에게는 도달하지 못한다.

3 Q의 관성계에서는 A와 B에서 발생한 빛이 Q로 오는 동안 Q는 B 쪽으로 접근하므로 B에서 발생한 빛이 Q에 먼저 도달한다. 따라서 Q의 관성계에서, B가 A보다 먼저 폭발한 것으로 관측한다.

4 A와 B가 P에 대해 정지해 있으므로 P의 관성계에서 측정한 길이가 고유 길이이다. 다른 관성계에서 측정한 길이는 고유 길이보다 작으므로 Q의 관성계에서 측정한 A와 P 사이의 거리는 P의 관성계에서 측정한 A와 P 사이의 거리보다 작다.

5 A와 P 사이 고유 길이와 P와 B 사이 고유 길이는 같고 Q의 관성계에서 측정할 때 길이 수축은 똑같은 비율로 일어난다. 따라서 Q의 관성계에서 측정한 A와 P 사이의 거리는 B와 P 사이의 거리와 같다.

6 P에게 동시에 일어난 사건이 Q에게 다르게 관측되는 것처럼 한 관성계에서 동시에 일어난 사건이 다른 관성계에서는 동시에 일어나지 않은 것으로 관측될 수 있다.

자료 2 시간 지연과 길이 수축

1 광속 불변 원리에 따라 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 어느 관성계에서 관측하더라도 c로 일정하다.

2 우주선과 같이 운동하고 있는 B의 관성계에서 측정한 우주선의 길이가 고유 길이이다. A의 관성계에서 측정한 우주선의 길이는 고유 길이에서 길이 수축이 일어나므로 고유 길이보다 짧다.

3 길이 수축은 운동 방향으로만 일어나므로 운동 방향에 수직인 광원과 거울 사이의 거리는 길이 수축이 일어나지 않는다. 따라서 A의 관성계에서 측정한 광원과 거울 사이의 거리는 L로 같다.

4 A의 관성계에서 본 B의 관성계는 빠르게 운동하고 있으므로 시간 지연이 일어난다. 따라서 A의 관성계에서, B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.

5 B의 관성계에서 보면 A의 관성계도 우주선의 운동 방향과 반대 방향으로 빠르게 운동하고 있다. 따라서 B의 관성계에서, A의 시간은 시간 지연이 일어나므로 B의 시간보다 느리게 간다.

자료 3 특수 상대성 이론의 증거

1 관찰자가 측정할 때, 뮤온 A의 시간은 시간 지연이 일어나 느리게 간다. 따라서 관찰자가 측정한 뮤온 A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸린 시간은 t_0보다 길다.

2 관찰자가 측정할 때, 뮤온 B의 속도가 뮤온 A의 속도보다 크므로 뮤온 B의 시간이 뮤온 A의 시간보다 느리게 간다. 따라서 뮤온 B의 시간이 뮤온 A의 시간보다 길다.

3 상대적으로 속도가 느린 뮤온 A는 지표면에 도달하기 전에 붕괴하고, 상대적으로 속도가 빠른 B는 A보다 수명이 길므로 지표면에 도달하는 순간 붕괴한다.

4 뮤온 B의 좌표계에서 측정한 지표면까지의 거리는 뮤온 B의 속도×뮤온 B의 고유 수명$=0.99ct_0$이다.

5 $0.99ct_0$은 뮤온 B의 좌표계에서 측정하여 길이 수축이 일어난 길이이다. 이 값은 고유 길이보다 짧기 때문에 $0.99ct_0<h$이다.

자료 4 핵반응과 질량 결손

1 핵반응에서 반응 전과 반응 후의 질량은 보존되지 않지만, 질량수(=양성자수+중성자수)는 보존된다.

2 핵반응에서 반응 전후에 전하량과 질량수는 보존된다. 따라서 ㉠은 전하량이 0이고 질량수가 1이므로 중성자($^{1}_{0}$n)이다.

3 ㉡은 전하량이 2이고, 질량수가 3이므로 $^{3}_{2}$He이다.

5 질량 결손으로 인한 에너지가 발생하였으므로 반응 후 질량의 합이 반응 전 질량의 합보다 작다.

7 ⑤ 핵융합 반응에서 감소한 질량만큼 에너지를 방출한다. 따라서 반응 전 질량의 합보다 반응 후 질량의 합이 작다.

바로알기 ①, ②, ③, ④ 핵반응에서 질량수, 전하량, 중성자수, 양성자수는 모두 보존된다.

수능 1점

본책 73쪽

1 상대성 원리, 광속 불변 원리 **2** (1) 철수 (2) 민수 (3) 철수, 민수 **3** 앞 **4** (1) > (2) < **5** ⑤ **6** ㄱ, ㄷ, ㄹ **7** ⑤

2 (1) 공이 연직 위로 똑바로 올라갔다가 다시 처음 위치로 떨어진 것으로 관측한 사람은 공과 같은 관성 좌표계에 있는 철수이다.
(2) 공이 포물선 경로를 그리며 운동을 하는 것으로 관측한 사람은 공과 다른 관성 좌표계에 있는 민수이다.
(3) 상대성 원리에 따라 모든 관성 좌표계에서 물리 법칙은 동일하게 성립한다. 따라서 철수나 민수에게 공의 가속도는 똑같이 g로 측정된다.

3 우주선의 앞과 뒤에 내리친 번개의 빛이 우주선의 중앙에 있는 영희에게 가는 동안 우주선은 앞으로 이동하기 때문에 우주선의 앞에 내리친 번개의 빛이 영희에게 먼저 도달한다. 따라서 영희는 우주선의 앞 쪽에 번개가 먼저 내리친 것으로 관측한다.

4 (1) 정지해 있는 철수가 운동하고 있는 민수의 우주선을 보면 그 길이가 수축되는 것으로 관찰한다. 따라서 $L_{고유} > L$이다.
(2) 정지해 있는 철수가 운동하고 있는 민수를 보면 시간이 느리게 가는 것으로 관찰한다. 따라서 $T_{고유} < T$이다.

5 ⑤ A에 대한 B의 상대 속도는 $0.5c$이고, 영희에 대한 B의 상대 속도는 $0.4c$이다. 상대적으로 속력이 빠를수록 시간이 느리게 가므로 B의 시간은 A가 측정할 때가 영희가 측정할 때보다 느리게 간다.

바로알기 ① 영희가 측정할 때 우주선 A는 운동하고 있으므로 영희가 측정한 A의 길이는 고유 길이 L_0보다 짧다.
② 상대 속도가 클수록 길이 수축이 크게 일어난다. 따라서 영희가 측정할 때 속도가 큰 A의 길이가 B의 길이보다 짧다.
③ 상대적으로 속력이 빠를수록 길이 수축이 크게 일어나므로 B의 길이는 A가 측정할 때가 영희가 측정할 때보다 짧다.
④ 영희가 측정할 때 A는 시간 지연이 일어나므로 영희가 측정한 A의 시간은 영희의 시간보다 느리게 간다.

6 ㄱ. 핵분열 반응은 하나의 원자핵이 2개 이상의 가벼운 원자핵으로 나누어지는 것이고, 핵융합 반응은 초고온 상태에서 가벼운 원자핵들이 핵융합하여 무거운 원자핵이 되는 것이다.
ㄷ. 핵반응에서 질량 결손으로 감소한 질량만큼 에너지를 방출한다.
ㄹ. 태양의 중심부에서는 중수소 원자핵이 핵융합하여 헬륨 원자핵이 생성되는 핵융합 반응이 일어난다.

바로알기 ㄴ. 질량 에너지 동등성에 따라 질량과 에너지는 서로 전환될 수 있다.

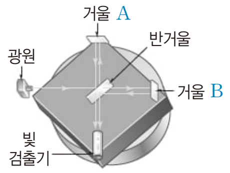
수능 2점

본책 74쪽~76쪽

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

1 마이컬슨·몰리 실험

자료 분석



에테르의 흐름이 있다면, 다음 두 경우에 빛의 속도 차이가 있을 것으로 예상하였다.
① 광원 → 반거울 → 거울 A → 검출기
② 광원 → 반거울 → 거울 B → 검출기
➡ 실험 결과 빛의 속도 차이를 관찰할 수 없었다.

선택지 분석

~~ㄱ~~. 에테르의 존재 여부를 확인하기 위한 실험이다.
ㄴ (✗). 에테르의 흐름에 대한 빛의 진행 방향에 따른 빛의 속도 차이를 관찰할 수 ~~있었다.~~ 없었다.
~~ㄷ~~. 빛을 전달하는 매질을 확인할 수 없었다.

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. 일정한 방향의 에테르의 흐름이 있다고 가정했을 때, 빛의 진행 방향이 달라도 속도의 차이를 관찰할 수는 없었다.

2 특수 상대성 이론의 가설

선택지 분석

ㄱ (✗). 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 사람의 시간이 ~~빠르게~~ 느리게 간다.
~~ㄴ~~. 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 물체의 길이가 운동 방향으로 짧아진다.
ㄷ (✗). 질량은 에너지로 바뀔 수 ~~있지만,~~ 있고 에너지는 질량으로 바뀔 수 ~~없다.~~ 있다.

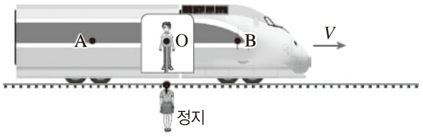
ㄴ. 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 물체의 길이는 운동 방향으로 짧아진다.

바로알기 ㄱ. 정지한 사람이 볼 때 빠르게 움직이는 사람의 시간이 느리게 가는 것으로 관측된다.
ㄷ. 질량 에너지 동등성($E=mc^2$)에 따라 질량이 에너지로, 에너지가 질량으로 전환될 수 있다.

3 동시성의 상대성

자료 분석

기차 안의 관찰자는 양쪽으로 진행하는 빛의 속력이 같고, 점 A, B가 O에서 같은 거리에 있는 것으로 관측한다.



정지해 있는 관찰자는 O에서 출발한 빛이 양쪽으로 같은 속력으로 진행하고, 그 사이에 A, B가 오른쪽으로 진행하는 것으로 관측한다.

선택지 분석

ㄱ. 기차 안의 관찰자는 A, B에 빛이 동시에 도달하는 것으로 관측한다.

ㄴ. 지면에 정지해 있는 관찰자는 A에 빛이 먼저 도달하는 것으로 관측한다.

~~ㄷ.~~ 지면에 정지해 있는 관찰자는 A로 가는 빛이 B로 가는 빛보다 빠른 것으로 관측한다. A로 가는 빛과 B로 가는 빛의 속력이 같은

ㄱ. 기차 안의 관찰자는 같은 거리에 있는 A, B에 빛이 동시에 도달하는 것을 관측한다.

ㄴ. 정지해 있는 관찰자는 O에서 출발한 빛이 양쪽으로 같은 속력으로 진행하는 동안 A, B가 오른쪽으로 이동하기 때문에 A에 빛이 먼저 도달하는 것으로 관측한다.

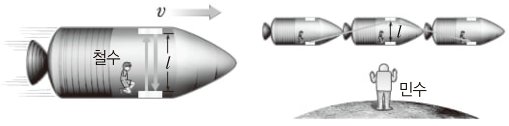
바로알기 ㄷ. 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 일정하게 관측된다.

4 시간 지연

자료 분석

철수는 빛이 두 거울 사이를 수직으로 진행하는 것으로 관찰한다.

우주선 밖에 있는 민수는 빛이 비스듬한 사선으로 진행하는 것으로 관찰한다.



(가) (나)

선택지 분석

ㄱ. 철수와 민수가 관측한 빛의 속력은 모두 c이다.

ㄴ. 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간을 철수가 측정한 값은 $\frac{2l}{c}$이다.

ㄷ. 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간을 민수가 측정한 값은 $\frac{2l}{c}$보다 크다.

ㄱ. 광속 불변 원리에 따라 철수와 민수가 관측할 때 빛의 속력은 모두 c이다.

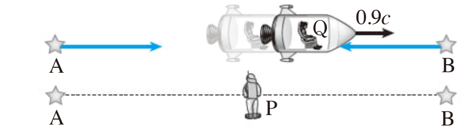
ㄴ. 철수가 우주선 안에서 측정할 때, 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복 하는 거리가 $2l$이므로 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2l}{c}$이다.

ㄷ. 민수가 우주선 밖에서 측정할 때, 빛이 한 번 왕복하는 거리는 $2l$보다 길므로 빛이 한 번 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2l}{c}$보다 크다.

5 동시성의 상대성과 길이 수축

자료 분석

B에서 발생한 빛이 Q에 먼저 도달한다.
➡ B가 먼저 폭발한 것으로 관측한다.



A, P, B는 같은 관성계이고, A와 B에서 P까지의 고유 거리는 같다.

선택지 분석

ㄱ. P의 관성계에서, A와 B가 폭발할 때 발생한 빛이 동시에 P에 도달한다.

ㄴ. Q의 관성계에서, B가 A보다 먼저 폭발한다.

~~ㄷ.~~ Q의 관성계에서, A와 P 사이의 거리는 B와 P 사이의 거리보다 크다. 와 같다.

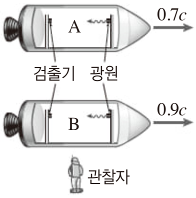
ㄱ. P와 A, B는 같은 관성계이고, A와 B에서 P까지의 거리가 같으므로 A와 B가 동시에 폭발하면 폭발할 때 발생한 빛은 동시에 P에 도달한다.

ㄴ. 빛의 속력은 어느 관성계에서 측정하여도 c로 일정하다. P의 관성계에서 동시에 폭발한 빛이 Q를 향해 이동하는 동안 Q는 A에서 멀어지고, B와 가까워지므로 B에서 폭발한 빛이 Q에 먼저 도달한다. 따라서 Q의 관성계에서는 B가 A보다 먼저 폭발한 것으로 관측한다.

바로알기 ㄷ. A와 P 사이의 고유 길이와 B와 P 사이의 고유 길이는 같고, Q의 관성계에서 측정할 때 길이 수축은 똑같은 비율로 일어난다. 따라서 Q의 관성계에서, A와 P 사이의 거리는 B와 P 사이의 거리와 같다.

6 상대 속도가 다를 때 길이 수축

자료 분석



① 광원에서 검출기까지 고유 길이는 A와 B가 같다.
② 관찰자에 대한 상대 속도는 B가 A보다 크다.
➡ 관찰자가 측정한 광원에서 검출기까지 길이는 B에서가 A에서보다 짧다.

선택지 분석

~~ㄱ.~~ A에서 방출된 빛의 속력은 c보다 작다. c와 같다.

ㄴ. 광원과 검출기 사이의 거리는 A에서가 B에서보다 크다.

ㄷ. 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달하는 데 걸린 시간은 A에서가 B에서보다 크다.

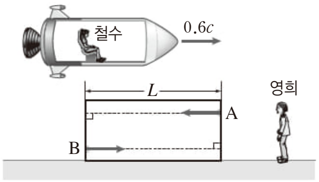
ㄴ. 속력이 빠를수록 길이 수축이 크게 일어나므로 관찰자에 대해 상대 속도가 큰 B에서의 길이가 A에서의 길이보다 짧다. 따라서 광원과 검출기 사이의 거리는 A에서가 B에서 보다 크다.

ㄷ. 관찰자가 측정할 때 빛의 속력은 일정하므로 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달하는 데 걸린 시간은 광원과 검출기 사이의 거리가 큰 A에서가 B에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 항상 c이다.

7 특수 상대성 이론

자료 분석



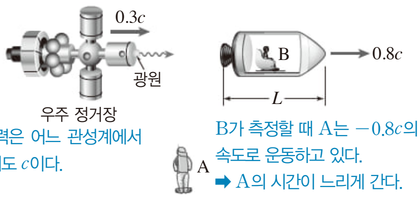
선택지 분석

ㄱ (O) $t_A > t_B$이다.
ㄴ (X) 상자의 길이는 L보다 크다. → 작다.
ㄷ (O) A에서 나온 빛과 B에서 나온 빛의 속력은 같다.

ㄱ. 철수가 관찰할 때 A에서 나온 빛은 멀어지는 면에 도달하고, B에서 나온 빛은 가까워지는 면에 도달하므로 $t_A > t_B$이다.
ㄷ. 빛의 속력은 관찰자나 광원의 속도에 관계없이 c이다.
바로알기 ㄴ. 철수가 측정했을 때 상자는 길이 방향으로 움직이므로 상자의 길이가 고유 길이인 L보다 작다.

8 특수 상대성 이론

자료 분석



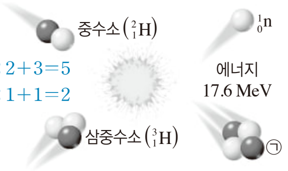
선택지 분석

ㄱ (O) B가 측정한 우주선의 길이는 L보다 크다.
ㄴ (O) B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
ㄷ (X) 광원에서 방출된 빛의 속력은 A가 측정할 때가 우주 정거장에서 측정할 때보다 빠르다. → 때와 같다.

ㄱ. B가 측정한 우주선의 길이는 고유 길이이므로 A가 측정하여 길이 수축이 일어난 길이 L보다 크다.
ㄴ. B가 측정할 때, A는 B에 대해 $-0.8c$의 속도로 운동하고 있으므로 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.
바로알기 ㄷ. 빛의 속력은 관찰자, 광원의 운동에 관계없이 어느 관성계에서 측정하여도 c로 일정하다.

9 핵융합 반응

자료 분석



선택지 분석

ㄱ (O) ㉠은 헬륨 원자핵($^4_2$He)이다.
ㄴ (X) 이 반응은 핵분열 반응이다. → 핵융합
ㄷ (X) $^1_0$n의 질량은 $m_1+m_2-m_3$보다 크다. → 작다.

ㄱ. 반응 전 전하량의 총합이 2이므로 ㉠의 전하량은 2이다. 또한 반응 전 질량수의 총합이 5이고 반응 후 중성자의 질량수가 1이므로 ㉠의 질량수는 4이다. 따라서 ㉠은 $^4_2$He이다.
바로알기 ㄴ. 원자 번호가 1인 수소 원자핵들이 핵융합하여 원자 번호가 2인 헬륨 원자핵이 되는 반응이므로 핵융합 반응이다.
ㄷ. 핵반응 과정에서 발생한 에너지($E=\Delta mc^2$)만큼 반응 전 질량의 합보다 반응 후 질량의 합이 줄어든다. 따라서 $m_1+m_2 > m_3+{}^1_0\mathrm{n}$이므로 $^1_0$n의 질량은 $m_1+m_2-m_3$보다 작다.

10 핵융합 발전

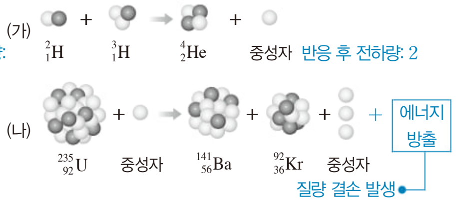
선택지 분석

ㄱ (X) 원자핵 1개의 질량은 A가 B보다 크다. → 작다.
ㄴ (O) ㉠ 과정에서 질량 결손에 의해 에너지가 발생한다.
ㄷ (O) ㉡ 과정에서 질량수가 큰 원자핵이 반응하여 질량수가 작은 원자핵들이 생성된다.

ㄴ. 핵융합 반응에서 반응 후 질량의 합이 반응 전 질량의 합보다 줄어든다. 이를 질량 결손이라 하며, 질량 결손이 Δm일 때 $E=\Delta mc^2$만큼의 에너지가 발생한다.
ㄷ. 핵분열 반응은 질량수가 큰 원자핵이 분열하여 질량수가 작은 원자핵들이 생성되는 핵반응이다. 핵분열 반응은 핵융합 반응과 같이 반응 후 질량의 합이 반응 전 질량의 합보다 줄어드는 질량 결손이 발생한다.
바로알기 ㄱ. A는 수소이고, B는 헬륨이다. 반응 전후 질량의 합이 아닌, 원자핵 1개의 질량은 헬륨인 B가 수소인 A보다 크다.

11 핵융합 반응과 핵분열 반응

자료 분석



선택지 분석

ㄱ (O) (가)는 핵융합 반응이다.
ㄴ (O) (가)에서 핵반응 전후 전하량의 합은 같다.
ㄷ (X) (나)에서 핵반응 전후 질량의 합은 같다. → 다르다.

ㄱ. (가)는 2개의 가벼운 원자핵이 1개의 무거운 원자핵으로 합쳐지므로 핵융합 반응이고, (나)는 무거운 원자핵이 2개의 가벼운 원자핵으로 분리되므로 핵분열 반응이다.
ㄴ. 핵반응 과정에서 전하량은 보존되므로 (가)에서 핵반응 전후 전하량의 합은 같다.
바로알기 ㄷ. 핵반응 과정에서 질량 결손에 의해 에너지가 방출되므로 핵반응 후 질량의 합이 감소한다. 따라서 (나)에서 핵반응 전후 질량의 합은 다르다.

12 질량 에너지 동등성과 핵반응

자료 분석

X의 질량수는 4, 전하량은 2이다.
➡ $^4_2$X이므로 헬륨 원자핵 $^4_2$He이다.

(가) $^2_1$H+$^2_1$H ⟶ X +24 MeV
(나) $^{226}_{88}$Ra ⟶ $^{222}_{86}$Rn+ X +5 MeV

원자핵	$^2_1$H	$^{226}_{88}$Ra	$^{222}_{86}$Rn
질량	M_1	M_2	M_3

• 핵반응 후에 발생한 질량 결손에 비례하여 에너지가 방출된다.
• 핵반응 전후 질량수의 합과 전하량의 합이 보존된다.

선택지 분석

ㄱ X의 중성자수는 2이다.
ㄴ (나)에서 핵반응 전후 질량수의 합은 같다.
ㄷ $2M_1 > M_2 - M_3$이다.

ㄱ. (가)에서 핵반응 전 질량수의 합이 2+2=4이고, 전하량의 합이 1+1=2이므로 X는 질량수가 4이고 전하량이 2인 헬륨 원자핵 $^4_2$He이다. $^4_2$He은 양성자 2개, 중성자 2개로 이루어져 있다.
ㄴ. 핵반응 전후 질량수의 합은 보존된다.
ㄷ. X의 질량을 M이라고 하면, (가)에서 질량 결손은 $2M_1 - M$이고, (나)에서 질량 결손은 $M_2 - M_3 - M$이다. 질량 결손에 의한 에너지가 (가)에서 24 MeV이고, (나)에서 5 MeV이므로 $2M_1 - M > M_2 - M_3 - M$이다. 따라서 $2M_1 > M_2 - M_3$이다.

수능 3점

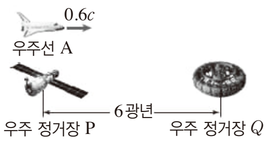
본책 77쪽~79쪽

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

1 길이 수축

자료 분석

A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리는 6광년보다 짧다. 따라서 P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 10년$\left(\dfrac{6광년}{0.6c}\right)$보다 짧게 걸린다.



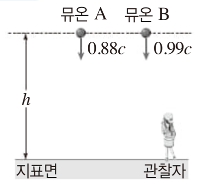
선택지 분석

ㄱ A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리는 6광년보다 짧다.
ㄴ ✕ A에서 관측할 때, P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 10년이 걸린다. 보다 짧게 걸린다.
ㄷ P에서 관측할 때, A가 P를 지나는 순간부터 Q의 빛 신호가 P에 도달하기까지 16년이 걸린다.

ㄱ. A에서 관측할 때, P와 Q는 빠르게 움직여서 길이 수축이 일어나므로 P와 Q 사이의 거리는 고유 길이인 6광년보다 짧다.
ㄷ. P에서 관측할 때, A가 0.6c의 속력으로 P에서 Q까지 6광년을 이동하므로 10년이 걸리고, Q의 빛이 P에 도달하는 데 6년이 걸린다. 따라서 P에서 관측할 때, A가 P를 지나는 순간부터 Q의 빛 신호가 P에 도달할 때까지 걸린 시간은 16년이다.
바로알기 ㄴ. A에서 관측할 때, P와 Q 사이의 거리가 6광년보다 짧으므로 P가 지나는 순간부터 Q가 지나는 순간까지 걸린 시간은 10년보다 짧게 걸린다.

2 특수 상대성 이론의 증거

자료 분석



① 정지한 뮤온의 고유 수명이 t_0이다.
② 관찰자가 빠르게 움직이는 뮤온을 관측하면 시간 지연이 일어나므로 뮤온의 수명이 t_0보다 길어진다.

선택지 분석

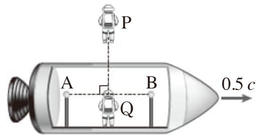
ㄱ ✕ 관찰자가 측정할 때 A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸리는 시간은 t_0이다. 보다 길다.
ㄴ 지표면에 도달하는 순간 붕괴하는 뮤온은 B이다.
ㄷ ✕ 관찰자가 측정할 때 h는 $0.99ct_0$이다. 보다 길다.

ㄴ. 관찰자가 관측할 때, 속력이 상대적으로 빠른 B의 시간이 A보다 느리게 가기 때문에 B가 지표면에 도달하는 순간 붕괴하고 A는 지표면에 도달하기 전에 붕괴한다.
바로알기 ㄱ. 관찰자가 측정할 때 A가 생성된 순간부터 붕괴하는 순간까지 걸리는 시간은 시간 지연이 일어나 고유 시간인 t_0보다 길다.
ㄷ. $0.99ct_0$은 0.99c로 움직이는 뮤온 B의 좌표계에서 측정한 높이이다. 이 높이는 고유 길이인 h보다 짧다.

3 동시성의 상대성과 길이 수축

자료 분석

Q가 P를 스쳐 지나는 순간, Q에서 같은 거리에 있는 A, B는 P에서도 같은 거리에 있다.



P의 관성계에서, A와 B에서 동시에 발생한 빛이 Q를 향해 이동하는 동안 Q는 B에서 발생한 빛 쪽으로 접근한다.

선택지 분석

ㄱ P의 관성계에서, A와 B에서 발생한 빛은 동시에 P에 도달한다.
ㄴ ✕ P의 관성계에서, A와 B에서 발생한 빛은 동시에 Q에 도달한다. B에서 발생한 빛이 먼저 Q에 도달한다.
ㄷ B에서 발생한 빛이 Q에 도달할 때까지 걸리는 시간은 Q의 관성계에서가 P의 관성계에서보다 크다.

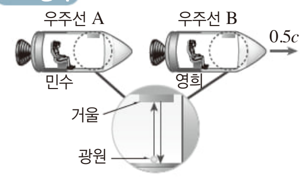
ㄱ. P의 관성계에서, A와 B에서 동시에 발생한 빛은 속력이 c로 같으므로 같은 거리에 있는 P에 동시에 도달한다.

ㄷ. B에서 Q까지의 거리는 Q의 관성계에서 측정한 거리가 고유 길이이므로 P의 관성계에서 측정한 거리보다 크다. 따라서 빛이 도달할 때까지 걸리는 시간도 Q의 관성계에서가 더 크다.

바로알기 ㄴ. P의 관성계에서 관측할 때, A와 B에서 발생한 빛이 Q로 이동하는 동안 Q는 A에서 발생한 빛에서 멀어지고, B에서 발생한 빛으로 접근한다. 따라서 B에서 발생한 빛이 A에서 발생한 빛보다 먼저 Q에 도달한다.

4 시간 지연과 길이 수축

자료 분석



t_A와 t_B는 같은 빛 시계로 각각 측정한 고유 시간이므로 같다.

민수와 영희는 서로 상대적으로 0.5c의 속력으로 멀어진다.

선택지 분석

ㄱ. $t_A = t_B$이다.

ㄴ. 영희가 측정할 때, 민수의 시간은 영희의 시간보다 느리게 간다.

~~ㄷ~~. 민수가 측정할 때 t_A 동안 멀어진 A와 B 사이의 거리는 영희가 측정할 때 t_B 동안 멀어진 A와 B 사이의 거리보다 짧다. → 와 같다.

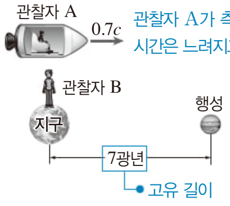
ㄱ. t_A와 t_B는 각자의 빛 시계로 측정한 고유 시간이므로 같다.

ㄴ. 영희와 민수는 서로 상대적으로 움직이므로 민수가 측정할 때 영희의 시간은 민수의 시간보다 느리게 가고, 영희가 측정할 때 민수의 시간은 영희의 시간보다 느리게 간다.

바로알기 ㄷ. 민수가 측정할 때 B의 속력과 영희가 측정할 때 A의 속력은 같다. 같은 시간 동안 같은 속력으로 이동한 거리를 측정한 것이므로 영희가 측정한 값과 민수가 측정한 값은 같다.

5 시간 지연과 길이 수축

자료 분석



관찰자 A가 측정할 때 관찰자 B의 시간은 느려지고, 길이는 짧아진다.

관찰자 B가 측정할 때 관찰자 A의 시간은 느려지고, 길이는 짧아진다.

선택지 분석

~~ㄱ~~. A가 B의 신호를 수신하는 시간 간격은 1년보다 짧다. → 길다.

ㄴ. A가 측정할 때, 지구에서 행성까지의 거리는 7광년보다 작다.

ㄷ. B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

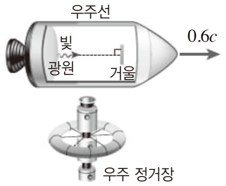
ㄴ. B가 측정한 지구에서 행성까지의 거리 7광년은 고유 길이이다. 이를 다른 관성 좌표계인 A가 측정할 때, 길이 수축이 일어나므로 지구에서 행성까지의 거리는 7광년보다 작다.

ㄷ. B가 측정할 때, A는 빠르게 운동하고 있으므로 A의 시간은 B의 시간보다 느리게 간다.

바로알기 ㄱ. A가 측정할 때, B의 시간은 느리게 간다. 따라서 A가 빛 신호를 수신하는 시간 간격은 1년보다 길다.

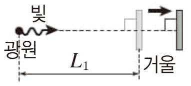
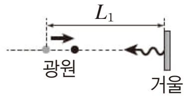
6 특수 상대성 이론의 적용

자료 분석



우주선에서 측정한 우주선 내부의 거리와 시간은 고유 거리와 고유 시간이다.
➡ L_0은 고유 길이, t_0은 고유 시간이다.

[우주 정거장에서 측정할 때]

거울이 운동하여 빛 신호에서 멀어지므로 빛 신호가 거울까지 L_1보다 긴 거리를 이동하여 거울에 도달한다.	광원이 운동하여 빛 신호에 가까워지므로 빛 신호가 광원까지 L_1보다 짧은 거리를 이동하여 광원에 도달한다.
	

선택지 분석

ㄱ. $L_0 > L_1$이다.

ㄴ. $t_0 = \frac{L_0}{c}$이다.

ㄷ. $t_1 > t_2$이다.

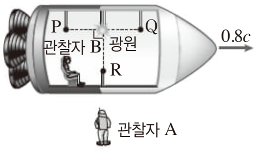
ㄱ. L_0은 고유 길이이고, L_1은 수축된 길이이므로 $L_0 > L_1$이다.

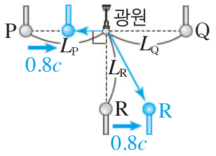
ㄴ. t_0은 우주선에서 빛이 거리 L_0만큼 진행하는 데 걸린 시간이므로 $t_0 = \frac{L_0}{c}$이다.

ㄷ. 빛 신호가 광원에서 방출되어 거울로 이동하는 동안 거울이 운동하여 빛 신호에서 멀어지므로 빛 신호가 거울까지 L_1보다 긴 거리를 이동한다. 따라서 $t_1 > \frac{L_1}{c}$이다. 빛 신호가 거울에서 반사되어 광원으로 이동하는 동안은 광원이 운동하여 빛 신호에 가까워지므로 빛 신호가 광원까지 L_1보다 짧은 거리를 이동한다. 따라서 $t_2 < \frac{L_1}{c}$이다. $t_2 < \frac{L_1}{c} < t_1$이므로 $t_1 > t_2$이다.

7 특수 상대성 이론의 적용

자료 분석





B가 측정할 때, 광원으로부터 P, Q, R까지의 거리 L_P, L_Q, L_R는 고유 길이이다.

선택지 분석

ㄱ. A가 측정할 때, P와 Q 사이의 거리는 $L_P + L_Q$보다 작다.

~~ㄴ~~. B가 측정할 때, L_P가 L_R보다 작다. → 크다.

~~ㄷ~~. B가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 빠르게 간다. → 느리게

ㄱ. A가 측정할 때, P와 Q 사이에 길이 수축이 일어나므로 P와 Q 사이의 거리는 B가 측정한 고유 길이인 $L_P + L_Q$보다 작다.

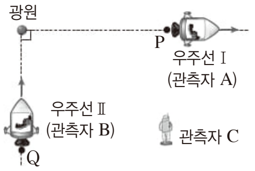
바로알기 ㄴ. A가 측정할 때, 광원에서 발생한 빛이 P로 이동하는 동안 P는 빛으로 접근하고, 광원에서 발생한 빛이 R로 이동하는 동안 R는 빛에서 멀어진다. 이때 광원에서 발생한 빛이 P와 R에 동시에 도달하므로 L_P가 L_R보다 크다.

ㄷ. B가 측정할 때, A는 $-0.8c$의 상대 속도로 운동하고 있으므로 A의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

8 특수 상대성 이론의 적용

자료 분석

광원과 P 사이의 고유 길이는 L, 광원과 Q 사이의 고유 길이는 $0.8L$이다.



A가 관측한 광원과 P 사이의 거리와 B가 관측한 광원과 Q 사이의 거리가 같으므로 A의 속력이 B보다 빠르다.

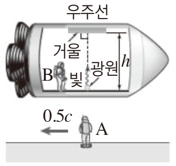
선택지 분석

ㄱ. 광원에서 나온 빛의 속력은 A가 측정할 때와 B가 측정할 때가 같다. (○)
ㄴ. A가 측정할 때, 광원과 P 사이의 거리는 L보다 짧다. (○)
ㄷ. C가 측정할 때, A의 시간은 B의 시간보다 더 느리게 간다. (○)

ㄱ. 광속 불변 원리에 따라 빛의 속력은 A가 측정할 때와 B가 측정할 때가 같다.
ㄴ. A가 측정할 때, 광원과 P가 빠르게 움직이므로 광원과 P 사이의 거리는 길이 수축이 일어나 고유 길이인 L보다 짧다.
ㄷ. C가 측정할 때, A의 속력이 B보다 빠르므로 A의 시간이 B의 시간보다 느리게 간다.

9 특수 상대성 이론의 적용

자료 분석



길이 수축은 운동 방향으로만 일어난다.

A가 관찰할 때 우주선은 $0.5c$의 속력으로 오른쪽으로 운동한다.

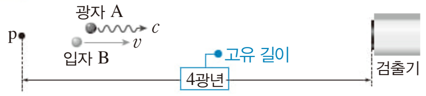
선택지 분석

ㄱ. 빛이 이동한 거리는 h보다 길다. (○)
ㄴ. 광원과 거울 사이의 거리는 h보다 작다. (×) 와 같다.
ㄷ. 우주선의 길이는 B가 측정한 길이보다 길다. (×) 짧다.

ㄱ. A가 측정할 때 빛은 오른쪽 위로 비스듬한 대각선 방향으로 이동하므로 빛이 이동한 거리는 h보다 길다.
바로알기 ㄴ. 광원과 거울 사이의 거리는 A의 운동 방향과 수직이기 때문에 길이 수축이 일어나지 않는다. 따라서 A가 측정한 광원과 거울 사이의 거리는 고유 길이인 h와 같다.
ㄷ. B가 측정한 우주선의 길이는 고유 길이이다. 따라서 A가 측정한 우주선의 길이는 B가 측정한 고유 길이보다 짧다.

10 특수 상대성 이론의 적용

자료 분석



• 정지한 좌표계에서 측정한 p와 검출기 사이의 거리 4광년은 고유 길이이다.
• A, B가 p에서 검출기에 도달하는 데 걸린 시간 4년, 5년은 늘어난 시간이다.

선택지 분석

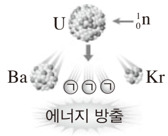
ㄱ. p와 검출기 사이의 거리는 4광년이다. (×) 보다 짧다.
ㄴ. p가 B를 지나는 순간부터 검출기가 B에 도달할 때까지 걸리는 시간은 5년이다. (×) 보다 짧다.
ㄷ. 검출기의 속력은 $0.8c$이다. (○)

ㄷ. 정지한 관성 좌표계에서 측정한 p와 검출기 사이의 거리 4광년은 $4c=5v$이므로 $v=0.8c$이다.
바로알기 ㄱ. B와 같은 속도로 움직이는 관성 좌표계에서 측정한 p와 검출기 사이의 거리는 짧아진 거리이므로 4광년보다 짧다.
ㄴ. B와 같은 속도로 움직이는 관성 좌표계에서 측정한 p가 B를 지나는 순간부터 검출기가 B에 도달하는 데까지 걸리는 시간은 고유 시간이므로 5년보다 짧다.

11 원자로에서 일어나는 핵반응

자료 분석

원자로에서 $^{235}_{92}U$에 저속의 중성자($^{1}_{0}n$)가 충돌하여 분열한 후 질량수가 작은 원자핵과 2개~3개의 중성자를 방출하는 반응이 일어난다. ➡ 핵분열 반응



	양성자수	질량수
우라늄(U)	92	235
바륨(Ba)	56	141
크립톤(Kr)	36	92

선택지 분석

ㄱ. ㉠에 해당하는 입자는 중성자이다. (○)
ㄴ. 핵분열 전과 후 질량의 합은 일정하게 보존된다. (×) 보존되지 않는다.
ㄷ. (가)의 핵반응에서 방출된 에너지는 질량 결손에 의한 것이다. (○)

ㄱ. 핵반응 전과 후에 전하량의 합과 질량수의 합은 일정하게 보존되므로 3개의 ㉠은 전하량이 0이고, 질량수가 3이다. 따라서 ㉠은 전하량이 0이고, 질량수가 1인 중성자($^{1}_{0}n$)이다.
ㄷ. 핵분열 반응에서 방출되는 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.
바로알기 ㄴ. 핵반응에서 질량수는 보존되지만 질량은 보존되지 않는다. 핵반응 전보다 핵반응 후 질량의 합이 감소하는데, 이를 질량 결손이라고 한다. 질량 결손(Δm)은 질량 에너지 동등성 $E=\Delta mc^2$에 따라 에너지로 전환된다.

12 핵반응

선택지 분석

ㄱ. (가)는 핵융합 반응이다. (○)
ㄴ. 질량 결손은 (나)에서가 (가)에서보다 크다. (×) 작다.
ㄷ. ㉠의 질량수는 10이다. (×) 12

ㄱ. (가)는 질량수가 작은 원자핵들이 질량수가 큰 원자핵으로 합쳐지는 핵반응으로 핵융합 반응이다.
바로알기 ㄴ. 질량 결손이 Δm일 때 발생하는 에너지 $E=\Delta mc^2$이므로 핵반응에서 발생하는 에너지는 질량 결손에 비례한다. (가)에서 발생한 에너지는 17.6 MeV이고, (나)에서 발생한 에너지는 4.96 MeV이므로 질량 결손은 (나)에서가 (가)에서보다 작다.
ㄷ. 핵반응 전과 후에 질량수의 합은 일정하게 보존되므로 ㉠의 질량수는 $15+1-4=12$이다. ㉠은 $^{12}_{6}C$이다.

08 원자와 전기력, 스펙트럼

개념 확인

본책 83쪽, 85쪽

(1) 전기력 (2) 밀어내는, 끌어당기는 (3) 비례, 반비례 (4) 러더퍼드, 보어 (5) 양(+), 음(−) (6) 러더퍼드, 톰슨 (7) 전기 (8) ① 연속, ② 흡수, ③ 선(방출) (9) ① - ㉠, ② - ㉡, ③ - ㉠, ④ - ㉡, ⑤ - ㉡ (10) 흡수, 방출 (11) 진동수 (12) 자외선, 가시광선, 적외선

수능 자료

본책 86쪽

자료❶	1 ×	2 ◯	3 ◯	4 ×	5 ×	
자료❷	1 ◯	2 ×	3 ◯	4 ◯	5 ×	6 ◯
자료❸	1 ◯	2 ×	3 ◯	4 ◯	5 ×	6 ◯
자료❹	1 ◯	2 ×	3 ◯	4 ◯	5 ×	6 ◯

자료❶ 전기력

1 A에 작용하는 전기력은 0이므로, B와 C 중 하나는 A와 인력이 작용하고, 다른 하나는 A와 척력이 작용한다. 따라서 B와 C는 서로 다른 종류의 전하이다.

2 B가 양(+)전하, C가 음(−)전하이면, A와 B 사이에는 서로 밀어내는 전기력이 작용하고, B와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용하므로 B는 A와 C로부터 $+x$ 방향의 전기력을 받게 된다. 그러나 문제에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$ 방향이라고 하였으므로, B가 음(−)전하, C가 양(+)전하이다. 이때 A와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용하고, B와 C 사이에도 서로 당기는 전기력이 작용하는데, A와 B 사이에 작용하는 당기는 전기력이 더 크면 B가 받는 전기력이 $-x$ 방향이 될 수 있다. 따라서 B는 음(−)전하이다.

3 A가 B와 C로부터 받는 전기력의 크기는 0이므로 A가 B로부터 받는 전기력은 A가 C로부터 받는 전기력과 크기가 같고 방향이 반대이다. 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하므로, A로부터 멀리 있는 전하일수록 전하량이 크다. 따라서 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.

4 B에 작용하는 전기력의 방향이 $-x$ 방향이므로, A와 B 사이에 서로 당기는 전기력이 B와 C 사이에 서로 당기는 전기력보다 크다. 따라서 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

5 A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AB}, A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AC}, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{BC}라고 할 때, $F_{AB}=F_{AC}$이고 $F_{AB}>F_{BC}$이므로 $F_{AC}>F_{BC}$이다. 즉, A와 C 사이에 작용하는 전기력이 B와 C 사이에 작용하는 전기력보다 크다. A와 C는 모두 양(+)전하이므로 C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

자료❷ 보어의 수소 원자 모형

1 전자는 원자핵 주위의 특정한 에너지값을 갖는 궤도에서만 돌고 있으므로, 전자가 갖는 에너지 준위는 불연속적이다.

2 a에서 전자는 높은 에너지 준위에서 낮은 에너지 준위로 전이하므로 빛을 방출한다.

3 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차에 해당하는 에너지이므로, 광자 1개의 에너지는 에너지 준위 차가 큰 a에서가 b에서보다 크다.

4 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자 1개의 에너지는 $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$이므로, a, b, c에서 흡수하거나 방출하는 에너지는 각각 $\frac{hc}{\lambda_a}$, $\frac{hc}{\lambda_b}$, $\frac{hc}{\lambda_c}$이다. $\frac{hc}{\lambda_a}=\frac{hc}{\lambda_b}+\frac{hc}{\lambda_c}$가 성립하므로 $\frac{1}{\lambda_a}=\frac{1}{\lambda_b}+\frac{1}{\lambda_c}$이다.

5 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 두 에너지 준위 차와 같으며 빛의 파장 λ에 반비례한다. λ_a와 λ_c는 각각 a와 c에서 흡수하거나 방출하는 빛의 파장이므로, $E_3-E_1=\frac{hc}{\lambda_a}$와 $E_3-E_2=\frac{hc}{\lambda_c}$가 각각 성립한다. 따라서 $\frac{\lambda_a}{\lambda_c}=\frac{E_3-E_2}{E_3-E_1}$이다.

6 a에서 방출하는 광자의 에너지가 c에서 흡수하는 광자의 에너지보다 크다. 광자의 에너지가 클수록 파장이 짧으므로 $\lambda_a<\lambda_c$이다.

자료❸ 보어의 수소 원자 모형과 스펙트럼

1 전자가 전이할 때 흡수되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf$로 진동수 f에 비례하므로, 에너지 준위 차가 클수록 진동수가 큰 빛이 흡수된다. 에너지 준위 차는 a에서가 b에서보다 작으므로, 흡수되는 빛의 진동수는 a에서가 b에서보다 작다.

2 전자가 한 에너지 준위(n)에서 다른 에너지 준위(m)로 전이할 때, 흡수되거나 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf$이다. 따라서 b에서 흡수되는 빛의 진동수는 $f=\frac{E_3-E_1}{h}$이다.

3 전자가 전이할 때 흡수되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 파장 λ에 반비례하므로, 에너지 준위 차가 작을수록 파장이 긴 빛이 흡수된다. 에너지 준위 차는 b에서가 c에서보다 작으므로, 흡수되는 빛의 파장은 b에서가 c에서보다 길다.

4 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 진동수에 비례하고 파장에 반비례한다. ㉠은 파장이 가장 짧은 스펙트럼선이므로 흡수되는 빛에너지의 진동수가 가장 크다. 에너지 준위 차가 클수록 진동수가 큰 빛을 흡수하므로 ㉠은 c에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

5 전자가 전이할 때 흡수되거나 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같다. d에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 $|E_4-E_1|$이므로 $|E_2-E_1|$보다 크다.

6 전자가 양자수 $n=2, 3, 4, \cdots$인 궤도에서 $n=1$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 자외선 영역이므로, d에서 방출되는 빛은 자외선이다.

자료 ④ 보어의 수소 원자 모형과 에너지 준위

1 전자가 전이할 때 방출되거나 흡수되는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차에 해당하므로, 방출되는 광자 1개의 에너지는 에너지 준위 차가 큰 a에서가 b에서보다 크다.

2 전자가 전이할 때 흡수되는 광자(빛) 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같다. 따라서 c에서 흡수되는 빛에너지는 $E=-0.85\text{ eV}-(-1.51\text{ eV})=0.66\text{ eV}$이다.

3 전자가 전이할 때 흡수되거나 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf$로 진동수 f에 비례한다. 에너지 준위 차는 a에서가 가장 크므로, 빛의 진동수가 가장 큰 경우는 a이다.

4 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 파장 λ에 반비례하므로, 에너지 준위 차가 클수록 파장이 짧은 빛이 방출된다. 에너지 준위 차는 b에서가 c에서보다 크므로, 빛의 파장은 λ_b가 λ_c보다 짧다.

5 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$이다. 에너지 준위 차의 관계는 $(E_4-E_2)=(E_3-E_2)+(E_4-E_3)$이므로 $\frac{hc}{\lambda_a}=\frac{hc}{\lambda_b}+\frac{hc}{\lambda_c}$이다. 따라서 $\frac{1}{\lambda_a}=\frac{1}{\lambda_b}+\frac{1}{\lambda_c}$이다.

6 전자가 양자수 $n=3, 4, 5, \cdots$인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 가시광선 영역(발머 계열)이므로, b에서 방출되는 빛은 발머 계열이다.

수능 1점

본책 87쪽

1 $\frac{F}{2}$ **2** (다) → (가) → (나) **3** (1) 전자 (2) 원자핵 **4** ㄱ, ㄴ **5** 러더퍼드의 원자 모형 **6** ⑤ **7** ㄴ **8** (1) 흡수 (2) 크 (3) 적외선

1 전하량이 q로 같은 두 전하가 거리 r만큼 떨어져 있을 때 작용하는 전기력의 크기가 $F=k\frac{q\cdot q}{r^2}=k\frac{q^2}{r^2}$이므로, 전하량이 q, $2q$인 두 전하가 거리 $2r$만큼 떨어져 있을 때 작용하는 전기력의 크기는 $k\frac{q\cdot 2q}{(2r)^2}=k\frac{2q^2}{4r^2}=\frac{F}{2}$이다.

2 1897년에 톰슨은 양(+)전하를 띤 물질로 채워진 원자 속에 전자가 띄엄띄엄 박혀 있는 원자 모형 (다)를 제안하였고, 1911년에 러더퍼드는 양(+)전하를 띤 원자핵 주위를 음(−)전하를 띤 전자가 임의의 궤도에서 원운동하는 모형 (가)를 제안하였으며, 1913년에 보어는 전자가 원자핵을 중심으로 특정한 궤도에서 원운동하는 모형 (나)를 제안하였다.

3 (1) 톰슨은 기체 방전관에서 나오는 음극선이 전기력과 자기력에 의해 방향이 휘어지는 현상으로부터 음극선이 음(−)전하를 띠는 입자임을 알아내고, 이 입자를 전자라고 하였다.
(2) 러더퍼드는 알파(α) 입자를 금박에 투과시키는 실험에서 대부분의 알파(α) 입자는 그대로 통과하였으나 일부 알파(α) 입자가 큰 각도로 산란되는 현상으로부터 원자 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하는 양(+)전하를 띠는 물질인 원자핵이 존재하는 것을 발견하였다.

4 ㄱ. 원자핵이 띠는 양(+)전하량과 전자가 띠는 음(−)전하량이 같으므로, 원자는 전기적으로 중성이다.
ㄴ. 원자핵과 전자 사이에 작용하는 전기력은 전자를 원자 내의 일정한 범위 안에 묶어 두는 역할을 하므로, 전자는 전기력에 의해 원자에 속박되어 있다.
바로알기 ㄷ. 쿨롱 법칙에 따라 전기력의 크기는 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로, 원자핵과 전자 사이에 작용하는 힘(전기력)은 원자핵과 전자 사이의 거리가 작은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

5 전자가 원자핵 주위의 임의의 궤도에서 원운동하는 모형은 러더퍼드가 제안하였으며, 이 원자 모형에서 원운동하는 전자는 빛을 방출하면서 에너지를 잃기 때문에 원자핵 쪽으로 끌리므로 원자가 안정성을 유지할 수 없다. 또, 전자의 회전 반지름이 감소하면서 연속적인 파장의 빛을 방출하여 연속 스펙트럼이 나타나므로 수소의 선 스펙트럼을 설명할 수 없다.

6 ① 보어는 전자 궤도의 반지름이 특정한 값만 가질 수 있다고 제안하였다.
② 보어는 전자가 원자핵 주위의 특정한 궤도에서 원운동할 때 빛을 방출하지 않고 안정한 상태로 존재할 수 있다고 하였다.
③ 전자의 궤도는 양자수 n으로 나타내는 특정한 값만 가지므로, 전자는 양자수 n에 따라 결정되는 불연속적인 값의 에너지를 갖는다.
④ 전자는 $n=1$인 바닥상태에 있을 때 가장 안정하다.
바로알기 ⑤ 수소 원자 내 전자의 에너지 준위는 $E_n=-\frac{13.6}{n^2}\text{ eV}$이므로 n이 커질수록 전자의 에너지는 커진다.

7 ㄴ. 밝은 선은 들뜬상태의 전자가 안정한 상태로 전이할 때 에너지 준위 차에 해당하는 특정한 파장의 빛을 방출하기 때문에 나타나며, 이는 전자가 불연속적인 에너지 준위에 있음을 의미한다.
바로알기 ㄱ. 밝은 선이 띄엄띄엄 나타나는 스펙트럼은 선(방출) 스펙트럼이다.
ㄷ. 선 스펙트럼은 전자의 에너지 준위가 불연속적임을 의미한다.

8 (1) ㉠은 양자수가 작은 궤도에서 큰 궤도로 전이하는 과정이므로 전자가 에너지를 흡수하는 과정이다.
(2) 전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자(빛) 1개의 에너지는 진동수 f에 비례하므로, 에너지 준위 차가 큰 ㉠에서 흡수하는 빛의 진동수는 ㉡에서 방출하는 빛의 진동수보다 크다.
(3) 전자가 양자수 $n=4, 5, 6, \cdots$인 궤도에서 $n=3$인 궤도로 전이할 때 방출하는 빛은 적외선 영역이다.

수능 2점 본책 88쪽 ~ 90쪽

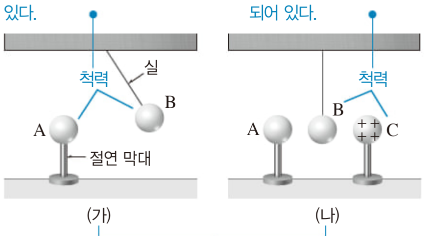
1 ①	2 ②	3 ③	4 ④	5 ④	6 ⑤
7 ⑤	8 ①	9 ③	10 ③	11 ①	12 ②

1 전하 사이에 작용하는 전기력

자료 분석

A와 B 사이에 척력이 작용하므로 A와 B는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

B와 C 사이에 척력이 작용하므로 B와 C는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.



전기력은 두 전하 사이 거리의 제곱에 반비례하므로, A와 B 사이에 작용하는 전기력은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

선택지 분석

ⓞ ㄱ. A와 B는 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

✗ ㄴ. B는 음(−)전하로 대전되어 있다. 양(+)전하

✗ ㄷ. A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 작다.

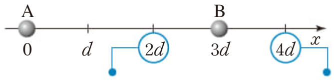
ㄱ. A와 B 사이에 척력이 작용하므로, A와 B는 서로 같은 종류의 전하로 대전되어 있다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 B는 힘의 평형 상태에 있으므로 B와 C 사이에는 척력이 작용한다. 따라서 B는 C와 같이 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄷ. A와 B 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

2 전하 사이에 작용하는 전기력

자료 분석



$2d$에 놓인 양(+)전하가 받는 전기력이 0
➡ A와 B는 같은 종류의 전하
➡ $k\dfrac{q_Aq_{양}}{(2d)^2}=k\dfrac{q_{양}q_B}{d^2}$에서 $q_A=4q_B$

$4d$에 놓인 양(+)전하가 받는 전기력이 $+x$ 방향
➡ A와 B는 모두 양(+)전하

선택지 분석

✗ ㄱ. A와 B는 다른 종류의 전하이다. 같은

✗ ㄴ. A는 음(−)전하이다. 양(+)전하

ⓞ ㄷ. 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

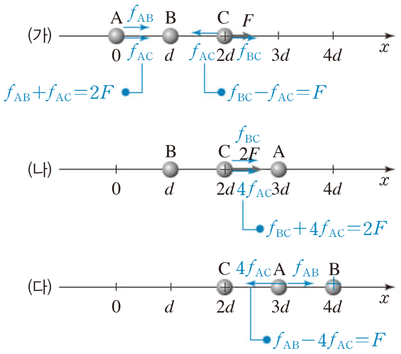
ㄷ. $x=2d$인 곳에서 양(+)전하가 받는 전기력의 합력이 0이므로, 양(+)전하가 A로부터 받는 전기력과 양(+)전하가 B로부터 받는 전기력의 크기가 같다. 이를 식으로 나타내면 $k\dfrac{q_Aq_{양}}{(2d)^2}=k\dfrac{q_{양}q_B}{d^2}$에서 $q_A=4q_B$이므로, 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

바로알기 ㄱ. $x=2d$인 곳에서 양(+)전하가 받는 전기력의 합력이 0이므로, 양(+)전하가 A로부터 받는 전기력과 양(+)전하가 B로부터 받는 전기력의 크기는 같고 방향은 반대이다. 따라서 양(+)전하가 A와 B로부터 모두 인력을 받는 경우이거나, 또는 모두 척력을 받는 경우 중에 하나로 생각할 수 있다. 따라서 A와 B는 같은 종류의 전하이다.

ㄴ. A와 B가 같은 종류의 전하일 때 $x=4d$인 곳에서 양(+)전하가 받는 전기력의 방향이 $+x$ 방향이므로, 양(+)전하는 A와 B로부터 모두 척력을 받는 것을 알 수 있다. 따라서 A와 B는 모두 양(+)전하이다.

3 전하 사이에 작용하는 전기력

자료 분석



선택지 분석

	크기	방향		크기	방향
✗ ①	$\dfrac{F}{2}$	$+x$	✗ ②	$\dfrac{F}{2}$	$-x$
ⓞ ③	F	$+x$	✗ ④	F	$-x$
✗ ⑤	$2F$	$+x$			

③ (나)에서와 같이 A를 C의 오른쪽으로 옮겼을 때 C에 $+x$ 방향으로 작용하는 전기력의 크기가 F에서 $2F$로 증가하는 것으로 보아, A와 C 사이에는 인력이 작용하고 A와 C는 다른 종류의 전하라는 것을 알 수 있으므로 A는 음(−)전하이다. (가)에서 A가 음(−)전하, B가 음(−)전하라고 가정하면, C에 $-x$ 방향으로 전기력이 작용해야 하므로 이 경우는 성립하지 않는다. 따라서 A는 음(−)전하, B는 양(+)전하이다.

(가)에서 A와 B 사이의 전기력의 크기를 f_{AB}, A와 C 사이의 전기력의 크기를 f_{AC}라 하고 오른쪽 방향을 (+)로 하면, A에 작용하는 전기력은 $f_{AB}+f_{AC}=2F$ ⋯ ①이다.

(가)에서 A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 f_{AC}, B와 C 사이의 전기력의 크기를 f_{BC}라고 하면 C에 작용하는 전기력은 $f_{BC}-f_{AC}=F$ ⋯ ②이다.

(나)에서 B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 f_{BC}이고, A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $4f_{AC}$이므로(거리가 $\dfrac{1}{2}$배로 감소하였으므로), C에 작용하는 전기력은 $f_{BC}+4f_{AC}=2F$ ⋯ ③이다. 따라서 식 ①, ②, ③을 연립하면 $f_{AB}=\dfrac{9}{5}F$, $f_{AC}=\dfrac{1}{5}F$이다.

(다)에서 A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기는 $4f_{AC}$이고,

A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기는 f_{AB}이므로 A에 작용하는 전기력의 크기는 $f_{AB}-4f_{AC}=\frac{9}{5}F-4\left(\frac{1}{5}F\right)=F$이고, 방향은 $+x$ 방향이다.

4 원자 모형

자료 분석

• 톰슨 원자 모형은 음극선 실험을 통해 전자를 발견하였고, 양(+)전하 덩어리 속에 전자가 띄엄띄엄 박혀 있다. → 전자 발견
• 러더퍼드 원자 모형은 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 제안되었고, 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 원자 중앙에 존재하고 전자가 원자핵 주위를 돌고 있다. 그러나 이 모형으로는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명할 수 없다. → 원자핵 발견

선택지 분석

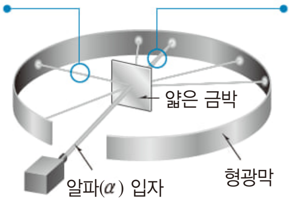
	(가)	(나)		(가)	(나)
~~①~~	보어	톰슨	~~②~~	보어	러더퍼드
~~③~~	톰슨	보어	④	톰슨	러더퍼드
~~⑤~~	러더퍼드	톰슨			

④ 음극선 실험을 통해 전자를 발견한 과학자는 톰슨이고, 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자핵의 존재를 밝혀낸 과학자는 러더퍼드이다.

5 알파(α) 입자 산란 실험

자료 분석

알파(α) 입자의 산란은 원자의 중심에 양(+)전하를 띤 물질이 있다는 것을 알려준다.



대부분의 알파(α) 입자가 직진하는 것은 원자가 원자핵을 제외하고는 거의 비어 있다는 것을 알려준다.

선택지 분석

(영희): 알파(α) 입자의 산란은 원자의 중심에 양(+)전하를 띠는 원자핵이 존재하기 때문이야.
(민수): 대부분의 알파(α) 입자가 직진하는 것으로 보아 원자는 원자핵을 제외하고는 거의 비어 있다는 것을 알 수 있어.
~~철수~~: 이 실험 결과로부터 러더퍼드는 전자가 원자핵 주위의 특정한 원 궤도에서 원운동을 하는 원자 모형을 제안했어. → 임의의

• 영희: 양(+)전하를 띠는 알파(α) 입자의 산란은 전기적인 척력 때문에 일어나므로, 원자의 중심에 양(+)전하를 띤 원자핵이 존재한다는 것을 알 수 있다.
• 민수: 알파(α) 입자를 금박에 투과시키는 실험에서 대부분의 알파(α) 입자가 직진하고 일부 알파(α) 입자들이 얇은 금박에서 튕겨나오는 현상으로부터 원자 가운데의 좁은 공간에 원자핵이 있으며, 원자핵의 지름이 원자 지름에 비해 매우 작아 원자핵을 제외하고는 거의 비어 있다는 것을 알 수 있다.

바로알기 • 철수: 러더퍼드는 양(+)전하를 띤 원자핵 주위를 음(−)전하를 띤 전자가 임의의 궤도에서 원운동하는 모형을 제안하였다. 전자가 원자핵 주위의 특정한 원 궤도에서 원운동하는 원자 모형을 제안한 과학자는 보어이다.

6 원자 모형의 변천 과정과 스펙트럼

자료 분석

톰슨 모형 —(가) 러더퍼드의 알파(α) 입자 산란 실험→ A (러더퍼드 모형) —(나) 수소의 선 스펙트럼 분석→ 보어 모형

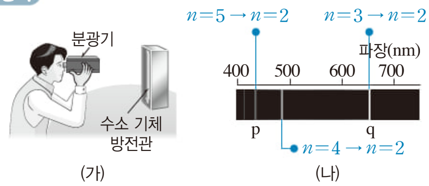
선택지 분석

(ㄱ) A는 러더퍼드 원자 모형이다.
(ㄴ) (가)는 알파(α) 입자 산란 실험에서 일부 입자가 큰 각도로 산란되는 현상이다.
(ㄷ) (나)는 수소 원자에서 선 스펙트럼이 나타난 현상이다.

ㄱ, ㄴ. A는 러더퍼드 원자 모형을 나타낸다. 러더퍼드 원자 모형은 알파(α) 입자 산란 실험을 통하여 원자의 중심에 원자 질량의 대부분을 차지하는 원자핵이 존재한다는 것을 밝혀낸 후 제시되었다.
ㄷ. 러더퍼드 원자 모형은 원자의 안정성과 선 스펙트럼을 설명하지 못하였다. 이것을 해결하기 위해 보어는 새로운 원자 모형을 제시하였다.

7 수소 원자 스펙트럼의 분석

자료 분석



(가) (나)

q의 파장이 가장 길다.
➡ 에너지 준위 차가 가장 작은 전이 과정 ($n=3\rightarrow n=2$)에서 방출된 빛이다.

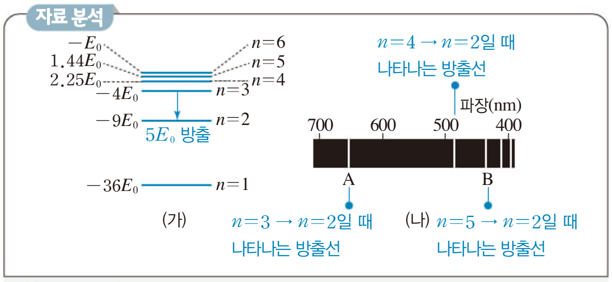
선택지 분석

(ㄱ) 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
(ㄴ) 방출되는 광자 1개의 에너지는 p에 해당하는 빛이 q에 해당하는 빛보다 크다.
(ㄷ) p는 전자가 양자수 $n=5$에서 $n=2$로 전이할 때 나타난 스펙트럼선이다.

ㄱ. 수소 원자의 전자가 전이할 때 선 스펙트럼이 나타나는 것은 전자가 불연속적인 에너지 준위에 있어 전자가 전이할 때 에너지 준위 차에 해당하는 특정한 파장의 빛을 방출하기 때문이다. 따라서 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.
ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 파장 λ에 반비례하므로, 광자의 에너지가 클수록 파장이 짧은 빛이 방출된다. 따라서 광자 1개의 에너지는 파장이 짧은 p에 해당하는 빛이 파장이 긴 q에 해당하는 빛보다 크다.
ㄷ. 수소 원자의 전자가 양자수 $n=3$, 4, 5 …인 궤도에서 $n=2$인 궤도로 전이할 때 가시광선 영역의 스펙트럼이 나타난다. 가시광선 영역에서 파장이 가장 긴 q는 $n=3$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 나타나며, 파장이 세 번째로 긴 p는 전자가 $n=5$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 나타난다.

8 에너지 준위와 선 스펙트럼

자료 분석



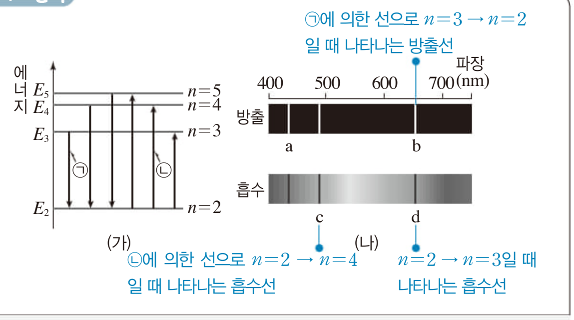
선택지 분석

① $n=2$에서 $n=5$로 전이할 때 흡수하는 빛
~~②~~ $n=3$에서 $n=4$로 전이할 때 흡수하는 빛
~~③~~ $n=4$에서 $n=2$로 전이할 때 방출하는 빛
~~④~~ $n=5$에서 $n=1$로 전이할 때 방출하는 빛
~~⑤~~ $n=6$에서 $n=3$으로 전이할 때 방출하는 빛

① (나)의 A에 해당하는 빛의 진동수가 $f_A=\dfrac{|E_m-E_n|}{h}=\dfrac{-4E_0-(-9E_0)}{h}=\dfrac{5E_0}{h}$이므로, A는 전자가 $n=3$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 방출하는 빛에 의한 스펙트럼선이다. 전자가 들뜬상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 방출하는 빛은 가시광선(발머 계열)이므로, (나)에서 A는 가시광선 영역(발머 계열) 중에서 파장이 가장 긴 빛에 해당한다. B는 가시광선 영역(발머 계열) 중에서 파장이 세 번째로 긴 빛이므로, 전자가 $n=5$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 방출하는 빛에 의한 스펙트럼선이다. 또, 전자가 $n=2$에서 $n=5$로 전이할 때 흡수하는 빛에도 해당한다.

9 전자의 전이와 선 스펙트럼

자료 분석



선택지 분석

㉠ 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 크다.
㉡ c는 ㉡에 의해 나타난 스펙트럼선이다.
~~㉢~~ d에서 광자의 진동수는 $\dfrac{E_5-E_2}{h}$이다. $\dfrac{E_3-E_2}{h}$

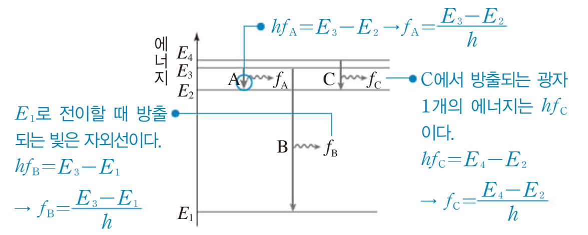
ㄱ. 광자 1개의 에너지는 $E=hf=\dfrac{hc}{\lambda}$이므로, 진동수에 비례하고 파장에 반비례한다. 따라서 광자 1개의 에너지는 파장이 짧은 a에서가 파장이 긴 b에서보다 크다.

ㄴ. 수소에서 나타나는 방출 스펙트럼에서 밝은 선의 파장은 흡수 스펙트럼에서 검은 선의 파장과 일치하므로, b가 나타날 때 방출하는 에너지와 d가 나타날 때 흡수하는 에너지는 같다. b가 ㉠에 의해 나타나므로, d는 $n=2$에서 $n=3$으로 전이할 때 나타나는 흡수선이다. c는 d 다음으로 파장이 긴 빛의 스펙트럼선이므로 c는 $n=2$에서 $n=4$로 전이하는 ㉡에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

바로알기 ㄷ. b에서 방출하는 광자의 진동수는 d에서 흡수하는 광자의 진동수와 같다. b가 ㉠에 의해 나타나므로, d는 $n=2$에서 $n=3$으로 전이할 때 나타나는 흡수선이다. 따라서 d에서 광자의 진동수는 $E_3-E_2=hf$에서 $f=\dfrac{E_3-E_2}{h}$이다.

10 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 전이

자료 분석



선택지 분석

㉠ $f_A=\dfrac{E_3-E_2}{h}$이다.
~~㉡~~ f_B는 적외선 영역에 속하는 진동수이다. 자외선
㉢ C에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 hf_C이다.

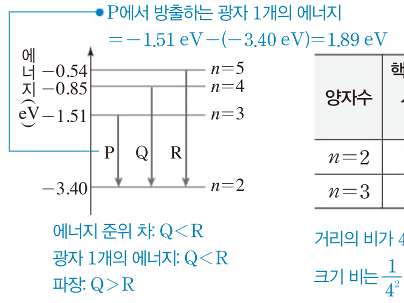
ㄱ. 전자가 E_3에서 E_2인 에너지 준위로 전이할 때 방출하는 광자의 에너지는 $hf_A=E_3-E_2$이므로 $f_A=\dfrac{E_3-E_2}{h}$이다.

ㄷ. C에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 진동수 f_C에 비례하므로 hf_C이다.

바로알기 ㄴ. A에서 방출되는 f_A가 가시광선 영역에 속하는 진동수이므로, B에서 방출되는 빛의 진동수 f_B는 자외선 영역이다. E_1로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 자외선 영역(라이먼 계열)에 속한다.

11 전자의 전이와 핵과 전자 사이에 작용하는 전기력

자료 분석



양자수	핵과 전자 사이의 거리	전기력의 크기
$n=2$	$4r$	F
$n=3$	$9r$	㉠

거리의 비가 4 : 9이므로 전기력의 크기 비는 $\dfrac{1}{4^2}:\dfrac{1}{9^2}$이다.

선택지 분석

㉠ P에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 1.89 eV이다.
~~㉡~~ 방출되는 빛의 파장은 Q에서가 R에서보다 짧다. 길다.
~~㉢~~ ㉠은 $\dfrac{9}{4}F$이다. $\dfrac{16}{81}F$

ㄱ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같으므로, P에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 $-1.51\text{ eV}-(-3.40\text{ eV})=1.89\text{ eV}$이다.

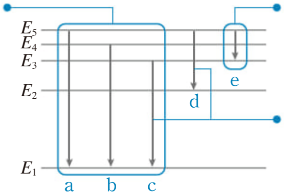
바로알기 ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 파장 λ에 반비례한다. 에너지 준위차는 Q에서가 R에서보다 작으므로, 방출되는 빛의 파장은 Q에서가 R에서보다 길다.

ㄷ. 전기력의 크기는 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 핵과 전자 사이의 거리가 $4r$, $9r$일 때 전기력의 크기 비는 $\frac{1}{16}:\frac{1}{81}=81:16$이므로 ㉠은 $\frac{16}{81}F$이다.

12 에너지 준위와 선 스펙트럼

자료 분석

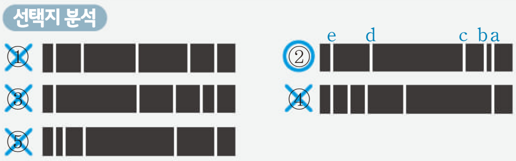
전자가 E_1인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 크다.



전자가 E_3인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 작다.

두 빛의 에너지 차가 가장 크므로 선 스펙트럼의 간격이 가장 크다.

선택지 분석



② 에너지 준위 차가 클수록 진동수가 큰 빛이 방출되므로, 전자가 E_1인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 크고 E_3인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수가 가장 작다. 따라서 관찰되는 선 스펙트럼의 모양은 ②와 같다.

수능 3점 본책 91쪽~93쪽

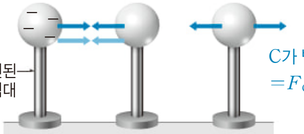
1 ②	2 ③	3 ④	4 ②	5 ①	6 ⑤
7 ②	8 ②	9 ⑤	10 ①	11 ③	12 ⑤

1 전하 사이에 작용하는 전기력

자료 분석

B는 양(+)전하로 대전되어 있어야 C에 작용하는 합력이 0이다.

B가 받는 합력 $=F_{BC}+F_{BA}=-(F_{AC}+F_{AB})$



A가 받는 합력 $=F_{AC}+F_{AB}$

C가 받는 합력 $=F_{CA}+F_{CB}=0$

$F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$이고 두 전하 사이의 거리는 A와 C 사이가 B와 C 사이의 2배이므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

선택지 분석

~~ㄱ.~~ B는 음(−)전하로 대전되어 있다. 양(+)전하

~~ㄴ.~~ 전하량의 크기는 A가 B의 2배이다. 4배

ⓒ A가 받는 전기력의 합력의 크기는 B가 받는 전기력의 합력의 크기와 같다.

ㄷ. C가 A로부터 받는 전기력 F_{CA}는 C가 B로부터 받는 전기력 F_{CB}와 크기가 같고 방향이 반대이다($F_{CA}=-F_{CB}$). 또, A가 B로부터 받는 전기력 F_{AB}는 B가 A로부터 받는 전기력 F_{BA}와 크기가 같고 방향이 반대이다($F_{AB}=-F_{BA}$). A가 받는 전기력의 합력은 $F_{AC}+F_{AB}$이고 B가 받는 전기력의 합력은 $F_{BC}+F_{BA}=-F_{CB}-F_{AB}=-F_{AC}-F_{AB}=-(F_{AC}+F_{AB})$이므로, 그 크기가 서로 같다.

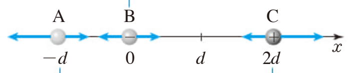
바로알기 ㄱ. C에 작용하는 전기력의 합력은 0이므로, B는 A와 다른 종류의 전하이다. 따라서 B는 양(+)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. 전기력의 크기는 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$이다. C에 작용하는 전기력의 합력이 0일 때, 두 전하 사이의 거리는 A와 C 사이가 B와 C 사이의 2배이므로 전하량의 크기는 A가 B의 4배이다.

2 전하 사이에 작용하는 전기력

자료 분석

$F_{AB}=F_{BC}$ ➡ $k\frac{q_Aq_B}{d^2}=k\frac{q_Bq_C}{(2d)^2}$에서 $4q_A=q_C$



$F_{AB}<F_{AC}$ ➡ $k\frac{q_Aq_B}{d^2}<k\frac{q_A\cdot 4q_A}{(3d)^2}$에서 $q_B<\frac{4}{9}q_A$

$F_{BC}<F_{AC}$ ➡ $+x$ 방향의 전기력

선택지 분석

ⓖ A는 양(+)전하이다.

~~ㄴ.~~ 전하량의 크기는 B가 A보다 크다. 작다.

ⓒ C가 받는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

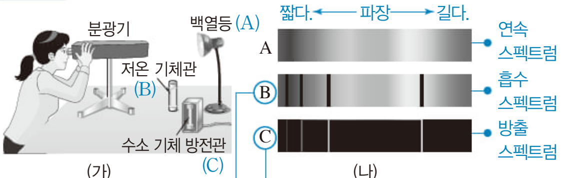
ㄱ. A와 C가 B에 작용하는 전기력이 0일 때, B와 C 사이에 서로 당기는 전기력이 작용하므로 A와 B 사이에도 서로 당기는 전기력이 작용한다. 따라서 A는 양(+)전하이다.

ㄷ. A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AB}, A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AC}, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{BC}라고 할 때, $F_{AB}=F_{BC}$이고 $F_{AB}<F_{AC}$이므로 $F_{BC}<F_{AC}$이다. 즉, B와 C 사이에 작용하는 전기력이 A와 C 사이에 작용하는 전기력보다 작다. A와 C는 모두 양(+)전하이므로, C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$ 방향이다.

바로알기 ㄴ. B가 A로부터 받는 전기력과 B가 C로부터 받는 전기력의 크기가 같으므로 $k\frac{q_Aq_B}{d^2}=k\frac{q_Bq_C}{(2d)^2}$에서 $4q_A=q_C$이다. 또, B가 A에 작용하는 전기력의 크기는 C가 A에 작용하는 전기력의 크기보다 작으므로, $k\frac{q_Aq_B}{d^2}<k\frac{q_A\cdot 4q_A}{(3d)^2}$에서 $q_B<\frac{4}{9}q_A$이다. 따라서 전하량의 크기는 B가 A보다 작다.

3 스펙트럼 분석

자료 분석



특정한 파장의 빛만 흡수한다.

특정한 파장의 빛만 방출한다.

선택지 분석

~~①~~ B는 방출 스펙트럼이다. 흡수

~~②~~ 수소 원자의 에너지 준위는 연속적이다. 불연속적

~~③~~ 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 A이다. C

④ 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼은 B이다.

~~⑤~~ 기체의 종류가 달라져도 C에 나타나는 선의 위치는 같다. 다르다.

④ 저온 기체관을 통과한 백열등 빛의 스펙트럼은 특정한 파장의 빛만 흡수된 흡수 스펙트럼이므로 B이다.

바로알기 ① B는 특정한 파장의 빛만 흡수되어 검은 선으로 나타나므로 흡수 스펙트럼이다.

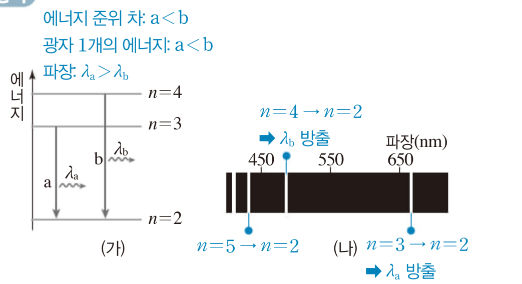
② 수소 기체 스펙트럼은 선 스펙트럼이므로, 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

③ 수소 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 방출 스펙트럼이므로 C이다.

⑤ 방출 스펙트럼에서 선의 위치는 기체에 따라 고유하게 정해져 있다. 따라서 기체의 종류가 달라지면 스펙트럼에 나타나는 선의 위치가 달라진다.

4 전자의 전이와 선 스펙트럼

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ.~~ 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 크다. 작다.

~~ㄴ.~~ λ_b는 450 nm보다 짧다. 길다.

ㄷ. 전자가 $n=4$에서 $n=3$인 상태로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 $\frac{hc}{\lambda_b}-\frac{hc}{\lambda_a}$이다.

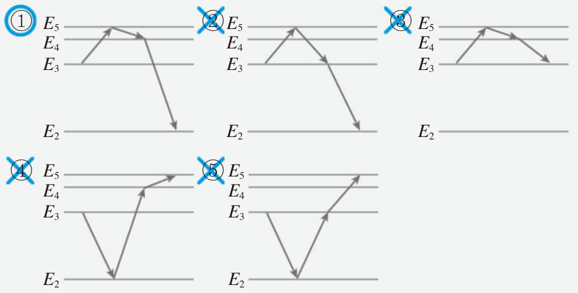
ㄷ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$이다. 전자가 $n=4$에서 $n=3$인 상태로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 b에서 방출되는 에너지 $\frac{hc}{\lambda_b}$와 a에서 방출되는 에너지 $\frac{hc}{\lambda_a}$의 차와 같으므로 $\frac{hc}{\lambda_b}-\frac{hc}{\lambda_a}$이다.

바로알기 ㄱ. 전자가 전이할 때 에너지 준위 차가 클수록 흡수되거나 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 크다. 에너지 준위 차는 a의 경우가 b의 경우보다 작으므로, 방출되는 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 작다.

ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 파장에 반비례하므로, 에너지 준위 차가 작을수록 파장이 긴 빛이 방출된다. 따라서 에너지 준위 차가 가장 작은 a에서 방출되는 빛의 파장 λ_a가 가장 길고, b에서 방출되는 빛의 파장 λ_b는 두 번째로 길다. 따라서 λ_b는 450 nm보다 길다.

5 전자의 전이 과정

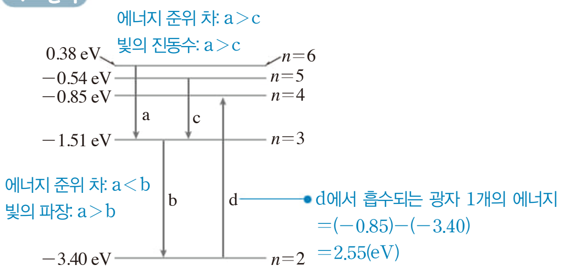
선택지 분석



① $n=3$인 상태의 전자가 f_A인 빛을 흡수하여 전이하였으므로 전자는 높은 에너지 준위로 전이하였고, f_B와 f_C인 빛을 차례로 방출하며 전이하였으므로 전자는 차례로 낮은 에너지 준위로 전이한다. 진동수의 크기가 $f_B<f_A<f_C$이므로 ①번이 가장 적절하다.

6 에너지 준위와 전자의 전이

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 방출되는 빛의 파장은 a에서가 b에서보다 길다.

ㄴ. 방출되는 빛의 진동수는 a에서가 c에서보다 크다.

ㄷ. d에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 2.55 eV이다.

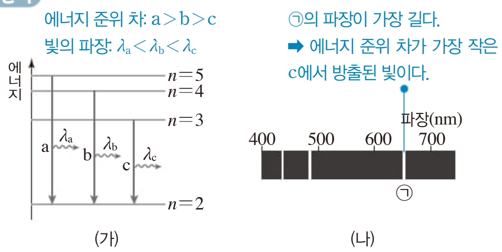
ㄱ. 전자가 한 에너지 준위에서 다른 에너지 준위로 전이할 때 흡수되거나 방출되는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같으며, 진동수 f에 비례하고 파장 λ에 반비례한다. 두 에너지 준위 차는 a에서가 b에서보다 작으므로 방출되는 빛의 파장은 a에서가 b에서보다 길다.

ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 두 에너지 준위 차에 비례하므로, 방출되는 빛의 진동수는 에너지 준위 차가 큰 a에서가 에너지 준위 차가 작은 c에서보다 크다.

ㄷ. 전자가 전이할 때 흡수되거나 방출되는 광자 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같으므로, d에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 $(-0.85)-(-3.40)=2.55$(eV)이다.

7 전자의 전이와 선 스펙트럼

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ~~. (나)의 ㉠은 a에 의해 나타난 스펙트럼선이다. c

ⓛ 방출되는 빛의 진동수는 a에서가 b에서보다 크다.

~~ㄷ~~. 전자가 $n=4$에서 $n=3$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 $|\lambda_b-\lambda_c|$와 같다. 같지 않다.

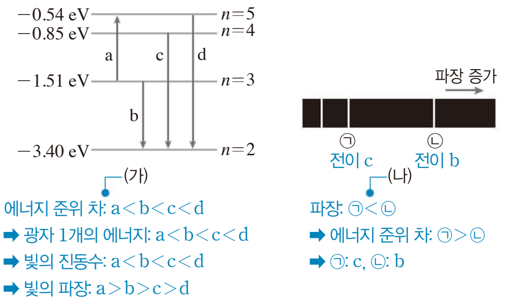
ㄴ. 전자가 전이할 때, 흡수되거나 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 두 에너지 준위 차와 같으며, 진동수 f에 비례한다. 에너지 준위 차는 a에서가 b에서보다 크므로, 방출되는 빛의 진동수는 a에서가 b에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 $E=|E_m-E_n|=hf=\frac{hc}{\lambda}$로 파장 λ에 반비례하므로, 에너지 준위 차가 작을수록 파장이 긴 빛이 방출된다. (나)의 ㉠은 파장이 가장 긴 선이므로, 에너지 준위 차가 가장 작은 전이 과정인 c에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

ㄷ. 전자가 $n=4$에서 $n=3$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛에너지는 b와 c에서 방출되는 빛에너지 차와 같으므로, $n=4$에서 $n=3$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장을 λ라고 할 때 $\frac{hc}{\lambda}=\frac{hc}{\lambda_b}-\frac{hc}{\lambda_c}$가 성립한다. 따라서 $\frac{1}{\lambda}=\frac{1}{\lambda_b}-\frac{1}{\lambda_c}$이므로 $\lambda\neq|\lambda_b-\lambda_c|$이다.

8 에너지 준위와 선 스펙트럼

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ~~. a에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 1.51 eV이다. 0.97 eV

ⓛ 방출되는 빛의 진동수는 c에서가 b에서보다 크다.

~~ㄷ~~. ㉡은 d에 의해 나타난 스펙트럼선이다. b

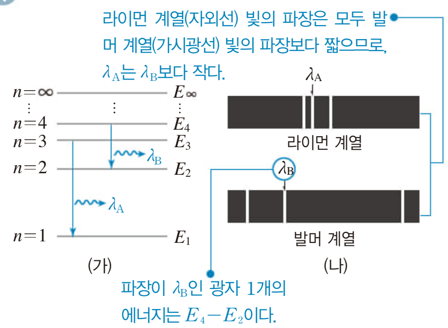
ㄴ. 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 두 에너지 준위 차에 비례한다. 에너지 준위 차는 c에서가 b에서보다 크므로, 방출되는 빛의 진동수도 c에서가 b에서보다 크다.

바로알기 ㄱ. a에서 흡수되는 광자 1개의 에너지는 $(-0.54)-(-1.51)=0.97$(eV)이다.

ㄷ. 전자가 전이할 때 방출되는 광자(빛) 1개의 에너지는 파장에 반비례하므로, 에너지 준위 차가 클수록 파장이 짧은 빛이 방출된다. 파장은 ㉠이 ㉡보다 짧으므로, 에너지 준위 차는 ㉠의 경우가 ㉡의 경우보다 크다. ㉠이 c에 의해 나타난 스펙트럼선이라면, ㉡은 이보다 에너지 준위 차가 작은 b에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

9 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위

자료 분석



선택지 분석

㉠ λ_A는 λ_B보다 작다.

ⓛ 파장이 λ_B인 광자 1개의 에너지는 E_4-E_2이다.

ⓒ 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

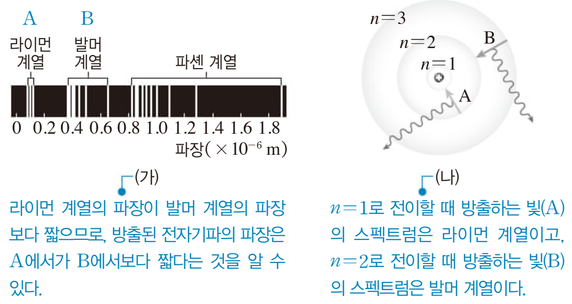
ㄱ. 라이먼 계열(자외선) 스펙트럼에 해당하는 빛의 파장은 발머 계열(가시광선) 스펙트럼에 해당하는 빛의 파장보다 짧으므로, λ_A는 λ_B보다 작다.

ㄴ. 발머 계열에서 두 번째로 파장이 긴 빛의 파장 λ_B는 $n=4$에서 $n=2$로 전이하면서 방출하는 빛의 파장에 해당하므로 파장이 λ_B인 광자 1개의 에너지는 E_4-E_2이다.

ㄷ. (가)에서 전자의 에너지 준위가 띄엄띄엄 있으므로 수소 원자에 있는 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.

10 선 스펙트럼과 에너지 준위

자료 분석



선택지 분석

㉠ 전자의 에너지는 양자화되어 있다.

~~ㄴ~~. B에서 방출하는 전자기파는 라이먼 계열에 속한다. 발머

~~ㄷ~~. 방출된 전자기파의 파장은 A에서가 B에서보다 길다. 짧다.

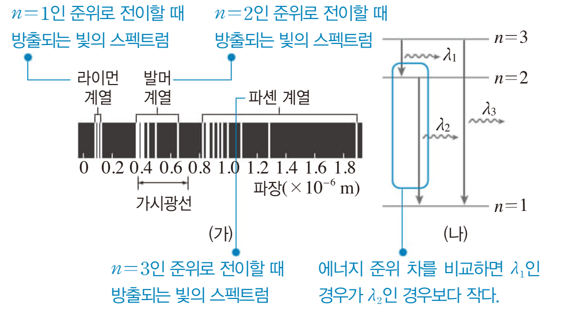
ㄱ. 수소 원자의 스펙트럼이 선 스펙트럼인 것은 전자의 에너지 준위가 불연속적이기 때문이다. 따라서 전자의 에너지는 양자화되어 있다.

바로알기 ㄴ. 발머 계열은 $n=2$인 궤도로 전이하면서 방출하는 스펙트럼이다. 따라서 B에서 방출하는 전자기파는 발머 계열에 속한다.

ㄷ. A는 라이먼 계열(자외선)이고 B는 발머 계열(가시광선)이다. (가)에서 라이먼 계열의 파장이 발머 계열의 파장보다 짧으므로, 방출된 전자기파의 파장은 A에서가 B에서보다 짧다는 것을 알 수 있다.

11 수소 원자의 선 스펙트럼 계열과 에너지 준위

자료 분석



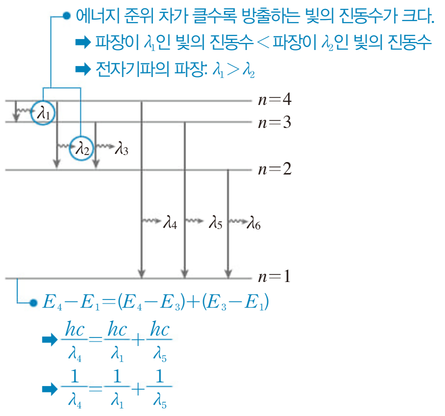
선택지 분석

ㄱ. λ_1은 (가)에서 가시광선 영역에 있다.
ㄴ. λ_3은 (가)의 라이먼 계열에 속한다.
~~ㄷ~~. 파장이 λ_1인 광자 1개의 에너지는 파장이 λ_2인 광자 1개의 에너지보다 크다. 작다.

ㄱ. (나)의 λ_1은 $n=3$인 상태에서 $n=2$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장으로, (가)에서 발머 계열에 속하는 가시광선 영역에 있다.
ㄴ. (나)의 λ_3은 $n=3$인 상태에서 $n=1$인 상태로 전이할 때 방출되는 빛의 파장으로, (가)에서 에너지가 가장 커서 파장이 가장 짧은 라이먼 계열에 속한다.
바로알기 ㄷ. (나)에서 에너지 준위 사이의 에너지 차가 클수록 파장이 짧은 광자가 방출되므로, 파장이 λ_1인 광자 1개의 에너지는 파장이 λ_2인 광자 1개의 에너지보다 작다.

12 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 전이

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. $\lambda_2<\lambda_1$이다.
ㄴ. 파장이 λ_1인 전자기파의 진동수는 파장이 λ_4인 전자기파의 진동수보다 작다.
ㄷ. $\frac{1}{\lambda_4}=\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_5}$이다.

ㄱ. 에너지 준위 차가 클수록 방출하는 빛의 진동수가 크고, 진동수가 클수록 파장이 짧은 전자기파를 방출하므로 $\lambda_2<\lambda_1$이다.
ㄴ. 전자가 전이할 때 두 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 갖는 전자기파를 방출하므로, 에너지 준위 사이의 에너지 차가 클수록 진동수가 큰 전자기파를 방출한다. 따라서 파장이 λ_1인 전자기파의 진동수는 파장이 λ_4인 전자기파의 진동수보다 작다.
ㄷ. $E_4-E_1=\frac{hc}{\lambda_4}$, $E_4-E_3=\frac{hc}{\lambda_1}$, $E_3-E_1=\frac{hc}{\lambda_5}$이므로, $E_4-E_1=(E_4-E_3)+(E_3-E_1)$에서 $\frac{hc}{\lambda_4}=\frac{hc}{\lambda_1}+\frac{hc}{\lambda_5}$이다. 따라서 $\frac{1}{\lambda_4}=\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_5}$이 성립한다.

09 에너지띠와 반도체

개념 확인 본책 95쪽, 97쪽

(1) 에너지띠 (2) 원자가 띠 (3) 전도띠 (4) ①−ⓒ, ②−ⓖ, ③−ⓛ (5) 작고, 크다 (6) 커진다 (7) 4 (8) 커진다 (9) n (10) 양공, 전자 (11) 다이오드 (12) 역방향 (13) (+)극, (−)극 (14) 정류

수능 자료 본책 98쪽

자료 ❶	1 ○	2 ×	3 ○	4 ×	5 ○	6 ○	7 ×
자료 ❷	1 ○	2 ×	3 ○	4 ○	5 ×	6 ×	
자료 ❸	1 ×	2 ○	3 ○	4 ○	5 ×	6 ○	7 ×
	8 ×	9 ○					
자료 ❹	1 ○	2 ○	3 ○	4 ×	5 ×		

자료 ❶ 고체의 전기 전도성

1 A와 C는 일부만 채워진 원자가 띠가 있으므로 도체이다.

2 도체는 전자의 이동에 의해서 전류가 흐르고, 반도체는 전자와 양공의 이동에 의해서 전류가 흐른다. A는 도체이므로 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.

3 반도체인 B에서 원자가 띠의 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 전이하면 원자가 띠에는 전자가 빈 자리인 양공이 생긴다.

4 반도체인 B는 온도가 높을수록 원자가 띠에서 에너지를 얻어 전도띠로 전이되는 전자의 수가 증가하므로 전자와 양공의 수가 늘어난다. 따라서 B는 온도가 높을수록 전기 전도도가 커진다.

5 B는 반도체이므로 도핑을 하면 전기 전도도가 커진다.

6 C는 원자가 띠의 일부분만 전자가 채워져 있는 도체이다. 도체는 상온에서 전자들이 원자가 띠의 빈 에너지 준위로 자유롭게 옮겨 다닐 수 있으므로, 원자 사이를 이동할 수 있는 자유 전자들이 많다.

7 전기 전도도는 전기가 잘 통하는 물질일수록 크다. C는 도체로 반도체인 B보다 전기 전도도가 크므로, ㉠에 해당하는 값은 2.2보다 크다.

자료❷ 반도체

1 원자가 띠의 에너지 준위가 전도띠의 에너지 준위보다 낮으므로, (가)에서 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이할 때는 에너지를 흡수한다.

2 원자가 띠에 있는 전자가 전도띠로 전이하기 위해서는 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 하므로, (가)에서 전자가 흡수한 에너지는 E_0 이상이다.

3 (가)에서 원자가 띠의 전자가 에너지를 얻어 전도띠로 전이하면 원자가 띠에는 전자가 빈 자리인 양공이 생긴다.

4 전자가 전도띠에서 원자가 띠로 전이할 때 띠 간격에 해당하는 에너지를 갖는 광자가 방출되므로, (나)에서 방출되는 광자의 에너지는 E_0이다.

5 전자가 전도띠에서 원자가 띠로 전이할 때 띠 간격에 해당하는 에너지를 갖는 광자가 방출되므로, (나)에서 띠 간격이 작을수록 광자의 에너지는 작아진다.

6 같은 양자 상태에 2개 이상의 전자가 있을 수 없다는 파울리의 배타 원리에 의해 고체를 구성하는 원자의 에너지 준위는 영향을 주는 원자의 수만큼 미세하게 변한다. 따라서 고체의 에너지띠는 많은 수의 에너지 준위가 미세한 차를 두고 거의 연속적으로 분포되어 있으므로, (나)에서 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 다르다.

자료❸ 다이오드

1 A는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 5개인 비소(As)를 첨가함으로써 공유 결합에 참여하지 못한 전자 1개가 남았으므로 n형 반도체이다.

2 A에서 원자가 전자 4쌍이 공유 결합할 때 전자 1개가 남았으므로 비소(As)의 원자가 전자는 5개이다.

3 A는 n형 반도체로, 공유 결합하고 남은 전자가 주로 전하를 운반하여 전류가 흐르게 한다.

4 불순물 반도체에서는 도핑으로 인해 자유 전자나 양공의 수가 크게 증가하므로 전기 전도성이 좋아진다. 따라서 A의 전기 전도성은 순수(고유) 반도체보다 좋다.

5 B는 저마늄(Ge)에 원자가 전자가 3개인 인듐(In)을 도핑함으로써 공유 결합할 전자 1개가 부족하여 양공이 생겼으므로 p형 반도체이다.

6 B에서 원자가 전자 4쌍이 공유 결합할 때 전자 1개가 부족하여 양공이 생겼으므로 인듐(In)의 원자가 전자는 3개이다.

7 상온의 순수 반도체에서는 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하므로 원자가 띠에 양공이, 전도띠에 자유 전자가 생긴다. 따라서 순수 반도체에서는 양공의 수와 자유 전자의 수가 같다. 그러나 B와 같은 불순물 반도체에서는 인듐(In)을 첨가함으로써 양공이 더 생겼으므로 양공의 수가 자유 전자의 수보다 많다.

8 (나)에서 n형 반도체인 A를 (+)전극에 연결하고 p형 반도체인 B를 (−)전극에 연결하였으므로 다이오드에 역방향 전압이 걸린다.

9 (나)에서 역방향 전압이 걸린 다이오드에서는 p형 반도체의 양공과 n형 반도체의 전자가 p−n 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

자료❹ 다이오드

1 스위치를 a에 연결할 때 P, Q가 모두 켜졌고, b에 연결할 때 P는 켜지고 Q는 켜지지 않았으므로 X에는 전원의 방향에 관계없이 전류가 흐른다. 따라서 X는 저항이다.

2 스위치를 a에 연결할 때는 Q가 켜졌으나 b에 연결할 때는 Q가 켜지지 않았으므로, Y는 한 방향의 전류만 흐르게 하는 다이오드이다.

3 Y와 같은 다이오드는 순방향 전압이 걸릴 때 전류가 다이오드를 통과하고, 역방향 전압이 걸릴 때 전류가 다이오드를 통과하지 못하므로 정류 작용을 할 수 있다.

4 스위치를 a에 연결할 때 P, Q가 모두 켜졌으므로 전류가 다이오드를 통과하였다. 따라서 스위치를 a에 연결하면 다이오드에 순방향 전압이 걸린다.

5 스위치를 b에 연결할 때 Q는 켜지지 않았으므로 다이오드에 역방향 전압이 걸린다. 역방향 전압이 걸리면 다이오드의 n형 반도체에 있는 전자와 p형 반도체에 있는 양공은 p−n 접합면에서 멀어지는 방향으로 이동한다.

수능 1점

본책 99쪽

1 ㄱ **2** (가) 원자가 띠 (나) 띠 간격 (다) 전도띠 **3** ㄱ, ㄴ
4 (1) 반도체 (2) 절연체 (3) 도체 **5** ⑤ **6** (1) p (2) 많 (3) 3
(4) 작아 **7** ㄴ, ㄷ **8** (1) 발광 다이오드(LED) (2) 광 다이오드

1 ㄱ. 에너지띠는 고체에서 나타난다.
바로알기 ㄴ. 한 에너지띠는 수많은 에너지 준위가 서로 일치하지 않도록 미세하게 차를 두고 나누어져 거의 연속적인 띠를 이룬 것이므로, 한 에너지띠에 속하는 전자의 에너지는 모두 같지 않다.
ㄷ. 고체 내의 전자들은 에너지띠에 해당하는 에너지는 가질 수 있지만, 띠 간격에 해당하는 에너지는 가질 수 없다.

2 (가) 전자가 채워진 에너지띠 중에서 에너지가 가장 큰 띠로 원자가 띠이다.
(나) 원자가 띠의 가장 높은 에너지 준위와 전도띠의 가장 낮은 에너지 준위의 에너지 차로 띠 간격이다.
(다) 전자가 모두 채워진 원자가 띠 바로 위의 전자가 채워지지 않은 띠로 전도띠이다.

3 ㄱ. 전기 전도도는 비저항과 역수의 관계이므로, 전기 전도성은 물질의 비저항이 클수록 나쁘다.
ㄴ. 물체 내에서 전류가 흐를 수 있는 정도를 전기 전도성이라고 하며, 고체의 전기 전도성은 도체>반도체>절연체 순이다.
바로알기 ㄷ. 반도체의 띠 간격이 작을수록 전자가 적은 에너지를 흡수해도 원자가 띠에서 전도띠로 쉽게 이동하여 전류가 잘 흐를 수 있으므로 전기 전도성이 좋다.

4 (1) 띠 간격이 절연체보다 작은 것은 반도체이다.
(2) 띠 간격이 매우 큰 것은 절연체(부도체)이다.
(3) 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐진 것은 도체이다.

5 ① 규소(Si) 원자의 원자가 전자 4개는 이웃한 원자와 공유 결합을 하여 안정한 구조를 이룬다.
② 인(P)으로 도핑하여 원자가 전자 4쌍이 공유 결합하고 전자 1개가 남았으므로, 인(P)의 원자가 전자는 5개이다.
③ 불순물을 도핑하면 공유 결합을 이루면서 전자가 남는 것은 n형 반도체이다.
④ n형 반도체에서는 전자가 주로 전하를 운반한다.
바로알기 ⑤ 불순물 반도체는 순수 반도체보다 전기 전도성이 좋다.

6 (1) 원자가 띠에 전자가 전도띠로 전이하면서 생긴 양공 외에 도핑으로 인해 생긴 양공이 있으므로 p형 반도체이다.
(2) 원자가 띠에는 전자가 전도띠로 전이하면서 생긴 양공 외에 도핑으로 인해 생긴 양공이 있고, 전도띠에는 전이한 전자만 있으므로 양공의 수가 전자의 수보다 많다.
(3) 도핑으로 인해 공유 결합을 할 전자가 부족하여 전자의 빈 자리인 양공이 생기는 경우는 원자가 전자가 3개인 물질로 도핑하는 경우이다.
(4) 원자가 띠 위에 불순물에 의한 새로운 에너지 준위가 생겼으므로, 띠 간격은 도핑하기 전보다 작아진다.

7 ㄴ. 스위치를 b에 연결하면 p형 반도체는 전원의 (+)극에, n형 반도체는 전원의 (−)극에 연결되어 순방향 전압이 걸리므로, n형 반도체의 전자와 p형 반도체는 양공은 p−n 접합면으로 이동하여 전류가 흐른다.
ㄷ. 다이오드는 전류를 한쪽 방향으로만 흐르게 하는 정류 작용을 하므로, 교류를 직류로 바꾸어 주는 정류 회로에 이용한다.
바로알기 ㄱ. 스위치를 a에 연결하면 p형 반도체는 전원의 (−)극에, n형 반도체는 전원의 (+)극에 연결되므로 역방향 전압이 걸려 전류가 흐르지 않는다. 따라서 전구에 불이 켜지지 않는다.

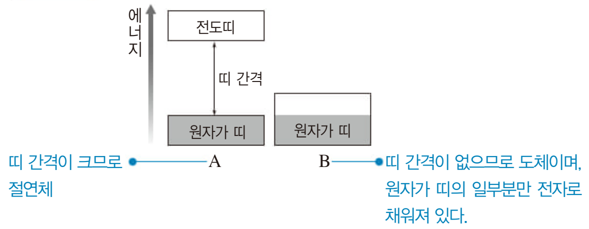
8 (1) 전류가 흐를 때 빛을 방출하는 다이오드는 발광 다이오드(LED)이다. 전도띠에 있던 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 에너지를 빛으로 방출한다.
(2) 빛을 비추면 전류가 흐르는 다이오드는 광 다이오드이다.

수능 2점 본책 100쪽～101쪽

1 ⑤	2 ②	3 ①	4 ⑤	5 ②	6 ①
7 ④	8 ③				

1 고체의 에너지띠 구조

자료 분석

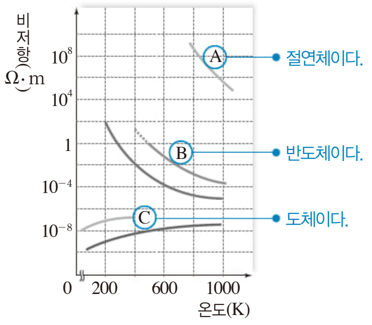


선택지 분석
ㄱ. A는 절연체이다.
ㄴ. A에서 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 띠 간격 이상의 에너지를 얻어야 한다.
ㄷ. B에는 상온에서 원자 사이를 자유롭게 이동할 수 있는 전자들이 많다.

ㄱ. A와 B는 각각 도체와 절연체 중 하나이므로, 띠 간격이 큰 A는 절연체이다.
ㄴ. 원자가 띠의 에너지보다 전도띠의 에너지가 더 크므로, 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 원자가 띠의 가장 높은 에너지 준위와 전도띠의 가장 낮은 에너지 준위의 에너지 차에 해당하는 띠 간격 이상의 에너지를 얻어야 한다.
ㄷ. B는 도체로 원자가 띠의 일부분만 전자가 채워져 있다. 따라서 상온에서 전자들이 원자가 띠의 빈 에너지 준위로 자유롭게 옮겨 다닐 수 있으므로, 원자 사이를 이동할 수 있는 자유 전자들이 많다.

2 고체의 전기 전도성

자료 분석
• 비저항이 클수록 전기 전도도는 작다.
• 전기 전도도가 클수록 전류가 잘 흐른다.



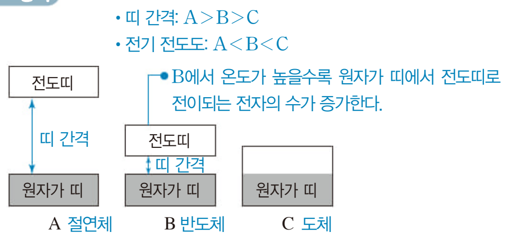
선택지 분석
① A는 도체이다. 절연체
② B는 온도가 높아질수록 전기 전도도가 커진다.
③ 에너지띠의 띠 간격은 A가 B보다 작다. 크다.
④ C는 자유 전자가 없다. 있다.
⑤ C는 도선의 피복으로 사용된다. 도선으로

물질의 저항은 물체의 길이에 비례하고, 단면적에 반비례한다. 이때 비례 상수를 비저항이라고 한다. 전기 전도도는 물질에 전류가 흐르는 정도를 나타내는 양으로, 비저항의 역수와 같다. 즉, 전기 전도도는 비저항에 반비례한다.
② B는 반도체이며, 온도가 높아질수록 비저항이 감소하므로 전기 전도도가 커진다.
바로알기 ① A는 비저항이 가장 커서 전기 전도도가 작은 절연체이다.
③ 고체의 에너지띠에서 띠 간격은 절연체인 A가 반도체인 B보다 크다.
④ C는 도체이며, 원자가 띠의 일부분만 전자가 채워져 있거나 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 있기 때문에 빈 에너지 준위로 자유롭게 옮겨 다니는 자유 전자가 있다.

⑤ C는 도체이므로 전류가 흐르는 도선으로 사용된다. 도선의 피복으로 사용되는 것은 비저항이 커서 전기 전도도가 작은 절연체인 A이다.

3 고체의 에너지띠 구조

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. A는 절연체이다.

~~ㄴ~~. 실온에서 전기 전도성은 B가 C보다 좋다. 나쁘다.

~~ㄷ~~. 온도가 높을수록 B에서 양공의 수는 줄어든다. 늘어난다.

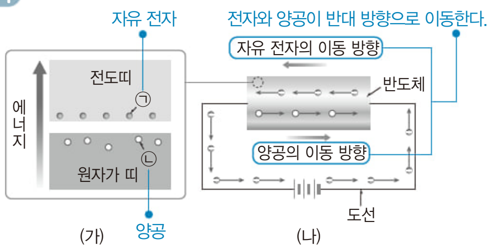
ㄱ. A는 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 가장 크므로 절연체이다.

바로알기 ㄴ. B는 반도체로, 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하면 전도띠로 이동하여 전류가 흐를 수 있다. C는 도체로, 띠 간격이 없으므로 전자가 약간의 에너지만 흡수해도 원자가 띠의 비어 있는 곳으로 이동하여 전류가 흐른다. 따라서 실온에서 전기 전도성은 C가 B보다 좋다.

ㄷ. B에서 온도가 높을수록 에너지를 얻어 원자가 띠에서 전도띠로 전이되는 전자의 수가 증가하므로 원자가 띠에 있는 양공의 수는 늘어난다.

4 순수 반도체의 에너지띠 구조

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (가)에서 ㉠은 전자, ㉡는 양공을 나타낸다.

~~ㄴ~~. (나)의 도선에서 전자와 양공의 이동으로 전류가 흐른다. 전자의

ㄷ. (나)의 반도체에서 전자와 양공이 서로 반대 방향으로 이동한다.

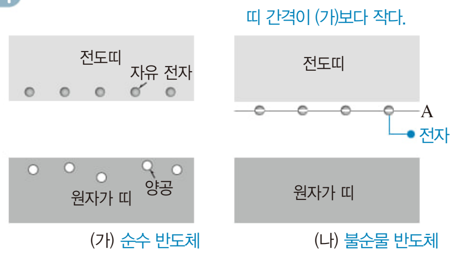
ㄱ. 원자가 띠에서 전도띠로 전이한 ㉠은 전자, 원자가 띠에 전자가 빠져나가 생긴 ㉡은 양공이다.

ㄷ. 반도체에서 전류가 흐를 때 음(−)전하를 띤 전자와 양(+)전하를 띤 양공이 서로 반대 방향으로 이동한다.

바로알기 ㄴ. 도선에서는 자유 전자의 이동으로 전류가 흐른다.

5 순수 반도체와 불순물 반도체의 에너지띠 구조

자료 분석



선택지 분석

~~A~~: (나)는 p형 반도체의 에너지띠 구조야. n형

B: 띠 간격은 (나)가 (가)보다 작아.

~~C~~: (나)에서 A는 양공에 의한 에너지 준위를 나타낸 거야. 전자

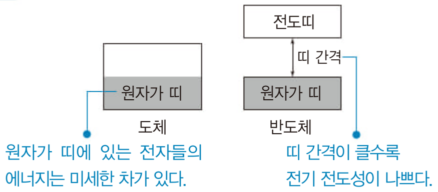
• B: (가)는 순수 반도체이고, (나)는 불순물 반도체이다. 순수 반도체의 전기 전도성보다 불순물 반도체의 전기 전도성이 더 좋으므로, 띠 간격은 (나)가 (가)보다 작다.

바로알기 • A: (나)에서 전도띠 아래 생긴 새로운 에너지 준위는 도핑에 의해 생긴 전자에 의한 것이므로, (나)는 원자가 전자가 5개인 불순물로 도핑한 n형 반도체이다.

• C: (나)의 불순물 반도체에서 전도띠 아래 생긴 새로운 에너지 준위인 A는 전자에 의한 에너지 준위를 나타낸 것이다.

6 도체와 반도체

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ~~. 원자가 띠에 있는 전자의 에너지 준위는 모두 같다. 다르다.

ㄴ. 반도체에서 전자가 원자가 띠에서 전도띠로 전이하면 원자가 띠에 양공이 생긴다.

~~ㄷ~~. 전기 전도성은 반도체가 도체보다 좋다. 나쁘다.

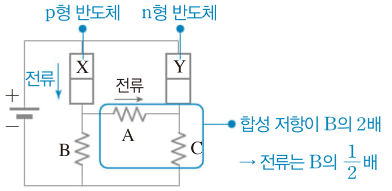
ㄴ. 반도체에서 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수하여 전도띠로 전이하면 원자가 띠에는 전자가 빈 자리인 양공이 생긴다.

바로알기 ㄱ. 같은 양자 상태에 2개 이상의 전자가 있을 수 없다는 파울리의 배타 원리에 의해 고체를 구성하는 원자의 에너지 준위는 영향을 주는 원자의 수만큼 미세하게 변한다. 따라서 고체의 에너지띠는 많은 수의 에너지 준위가 미세한 차를 두고 거의 연속적으로 분포되어 있으므로, 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 다르다.

ㄷ. 도체는 띠 간격이 없으므로 전자가 약간의 에너지만 흡수해도 원자가 띠의 비어 있는 곳으로 이동하여 전류가 흐르지만, 반도체는 원자가 띠의 전자가 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 전도띠로 이동하여 전류가 흐를 수 있다. 따라서 전기 전도성은 반도체가 도체보다 나쁘다.

7 p−n 접합 다이오드 회로 분석

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. X에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
~~ㄴ.~~ Y는 p형 반도체이다. **n형**
ㄷ. 전류의 세기는 B에서가 C에서보다 크다.

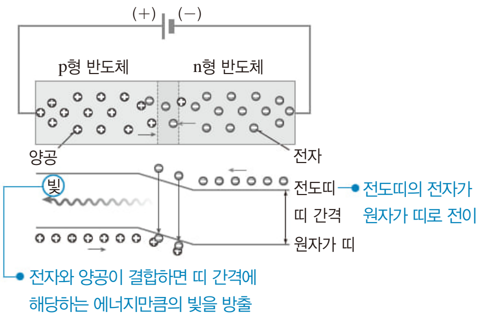
ㄱ. A에 전류가 화살표 방향으로 흐르므로, X가 표시된 다이오드에도 전류가 흐르며 순방향 전압이 걸린 것을 알 수 있다. 따라서 전원 장치의 (+)극에 연결된 X는 p형 반도체로 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

ㄷ. A와 C는 직렬 연결되어 있고, (A, C)와 B는 병렬 연결되어 있다. 병렬 연결된 저항에 걸린 전압은 같고, 전압이 같을 때 전류는 저항에 반비례한다. A와 C의 저항의 합은 B의 저항의 2배이므로, A와 C에 흐르는 전류의 세기는 B에 흐르는 전류의 세기의 $\frac{1}{2}$배이다. 따라서 전류의 세기는 B에서가 C에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. 순방향 전압이 걸린 왼쪽 다이오드의 X가 p형 반도체이므로, 역방향 전압이 걸린 오른쪽 다이오드의 Y는 n형 반도체이다.

8 발광 다이오드(LED)에서 빛이 방출되는 원리

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 발광 다이오드에서 방출되는 빛에너지는 반도체의 띠 간격과 같다.
ㄴ. 띠 간격에 따라 다른 색깔의 빛이 방출된다.
~~ㄷ.~~ 빛이 방출될 때 원자가 띠(→ 전도띠)의 전자가 전도띠(→ 원자가 띠)로 전이한다.

ㄱ. 전도띠에 있던 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출하므로, 발광 다이오드에서 방출되는 빛에너지는 반도체의 띠 간격과 같다.

ㄴ. 띠 간격에 따라 파장이 다른 빛이 방출되므로 다른 색깔의 빛이 방출된다.

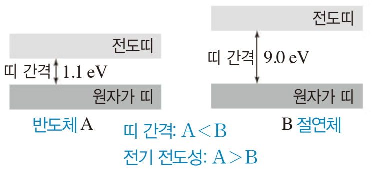
바로알기 ㄷ. 빛이 방출될 때 전도띠의 전자가 원자가 띠로 전이하여 양공과 결합한다.

수능 3점 본책 102쪽~103쪽

1 ⑤ 2 ③ 3 ⑤ 4 ③ 5 ① 6 ⑤ 7 ③

1 반도체와 절연체

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. A는 반도체이다.
ㄴ. 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.
ㄷ. 단위 부피당 전도띠에 있는 전자 수는 A가 B보다 많다.

ㄱ. 띠 간격은 반도체가 절연체보다 작으므로, 띠 간격이 작은 A가 반도체이다.

ㄴ. 띠 간격이 작을수록 원자가 띠의 전자가 전도띠로 쉽게 이동하여 전류가 흐르므로 전기 전도성이 좋다. 따라서 전기 전도성은 띠 간격이 작은 A가 띠 간격이 큰 B보다 좋다.

ㄷ. 띠 간격이 작을수록 원자가 띠의 전자가 전도띠로 쉽게 이동할 수 있으므로 단위 부피당 전도띠에 있는 전자 수가 많다. 따라서 단위 부피당 전도띠에 있는 전자 수는 띠 간격이 작은 A가 띠 간격이 큰 B보다 많다.

2 고체의 전기 전도도

자료 분석

㉠=단면적　　㉡=25 ➡ ㉡<50

막대	㉠ (cm^2)	길이 (cm)	저항값 (kΩ)	전기 전도도 (1/Ω·m)
a	0.20	1.0	㉡	2.0×10^{-2}
b	0.20	2.0	50	2.0×10^{-2}
c	0.20	3.0	75	2.0×10^{-2}

저항값: 길이에 비례한다.　전기 전도도: 길이에 관계 없이 일정하다.

선택지 분석

ㄱ. 단면적은 ㉠에 해당한다.
~~ㄴ.~~ ㉡은 50보다 크다. **작다.**
ㄷ. X의 전기 전도도는 막대의 길이에 관계없이 일정하다.

ㄱ. 원기둥 모양 막대의 저항값은 같은 물질로 이루어졌더라도 막대의 길이와 단면적에 따라 달라지므로, 저항값을 측정하는 실험을 할 때 막대의 길이와 단면적을 측정해야 한다. 따라서 단면적은 ㉠에 해당한다.

ㄷ. 실험 결과로부터 a, b, c의 길이에 관계없이 a, b, c의 전기 전도도가 일정한 것을 알 수 있다. 즉, X의 전기 전도도는 막대의 길이에 관계없이 일정하다.

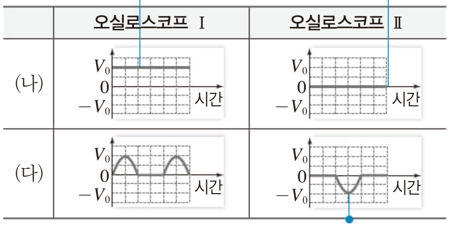
바로알기 ㄴ. a와 b는 단면적이 같지만 길이는 b가 a의 2배이다. 단면적이 같을 때 저항값은 막대의 길이에 비례하므로 a의 저항값 ㉡은 b의 저항값 50보다 작다.

3 p−n 접합 다이오드 회로 분석

자료 분석

A에 전류가 흐른다.
➡ 순방향 전압이 걸린다.
➡ X: p형 반도체

B에 전류가 흐르지 않는다.
➡ 역방향 전압이 걸린다.
➡ Y: n형 반도체



B에 전류가 흐른다.
➡ 순방향 전압이 걸린다.
➡ Y의 전자가 접합면 쪽으로 이동한다.

선택지 분석

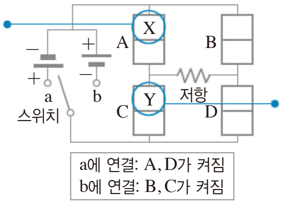
ㄱ. X는 p형 반도체이다.
ㄴ. (나)의 A에는 순방향 전압이 걸려 있다.
ㄷ. (다)의 Ⅱ에서 전압이 $-V_0$일 때, B에서 Y의 전자는 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.

ㄱ. (나)에서 스위치를 직류 전원에 연결할 때 Ⅰ에만 전압이 측정되므로 A에만 전류가 흐른다. 이때 직류 전원의 (+)극 쪽에 연결된 A의 X는 p형 반도체이다. 한편 B의 Y는 n형 반도체이다.
ㄴ. (나)에서 스위치를 직류 전원에 연결하였을 때 A에 전류가 흐르므로 순방향 전압이 걸려 있다.
ㄷ. (다)에서 스위치를 교류 전원에 연결하면 Ⅱ에서 전압이 $-V_0$으로 측정될 때 B에 전류가 흐른다. 이때 B에는 순방향 전압이 걸린 것이므로 n형 반도체인 Y의 전자는 p−n 접합면 쪽으로 이동한다.

4 p−n 접합 다이오드 회로 분석

자료 분석

스위치를 a에 연결했을 때 켜지므로 X는 n형 반도체이다.



스위치를 b에 연결했을 때 켜지므로 Y는 p형 반도체이다.

선택지 분석

ㄱ. X는 n형 반도체이다.
ㄴ. 스위치를 b에 연결했을 때, Y에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.
~~ㄷ.~~ 스위치를 a에 연결했을 때와 b에 연결했을 때에 저항에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다. 같다.

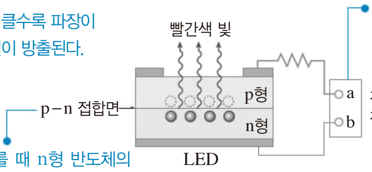
ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때 A가 켜졌으므로 A에 순방향 전압이 걸린 것이다. 따라서 전원 장치의 (−)극에 연결된 X는 n형 반도체이다.
ㄴ. 스위치를 b에 연결했을 때 C가 켜졌으므로 C에 순방향 전압이 걸린 것이다. 따라서 전원 장치의 (+)극 쪽으로 연결된 Y는 p형 반도체이며, p형 반도체인 Y에서는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

바로알기 ㄷ. 스위치를 a에 연결하면 A와 D가 켜지므로 저항에 흐르는 전류의 방향은 D → 저항 → A로 왼쪽 방향이다. 또, b에 연결하면 B와 C가 켜지므로 저항에 흐르는 전류의 방향은 B → 저항 → C로 왼쪽 방향이다. 따라서 스위치를 a에 연결했을 때와 b에 연결했을 때에 저항에 흐르는 전류의 방향은 왼쪽 방향으로 서로 같다.

5 발광 다이오드(LED)의 원리

자료 분석

띠 간격이 클수록 파장이 더 짧은 빛이 방출된다.



a는 p형 반도체 쪽에 연결되어 있으므로 (+)극이다.

전류가 흐를 때 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자는 p−n 접합면으로 이동하게 된다.

선택지 분석

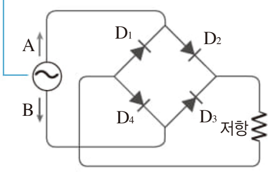
ㄱ. 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.
~~ㄴ.~~ n형 반도체의 전도띠에 있는 전자가 p−n 접합면으로부터 멀어진다. 접합면으로 이동한다.
~~ㄷ.~~ 띠 간격이 더 큰 발광 다이오드를 연결하면 파장이 더 긴 빛이 방출된다. 짧은

ㄱ. 빛이 나오는 발광 다이오드(LED)에 순방향 전압이 걸려 있으므로, p형 반도체에 연결된 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.
바로알기 ㄴ. 다이오드에 순방향 전압이 걸려 전류가 흐를 때 n형 반도체의 전도띠에 있는 전자는 p−n 접합면으로 이동하게 된다.
ㄷ. 띠 간격이 클수록 전이하는 전자의 에너지 준위 차가 크므로 파장이 더 짧은 빛이 방출된다.

6 다이오드를 이용한 정류 회로

자료 분석

교류는 주기적으로 전류의 방향이 A 또는 B 방향으로 바뀐다.



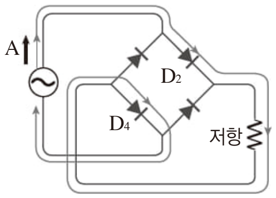
정류 회로

• 다이오드에 순방향 전압이 걸릴 때의 회로 기호

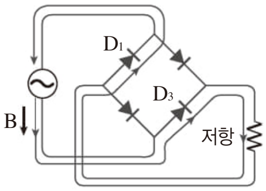
선택지 분석

ㄱ. 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때 D_2, D_4에 전류가 흐른다.
ㄴ. 저항에는 항상 같은 방향으로 전류가 흐른다.
ㄷ. 휴대폰 충전기에 사용된다.

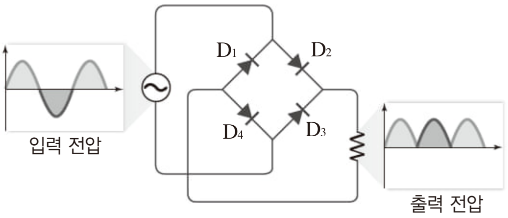
ㄱ. 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때 그림과 같이 D_2, D_4에 전류가 흐른다.



ㄴ. 교류 전류가 B 방향으로 흐를 때 그림과 같이 저항에 흐르는 전류의 방향은 교류 전류가 A 방향으로 흐를 때와 같이 아래쪽이다. 따라서 저항에는 항상 같은 방향으로 전류가 흐른다.

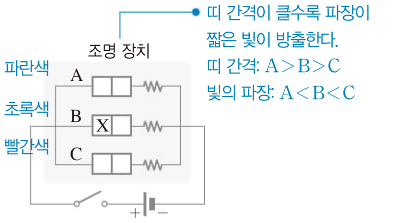


ㄷ. 정류 회로는 교류를 직류로 바꾸는 정류 작용을 하므로, 직류를 사용하는 휴대폰 충전기에 사용된다.



7 발광 다이오드를 이용한 빛의 합성

자료 분석



실험 과정	(나)	(다)	(라)
조명 장치의 색	㉠	자홍색	백색
	초(B)	파(A)+빨(C)	파(A)+초(B)+빨(C)

선택지 분석

ⓞ ㄱ A는 파란색 빛을 내는 LED이다.
✕ ㄴ X는 n형 반도체이다. p형
ⓞ ㄷ ㉠은 초록색이다.

띠 간격이 클수록 파장이 짧은 빛이 방출되므로 A는 파란색 빛, B는 초록색 빛, C는 빨간색 빛을 내는 LED이다.

ㄱ. 발광 다이오드에 전류가 흐를 때, 접합면에서 전도띠에 있던 전자가 원자가 띠의 양공으로 전이하면서 띠 간격에 해당하는 만큼의 에너지를 빛으로 방출한다. 이때 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격이 클수록 에너지가 큰 빛이 방출된다. 광자 1개의 에너지가 큰 빛일수록 파장이 짧으므로, 띠 간격이 가장 큰 LED인 A가 파장이 가장 짧은 파란색 빛을 내는 LED이다.

ㄷ. (다)에서 B만 켜지지 않았으므로, (다)와 전지의 방향이 반대인 (나)에서는 B만 켜져 빛이 방출된 것이다. 따라서 ㉠은 초록색이다.

바로알기 ㄴ. (다)에서 전지의 방향을 반대로 바꾸고 실험한 결과에서 나타난 자홍색은 파란색 빛을 내는 A와 빨간색 빛을 내는 C가 켜진 결과이며, 초록색 빛을 내는 B는 켜지지 않았다. 따라서 B에 역방향 전압이 걸린 것이며, 전원의 (−)극에 연결된 X는 p형 반도체이다.

10 전류에 의한 자기장

개념 확인 본책 105쪽

(1) 자기장, N (2) 전류 (3) 비례, 반비례 (4) 전류의 세기, 반지름 (5) 전류 (6) 자기

수능 자료 본책 106쪽

자료❶ 1 × 2 × 3 ○ 4 ○ 5 ×

자료❷ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ×

자료❸ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 ○ 5 ×

자료❶ 직선 전류에 의한 자기장

1 오른손 엄지손가락이 전류의 방향을 가리키도록 했을 때 나머지 네 손가락을 감아쥐는 방향이 자기장의 방향이므로, p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 같다.

2 p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로 음(−)이지만, C의 위치 x가 $-d<x<0$일 때 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 양(+)이다. 따라서 C의 위치 x가 $-d<x<0$일 때 p에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로, C에 흐르는 전류의 방향은 아래 방향이다. 즉, 전류의 방향은 B에서와 C에서가 서로 같다.

3 전류의 방향이 B에서와 C에서가 같으므로 C의 위치가 $x=\frac{d}{5}$일 때 p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 그러나 C의 위치가 $x=-\frac{d}{5}$일 때는 p에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이지만, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 p에서 자기장의 세기는 C의 위치가 $x=\frac{d}{5}$일 때가 $x=-\frac{d}{5}$일 때보다 크다.

4 전류에 의한 자기장의 세기는 도선으로부터의 거리에 반비례하고, 전류의 세기에 비례한다. p에서 자기장이 0이 되려면 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이어야 한다. 즉, p에서 자기장이 0이 되는 C의 위치는 $x<0$인 곳에 있다. p에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0이 되는 식 $-k\frac{4I_0}{2d}-k\frac{2I_0}{2d}+k\frac{5I_0}{(-x)}=0$에서 $x=-\frac{5}{3}d$이다. 따라서 p에서의 자기장이 0이 되는 C의 위치는 $x=-2d$와 $x=-d$ 사이에 있다.

5 C가 $x=-d$에 있을 때 p에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $-k\frac{4I_0}{2d}+k\frac{5I_0}{d}=k\frac{3I_0}{d}$이고, B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $-k\frac{2I_0}{2d}=-k\frac{I_0}{d}$이다. 따라서 C가 $x=-d$에 있을 때

p에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기의 3배이다.

자료❷ 직선 전류에 의한 자기장

1 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점이 두 도선의 바깥쪽, 즉 B의 오른쪽에 있으므로 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이다.

2 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다. A와 B에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대일 때, A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점이 B에 더 가까우므로, B에 흐르는 전류의 세기는 A에 흐르는 전류의 세기 I_0보다 작다.

3 $x=-\frac{3}{2}d$는 A에 더 가깝고, A에 흐르는 전류의 세기가 B에 흐르는 전류의 세기보다 크다. 따라서 $x=-\frac{3}{2}d$에서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 A에 의한 자기장의 방향과 같은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

4 $x=-\frac{1}{2}d$에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 모두 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 A, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $x=-\frac{1}{2}d$에서와 $x=-\frac{3}{2}d$에서가 서로 반대이다.

자료❸ 원형 전류에 의한 자기장

1 실험 Ⅰ에서 A에만 전류가 흐르므로, O에서의 자기장은 A에 흐르는 전류에 의한 자기장이다. 오른손 엄지손가락이 A에 흐르는 전류의 방향을 가리키도록 했을 때, 나머지 네 손가락을 감아쥐는 방향인 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로, ㉠은 '⊙'이다.

2 실험 Ⅰ에서 O에서의 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이므로, 실험 Ⅱ에서와 같이 O에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이 되려면, B에 흐르는 전류의 방향은 A에 흐르는 전류의 방향과 반대이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

3 실험 Ⅰ과 실험 Ⅲ에서 O에서의 자기장 세기가 B_0으로 같은 것으로 보아, 실험 Ⅲ의 O에서 B와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같고 방향은 반대이다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 B에 흐르는 전류의 방향과 반대이다.

4 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원의 반지름에 반비례한다. 실험 Ⅲ의 O에서 B와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같고 방향은 반대일 때, 반지름이 큰 C에 흐르는 전류의 세기가 반지름이 작은 B에 흐르는 전류의 세기보다 크다. 즉, $I_B<I_C$이다.

5 실험 Ⅰ의 O에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장이 B_0(⊙)일 때, 실험 Ⅱ의 O에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장이 $0.5B_0$(⊗)이려면 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $1.5B_0$(⊗)이어야 한다. 실험 Ⅲ의 O에서 B와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같고 방향은 반대이므로, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $1.5B_0$(⊙)이다. 따라서 실험 Ⅲ의 O에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $1.5B_0$이다.

수능 1점 본책 107쪽

1 $4B$ **2** ① **3** (1) A: 남쪽, B: 북쪽, C: 남쪽 (2) ㄴ **4** (1) 시계 방향 (2) I **5** ㄱ, ㄴ **6** $-y$ 방향 **7** ㄱ, ㄴ, ㄹ

1 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례하므로, (가)에서 $B=k\frac{I}{2r}$일 때 (나)에서 $B_b=k\frac{2I}{r}=4B$이다.

2 두 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대일 때 두 도선 바깥쪽에서 자기장의 방향이 반대이므로, 합성 자기장의 세기가 0인 지점이 두 도선 바깥쪽에 존재한다. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례하므로, 전류가 더 세게 흐르는 도선으로부터 먼 곳에서 자기장의 세기가 0이 된다. 따라서 $x<-L$인 영역에서 자기장의 세기가 0인 지점이 존재한다.

3 (1) 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른손 엄지손가락으로 전류의 방향을 가리키며 도선을 감아쥘 때 나머지 네 손가락이 가리키는 방향이다. 따라서 원의 중심 B에서 자기장의 방향은 뒤쪽인 북쪽이며, 원의 바깥쪽 A, C에서 자기장의 방향은 앞쪽인 남쪽이다.

(2) ㄴ. 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하므로, 전류의 세기를 증가시키면 B 지점에서 전류에 의한 자기장의 세기가 증가한다.

바로알기 ㄱ. 원형 도선 중심에서 자기장의 세기는 원의 반지름에 반비례하므로, 원의 반지름을 증가시키면 B 지점에서 전류에 의한 자기장의 세기가 감소한다.

ㄷ. 원형 도선 내부에서 자기장의 방향은 전류의 방향에 따라 달라지므로, 전류의 방향을 반대로 하면 B 지점에서 자기장의 방향만 반대로 바뀔 뿐 자기장의 세기는 변하지 않는다.

4 (1) 원형 도선 내부에서 자기장의 방향은 오른손 엄지손가락이 전류의 방향을 가리키도록 했을 때 나머지 네 손가락을 감아쥐는 방향이다. (가)에서 a의 중심 P에서 자기장의 방향이 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고 자기장의 세기가 B일 때, (나)의 Q에서 a, b에 의한 합성 자기장의 세기가 B이려면 b에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고 자기장의 세기는 $2B$가 되어야 한다. 따라서 b에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

(2) 원형 도선에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고 원의 반지름에 반비례한다. a에 의한 자기장의 세기가 $B=k'\frac{I}{2r}$일 때, b에 의한 자기장의 세기가 $2B$가 되려면 $2B=k'\frac{I_b}{r}$에서 b에 흐르는 전류의 세기는 $I_b=I$이다.

5 ㄱ. 오른손 네 손가락으로 코일에 흐르는 전류의 방향으로 감아쥘 때 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서의 자기장의 방향이므로, A의 내부에서 자기장의 방향은 왼쪽이다.
ㄴ. 솔레노이드에서 자기장의 세기는 단위 길이당 감은 수에 비례하므로, 내부에서 자기장의 세기는 A가 B보다 작다.
바로알기 ㄷ. A의 오른쪽은 S극, B의 왼쪽은 N극이 되는 자기장이 형성되므로 A와 B 사이에는 인력이 작용한다.

6 자기장 속에서 전류가 받는 자기력의 방향은 오른손 네 손가락을 자기장의 방향, 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 손바닥이 향하는 방향이므로 $-y$ 방향이다.

7 ㄱ. 전동기는 자석 사이의 코일에 전류가 흐를 때 코일이 자기력을 받아 회전하는 장치이다.
ㄴ. 스피커는 코일에 흐르는 전류가 변할 때 자석과 코일 사이에 작용하는 자기력의 크기와 방향이 바뀌면서 진동판이 진동하므로 소리가 발생하는 장치이다.
ㄹ. MRI는 초전도체로 만든 솔레노이드의 강한 자기장을 이용해 인체 내부의 영상을 얻는다.
바로알기 ㄷ. 발전기는 전자기 유도를 이용한 장치이다.

수능 2점

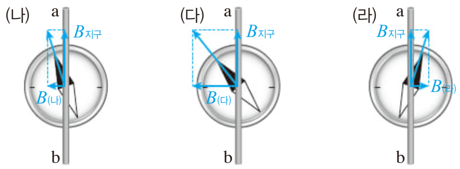
본책 108쪽~109쪽

1 ④ 2 ④ 3 ⑤ 4 ② 5 ⑤ 6 ⑤
7 ③ 8 ④

1 전류에 의한 자기장 실험

자료 분석

북쪽을 향하는 지구 자기장은 세기가 같지만 전류에 의한 자기장의 세기와 방향이 다음과 같으므로 나침반의 자침이 회전한 방향과 각도가 다른 것이다.



선택지 분석

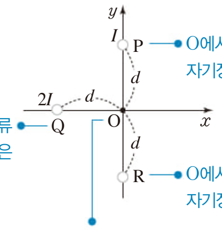
~~ㄱ. (나)에서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 a → b 방향이다.~~ b → a 방향
ⓛ 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다.
ⓒ '전원 장치의 (+), (−)단자에 연결된 집게를 서로 바꿔 연결한 후'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. (나)에서 나침반의 자침이 돌아간 각도가 (다)에서 나침반의 자침이 돌아간 각도보다 작다는 것은 전류에 의한 자기장의 세기가 작기 때문이다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 (나)에서가 (다)에서보다 작다.
ㄷ. (라)에서 나침반의 자침이 회전한 방향이 (나)와 (다)의 경우와 반대 방향이라는 것은 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대인 것을 의미한다. 따라서 (라)는 전원 장치의 (+), (−)단자에 연결된 집게를 서로 바꿔 연결하여 실험한 경우이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 나침반의 자침이 서쪽으로 회전했으므로 북쪽을 향하는 지구 자기장과 서쪽을 향하는 전류에 의한 자기장이 합성되었다는 것을 의미한다. 따라서 직선 도선에 흐르는 전류의 방향은 b → a 방향이다.

2 직선 전류에 의한 자기장

자료 분석



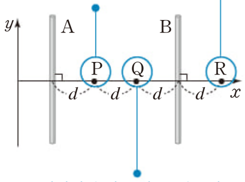
선택지 분석

㉠ 도선에 흐르는 전류의 방향은 P와 R에서 같다.
ⓛ R에 흐르는 전류의 세기는 I이다.
~~ㄷ. O에서 R에 의한 자기장의 세기는 B_0이다.~~ $\frac{B_0}{2}$

ㄱ, ㄴ. O에서 P, Q, R에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향이 $+y$ 방향이기 위해서는 P와 R가 O에 만드는 자기장의 세기는 같고 방향이 반대가 되어 두 자기장이 상쇄되어야 한다. 따라서 P와 R에 흐르는 전류의 방향은 같고 세기도 같으므로 R에 흐르는 전류의 세기는 I이다.
바로알기 ㄷ. O에서 합성 자기장의 세기 B_0은 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기이다. O로부터 R나 Q까지의 거리는 같지만 전류의 세기는 R에서가 Q에서의 $\frac{1}{2}$배이므로, O에서 R에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{B_0}{2}$이다.

3 두 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

자료 분석



자기장 \ 위치	P	Q
세기	B_0	0
방향	⊙	없음

(⊙: xy 평면에서 수직으로 나오는 방향)

선택지 분석

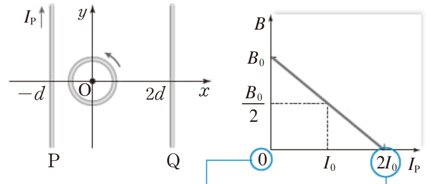
㉠ A에는 $-y$ 방향으로 전류가 흐른다.
ⓛ 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.
ⓒ R에서 자기장의 방향은 P에서와 같다.

ㄱ. A와 B 사이에 있는 Q에서 합성 자기장의 세기가 0이고 A에 가까운 P에서 합성 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이므로, A에 흐르는 전류의 방향은 $-y$ 방향이다.

ㄴ. A와 B 사이에 합성 자기장의 세기가 0인 Q가 B에 가까이 있으므로, 전류의 세기는 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. A와 B에 모두 $-y$ 방향의 전류가 흐르므로 R에서 A와 B에 의한 합성 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다. 따라서 R에서 자기장의 방향은 P에서와 같다.

4 전류에 의한 자기장

자료 분석



(가) (나)

P에 전류가 흐르지 않을 때 O점에서의 자기장의 세기 B_0은 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 것이며, 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

P에 $2I_0$의 전류가 흐를 때 O점에서 P와 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장이 상쇄되어 0이 된다.
➡ $2I_0$이 흐를 때 O점에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장은 B_0(⊗)이다.

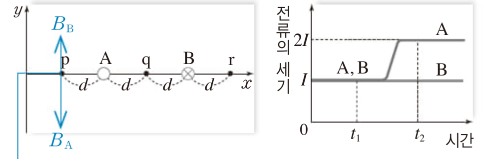
선택지 분석

	세기	방향		세기	방향
~~①~~	$2I_0$	$+y$	②	$2I_0$	$-y$
~~③~~	I_0	$+y$	~~④~~	I_0	$-y$
~~⑤~~	$\frac{I_0}{2}$	$+y$			

② $I_P=0$일 때 O에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 B_0(⊙)이다.
$I_P=2I_0$일 때 O에서 원형 도선과 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 0이므로, P에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 B_0(⊗)이다.
$I_P=I_0$일 때 O에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 $\frac{B_0}{2}$(⊗)이고, 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 B_0(⊙)이므로, O에서 합성 자기장은 $\frac{B_0}{2}$(⊗)$+B_0$(⊙)$=\frac{B_0}{2}$(⊙)이다. 따라서 O에서 합성 자기장의 세기가 0이 되려면 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 $\frac{B_0}{2}$(⊗)이 되어야 한다. 따라서 Q는 O로부터 거리가 2배이므로 $2I_0$인 전류가 $-y$ 방향으로 흘러야 한다.

5 직선 전류에 의한 자기장

자료 분석



(가) (나)

p에서 전류에 의한 자기장의 방향이 $-y$ 방향
➡ p에서 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 $+y$ 방향이므로 A에 흐르는 전류에 의한 자기장이 $-y$ 방향이다.
➡ A에 흐르는 전류의 방향: ⊙

선택지 분석

ⓐ A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ⓑ t_1일 때, 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 작다.
ⓒ r에서 전류에 의한 자기장의 방향은 t_1일 때와 t_2일 때가 같다.

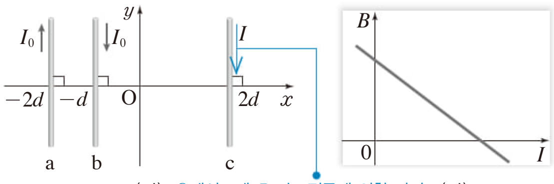
ㄱ. p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향이 $-y$ 방향일 때, B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 $+y$ 방향이므로 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$ 방향이어야 한다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.
ㄴ. 자기장의 방향이 $+y$ 방향일 때를 (+)로 하면, t_1일 때 p점에서 합성 자기장은 $B_p=-k\frac{I}{d}+k\frac{I}{3d}=-k\frac{2I}{3d}$이고, q점에서 합성 자기장은 $B_q=k\frac{I}{d}+k\frac{I}{d}=k\frac{2I}{d}$이다. 따라서 합성 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 작다.
ㄷ. r에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 반대이다. t_1일 때 r에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기를 비교하면 $\left|k\frac{I}{3d}\right|<\left|-k\frac{I}{d}\right|$로 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 더 세므로 $-y$ 방향이다. t_2일 때도 $\left|k\frac{2I}{3d}\right|<\left|-k\frac{I}{d}\right|$로 여전히 B에 흐르는 전류에 의한 자기장이 더 세므로 $-y$ 방향이다. 따라서 r에서 전류에 의한 자기장의 방향은 t_1일 때와 t_2일 때가 같다.

6 세 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

자료 분석

O에서 a와 b에 흐르는 전류에 의한 자기장$=k\frac{I_0}{2d}$(⊗)$+k\frac{I_0}{d}$(⊙)$=k\frac{I_0}{2d}$(⊙)

O에서 자기장이 0이려면 c에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $k\frac{I_0}{2d}$(⊗)이다.



(가) O에서 c에 흐르는 전류에 의한 자기장이 ⊗일 때의 전류 방향이다. (나)

선택지 분석

ⓐ $I=0$일 때, B의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ⓑ $B=0$일 때, I의 방향은 $-y$ 방향이다.
ⓒ $B=0$일 때, I의 세기는 I_0이다.

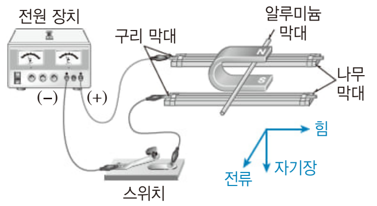
ㄱ. O에서 a에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $k\frac{I_0}{2d}$으로 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이고, b에 흐르는 전류에 의한 자기장은 $k\frac{I_0}{d}$으로 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다. 따라서 $I=0$일 때 O에서 자기장은 $k\frac{I_0}{2d}$(⊗)$+k\frac{I_0}{d}$(⊙)$=k\frac{I_0}{2d}$(⊙)이므로, B의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. O에서 a, b에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, O에서 a, b, c에 흐르는 전류에 의한 자기장 $B=0$이려면 c에 흐르는 전류 I에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이어야 한다. 따라서 c에 흐르는 전류 I의 방향은 $-y$ 방향이다.

ㄷ. O에서 a, b에 흐르는 전류에 의한 자기장이 $k\frac{I_0}{2d}(\otimes)+k\frac{I_0}{d}(\odot)$ $=k\frac{I_0}{2d}(\odot)$이므로, O에서 a, b, c에 흐르는 전류에 의한 자기장 $B=0$이려면 c에 흐르는 전류 I에 의한 자기장은 $k\frac{I_0}{2d}(\otimes)$이 되어야 한다. 즉, O에서 c에 흐르는 전류에 의한 자기장이 $k\frac{I}{2d}$ $=k\frac{I_0}{2d}$이므로 $I=I_0$이다.

7 자기력의 활용

자료 분석



말굽자석의 자기장의 방향: 아래쪽(오른손 네 손가락으로 가리킨다.)
전류의 방향: 앞쪽(오른손 엄지손가락으로 가리킨다.)
➡ 자기력의 방향: 오른쪽(오른손 손바닥이 향하는 방향)

선택지 분석

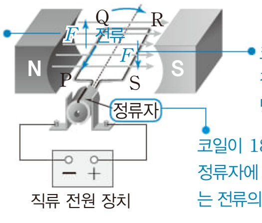
ⓞ ㄱ. 이 상태에서 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 오른쪽으로 움직인다.
ⓞ ㄴ. 이 상태에서 말굽자석의 S극이 위로 오도록 뒤집어 놓고 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 왼쪽으로 움직인다.
✕ ㄷ. 이 상태에서 전원 장치의 (+), (−)단자를 반대로 연결하고 스위치를 닫으면 알루미늄 막대는 오른쪽으로 움직인다. 왼쪽

ㄱ. 오른손 네 손가락을 자기장의 방향, 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 손바닥이 향하는 방향이 자기력의 방향이므로, 알루미늄 막대는 오른쪽으로 힘을 받아 움직인다.
ㄴ. 말굽자석의 S극이 위로 오도록 하고 스위치를 닫으면, 자기력의 방향이 반대가 되어 알루미늄 막대가 왼쪽으로 힘을 받아 움직인다.
바로알기 ㄷ. 전원 장치의 (+), (−)단자를 반대로 연결하고 스위치를 닫으면, 자기력의 방향이 반대가 되어 알루미늄 막대가 왼쪽으로 힘을 받아 움직인다.

8 전동기의 구조와 원리

자료 분석

코일의 PQ 부분에 작용하는 자기력의 방향은 위쪽이다.



코일의 RS 부분에 작용하는 자기력의 방향은 아래쪽이다.
코일이 180° 회전할 때마다 정류자에 의해 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀐다.

선택지 분석

① 코일의 PQ 부분은 위쪽으로 힘을 받는다.
② 코일의 RS 부분은 아래쪽으로 힘을 받는다.
③ 코일 전체는 시계 방향으로 회전한다.
✕ ④ 정류자는 코일이 360° 회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾼다. 180°
⑤ 전기 에너지를 역학적인 일로 바꾸는 장치이다.

①, ②, ③ 오른손 네 손가락을 자기장의 방향으로, 엄지손가락을 전류의 방향으로 향하게 할 때 손바닥이 향하는 방향이 자기력의 방향이다. 따라서 코일의 PQ 부분은 위쪽으로, 코일의 RS 부분은 아래쪽으로 힘을 받아 코일은 시계 방향으로 회전한다.
⑤ 전동기는 자기장 속에서 전류가 받는 힘을 이용하여 전기 에너지를 역학적인 일로 바꾸는 장치이다.
바로알기 ④ 정류자는 코일이 180° 회전할 때마다 코일에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어 자석 사이에 있는 코일을 계속 한 방향으로 회전할 수 있게 한다.

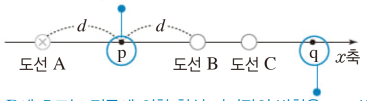
수능 3점 본책 110쪽~111쪽

1 ① 2 ④ 3 ③ 4 ① 5 ③ 6 ②
7 ① 8 ③

1 직선 전류에 의한 자기장

자료 분석

p에서 자기장이 0이면, A와 B에 흐르는 전류의 방향과 세기가 같다.



q에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 $-y$ 방향이므로, q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 0이 되려면 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이어야 한다.
➡ C에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

선택지 분석

ⓞ ㄱ. 전류의 세기는 A와 B가 같다.
✕ ㄴ. 전류의 방향은 B와 C가 같다. 반대이다.
✕ ㄷ. A와 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 p와 q에서 서로 같다. 반대이다.

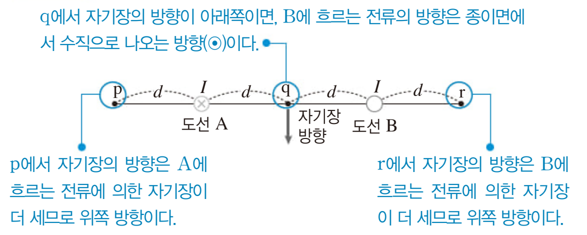
ㄱ. p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 세기가 0일 때, p에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 $-y$ 방향이므로 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)으로 A와 같으며, 전류의 세기도 A와 같다.
바로알기 ㄴ. A와 B에 흐르는 전류의 방향이 모두 종이면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이므로, q에서 A, B에 의한 합성 자기장의 방향은 $-y$ 방향이다. q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 0이 되기 위해서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이어야 한다. 따라서 C에 흐

르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)으로 B와 반대 방향이다.

ㄷ. p에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 $-y$ 방향이다. q에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 세기가 0일 때, A, B 각각에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$ 방향이고 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이다. 즉, q에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기보다 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기가 더 세므로, q에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 $+y$ 방향이다. 따라서 p와 q에서 A와 C에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 서로 반대 방향이다.

2 두 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. A와 B 사이에 자기장의 세기가 0인 지점이 있다. 없다.

ㄷ. p와 r에서 자기장의 방향은 같다.

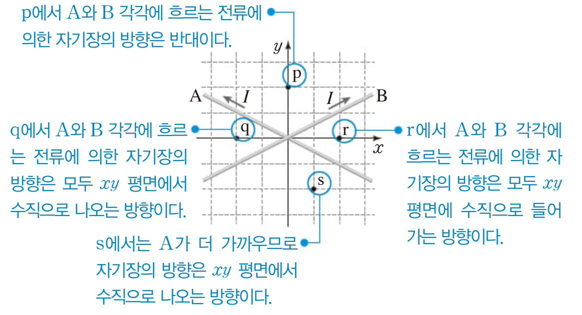
ㄱ. 전류의 세기가 같은 A와 B의 중간 지점인 q에서 합성 자기장의 방향이 아래쪽이므로 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향도 q에서 아래쪽이어야 한다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이 된다.

ㄷ. p는 B보다 A에 더 가깝기 때문에 p에서 합성 자기장의 방향은 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 되므로 위쪽이 된다. r는 A보다 B에 더 가깝기 때문에 r에서 합성 자기장의 방향은 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 되므로 위쪽이 된다. 따라서 p와 r에서 합성 자기장의 방향은 모두 위쪽으로 같다.

바로알기 ㄴ. A와 B 사이에서 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 아래쪽으로 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 항상 같으므로 합성 자기장의 세기가 0이 되는 지점이 없다.

3 교차하는 두 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 r에서보다 작다.

ㄴ. 전류에 의한 자기장의 방향은 q와 r에서 서로 반대이다.

ㄷ. s에서 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 나오는

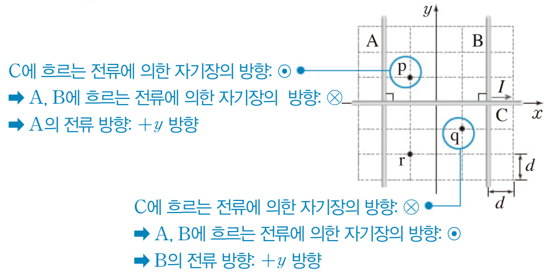
ㄱ. p에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 반대 방향이고, r에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 같은 방향이다. 따라서 두 전류에 의한 합성 자기장의 세기는 p에서가 r에서보다 작다.

ㄴ. 두 전류에 의한 자기장의 방향은 q에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이고, r에서는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)으로 서로 반대이다.

바로알기 ㄷ. s에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장은 서로 반대 방향이며 s는 B보다 A에서 더 가까우므로 s에서의 합성 자기장의 방향은 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 같다. 따라서 s에서 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

4 세 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 전류의 방향은 A에서와 B에서가 같다.

ㄴ. A에 흐르는 전류의 세기는 I보다 작다. 크다.

ㄷ. r에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 들어가는

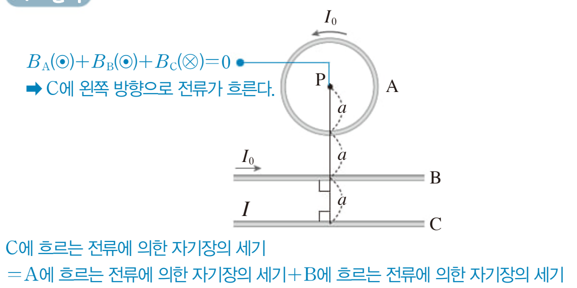
ㄱ. p에서 자기장이 0이려면 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이므로, A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이 되어야 한다. 또, q에서 자기장이 0이려면 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향(⊗)이므로, A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향은 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이 되어야 한다. 이때 p와 q에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 같으므로, p와 q에서 A와 B에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 세기도 같아야 한다. 따라서 전류의 방향은 A에서와 B에서 $+y$ 방향으로 같고, 전류의 세기도 A에서와 B에서가 같다.

바로알기 ㄴ. p에서의 자기장은 $B_p = k\frac{I_A}{d}(\otimes) + k\frac{I_B}{3d}(\odot) + k\frac{I}{d}(\odot)$ $=0$이다. $I_A = I + \frac{I_B}{3}$이므로 A에 흐르는 전류의 세기 I_A는 I보다 크다.

ㄷ. r에서의 자기장은 $B_r = k\frac{I_A}{d}(\otimes) + k\frac{I_B}{3d}(\odot) + k\frac{I}{2d}(\otimes)$이다. A와 B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로($I_A = I_B$) $B_r = k\frac{2I_A}{3d}(\otimes) + k\frac{I}{2d}(\odot)$이다. 따라서 r에서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

5 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. C에 흐르는 전류의 방향은 B에 흐르는 전류의 방향과 반대이다.

ㄷ. $I < \frac{3}{2}I_0$이다. $I > \frac{3}{2}I_0$

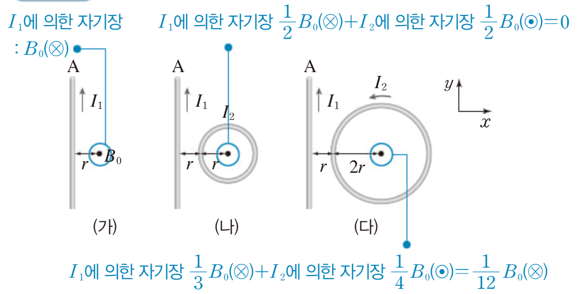
ㄱ. P에서 A에 흐르는 전류와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 모두 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로, P에서 자기장이 0이 되려면 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이어야 한다.

ㄴ. P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 종이면에 수직으로 들어가는 방향이면, C에 흐르는 전류의 방향은 왼쪽 방향이므로 B에 흐르는 전류의 방향과 반대 방향이다.

바로알기 ㄷ. 만약 A가 없다고 가정하면, P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 같으므로 $k\frac{I}{3a} = k\frac{I_0}{2a}$에서 $I = \frac{3}{2}I_0$이 된다. 그러나 P에서 C에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 A에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기와 B에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기의 합과 같으므로 $I > \frac{3}{2}I_0$이다.

6 전류에 의한 자기장

자료 분석



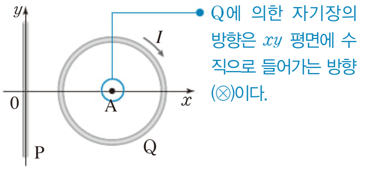
선택지 분석

$\frac{1}{24}B_0$ ② $\frac{1}{12}B_0$ $\frac{1}{8}B_0$ $\frac{4}{3}B_0$ $\frac{3}{2}B_0$

② (가)에서 거리 r인 지점에서 I_1에 의한 자기장의 세기는 $B_0(\otimes)$으로 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. (나)에서 I_1에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B_0(\otimes)$으로 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 이때 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기가 0이 되려면 원형 도선에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B_0(\odot)$으로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이어야 한다. (다)에서 I_1에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{3}B_0(\otimes)$이고, 원형 도선에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{4}B_0(\odot)$으로 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 $\frac{1}{3}B_0(\otimes)+\frac{1}{4}B_0(\odot)=\frac{1}{12}B_0(\otimes)$이다.

7 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

자료 분석



P에 흐르는 전류		A에서의 P와 Q에 의한 자기장	
세기	방향	세기	방향
I_0	㉠	0	없음
I_0	$+y$	B_0	㉡
$2I_0$	$-y$	㉢	㉣

P와 Q에 의한 자기장의 세기는 같고 방향은 반대이다. ➡ ㉠: $-y$ 방향

P에 의한 자기장 $B_0(\odot)$+Q에 의한 자기장 $\frac{B_0}{2}(\otimes)=\frac{B_0}{2}(\odot)$이다.

P에 의한 자기장의 방향만 반대가 되어 합성 자기장이 B_0이다. ➡ P와 Q에 의한 자기장의 세기는 각각 $\frac{B_0}{2}(\otimes)$이다.

선택지 분석

ㄱ. ㉠은 $-y$이다.

ㄴ. ㉡과 ㉣은 같다. 반대이다.

ㄷ. ㉢은 B_0보다 크다. 작다.

ㄱ. P에 흐르는 전류의 세기가 I_0일 때, A에서의 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 세기가 0이므로 P에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향과 반대이고 세기는 같다. 따라서 P에 흐르는 전류의 방향 ㉠은 $-y$이다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. P에 전류 I_0이 $+y$ 방향으로 흐를 때, A에서 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 합성 자기장의 방향 ㉡은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향($\otimes$)이며, 세기가 B_0이므로 P와 Q에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 각각 $\frac{B_0}{2}(\otimes)$이다. P에 전류 $2I_0$이 $-y$ 방향으로 흐를 때, A에서 P에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기는 $B_0(\odot)$이며, Q에 흐르는 전류에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향

으로 $\frac{B_0}{2}$(⊗)이므로, 합성 자기장의 세기 ㉢은 B_0(⊙)$+\frac{B_0}{2}$(⊗) $=\frac{B_0}{2}$(⊙)이다. 따라서 방향 ㉣은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향(⊙)이다.

8 전류에 의한 자기장의 이용

자료 분석

ㄱ. 전자석 기중기

전류에 의한 자기장을 이용

ㄴ. 발광 다이오드 (LED)

전기 에너지 → 빛에너지

ㄷ. 자기 공명 영상 장치 (MRI)

초전도체로 만든 솔레노이드의 강한 자기장을 이용

선택지 분석

ⓞ ㄱ. 전자석 기중기
✕ ㄴ. 발광 다이오드(LED)
ⓞ ㄷ. 자기 공명 영상 장치(MRI)

ㄱ. 전자석 기중기는 전류에 의한 자기장을 이용하여 무거운 물체를 들어 올리거나 옮기는 장치이다.
ㄷ. 자기 공명 영상 장치(MRI)는 초전도체로 만든 솔레노이드에 전류가 흐를 때 발생하는 강한 자기장을 이용하여 영상을 얻는 장치이다.

바로알기 ㄴ. 발광 다이오드(LED)는 반도체 소자를 이용하여 전기 에너지를 빛에너지로 변환시키는 장치이다.

11. 물질의 자성과 전자기 유도

개념 확인 본책 113쪽, 115쪽

(1) 전자 (2) 자기화(자화) (3) ①-㉢, ②-㉠ ③-㉡ (4) 강자성, 반자성 (5) 강자성 (6) 반자성, 마이스너 (7) 전기 유도 (8) 유도 기전력 (9) 비례, 비례 (10) 빠를, 셀, 많을 (11) 방해

수능 자료 본책 116쪽

자료❶ 1 ○ 2 × 3 × 4 ○ 5 × 6 ○
자료❷ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 × 5 × 6 ○
자료❸ 1 ○ 2 × 3 × 4 ○ 5 ○
자료❹ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 × 5 ○

자료❶ 물질의 자성

1 A에 액체 질소를 부은 후 A가 초전도체가 되었으므로, 액체 질소는 A의 온도를 임계 온도 이하로 낮춘다.

2 A에 액체 질소를 붓기 전에는 전구에 불이 켜지지 않았으므로 A의 저항이 매우 크고, A에 액체 질소를 부은 후 전구에 불이 켜졌으므로 A의 저항이 작아진 것을 알 수 있다. 따라서 A의 전기 저항은 액체 질소를 부은 후가 붓기 전보다 작다.

3 (다)에서 A가 공중에 정지 상태로 떠 있는 동안 자석과 반발력이 작용하므로, A는 자석에 의해 밀리는 반자성을 띤다.

4 A는 임계 온도 이하에서 반자성을 나타내므로 초전도체이다.

5 (다)에서 A가 공중에 정지 상태로 떠 있는 동안 자석과 반발력이 작용하므로, A는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

6 초전도체는 임계 온도 이하에서 반자성을 나타내므로 자석 위에 뜨는 현상이 나타난다. 이와 같은 현상을 마이스너 효과라고 한다.

자료❷ 코일과 전자기 유도

1 자석이 p를 지날 때 솔레노이드는 유도 전류가 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르므로, 자석에 척력이 작용하는 방향으로 흐른다. 따라서 솔레노이드의 p 쪽에 유도 전류에 의한 자기장의 N극이 생기도록 유도 전류가 a → 저항 → b 방향으로 흐른다.

2 자석이 q를 지날 때는 자석이 코일로부터 멀어지므로 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석에 인력이 작용하는 방향이다. 따라서 솔레노이드의 q 쪽에 유도 전류에 의한 자기장의 N극이 생기도록 유도 전류가 b → 저항 → a 방향으로 흐른다. 즉, 저항에 흐르는 유도 전류의 방향은 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때가 서로 반대이다.

3 솔레노이드를 통과하면서 자석의 운동 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환되므로 자석의 속력이 느려진다. 따라서 자석의 속력은 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다. 자석이 움직이는 속력이 빠를수록 유도 전류의 세기가 세므로, 저항에 흐르는 유도 전류의 세기는 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다.

4 자석이 p에서 q로 이동하는 동안 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환되므로 자석의 속력이 느려진다. 따라서 자석의 속력은 p에서가 q에서보다 크다.

5 자석이 q를 지날 때, 유도 전류가 솔레노이드의 q 쪽이 N극이 되는 방향으로 흘러 자석에 인력이 작용한다. 솔레노이드의 q 쪽이 N극이 될 때 솔레노이드 내부에서 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 오른쪽이므로 p → q 방향이다.

6 자석이 p를 지날 때는 솔레노이드와 자석 사이에 척력이 작용하므로 자석에 작용하는 자기력의 방향이 왼쪽이고, 자석이 q를 지날 때는 솔레노이드와 자석 사이에 인력이 작용하므로 자석에 작용하는 자기력의 방향이 왼쪽이다. 따라서 솔레노이드에 의해 자석이 받는 자기력의 방향은 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때가 같다.

자료❸ 자기장의 변화에 따른 유도 전류

1 P가 $-y$ 방향으로 운동할 때 P를 통과하는 자기 선속의 변화가 없으므로, P에는 유도 전류가 흐르지 않는다.

2 P가 $-y$ 방향으로 운동할 때 P를 통과하는 자기 선속의 변화가 없으므로, P에는 유도 기전력이 생기지 않는다.

3 R가 운동할 때 내부를 지나는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 감소한다. 따라서 감소를 방해하기 위해 같은 방향, 즉 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다.

4 유도 전류의 세기는 유도 기전력의 크기에 비례하고, 유도 기전력은 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율에 비례한다. Q와 R의 속력이 같지만 자기 선속의 변화량이 Q에서가 R에서보다 작으므로 자기 선속의 시간적 변화율은 Q에서가 R에서보다 작다. 따라서 유도 전류의 세기는 Q에서가 R에서보다 작다.

5 유도 기전력의 크기는 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$에 비례한다. 자기 선속 Φ은 어떤 단면을 수직으로 통과하는 자기장의 세기와 면적의 곱($\Phi=BA$)이므로, Q에 생기는 유도 기전력의 크기는 $\frac{\Delta(B_0A)}{\Delta t}$이고 R에 생기는 유도 기전력의 크기는 $\frac{\Delta(2B_0A)}{\Delta t}$이다. 따라서 유도 기전력의 크기는 R에서가 Q에서의 2배이다.

자료 ❹ 전자기 유도의 이용

1 헤드폰의 스피커 가까이에서 발생한 소리가 녹음되므로 헤드폰 스피커의 진동판은 공기의 진동에 의해 진동한다.

2 진동판이 진동하면서 코일과 자석 사이의 상대적인 운동이 일어나므로 코일에서는 전자기 유도가 일어난다.

3 코일과 자석의 상대적 운동으로 코일에 전자기 유도가 일어나므로, 코일이 자석에 붙어서 함께 움직이면 코일에 전자기 유도가 일어나지 않는다. 따라서 코일과 자석은 붙은 상태로 함께 움직이지 않는다.

4 큰 소리를 내면 진동판이 크게 진동하므로 코일에 발생하는 유도 기전력의 크기가 커진다. 따라서 코일에 흐르는 유도 전류의 세기가 커진다.

5 헤드폰을 컴퓨터 마이크 입력 단자에 연결하면 소리가 녹음되므로, 헤드폰의 스피커 구조는 마이크의 구조와 같은 것을 알 수 있다.

수능 1점

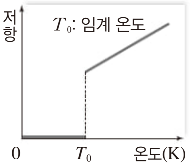
본책 117쪽

1 ㄱ **2** (1) 왼 (2) 사라진다 **3** ③, ④ **4** ㄱ, ㄴ, ㄷ **5** ③ **6** (1) (가) ↻ (나) ↺ (2) (가) ↑ (나) ↑ (3) 자석의 역학적 에너지 **7** 시계 반대 방향 **8** ㄱ, ㄴ, ㄹ, ㅁ, ㅂ

1 ㄱ. 자성은 원자 내 전자의 운동으로 전류가 흐르는 것과 같은 효과가 생김으로써 자기장이 형성되어 만들어진다.
바로알기 ㄴ. 전자의 궤도 운동이 서로 반대이거나 스핀이 서로 반대인 전자가 짝을 이루고 있는 원자의 경우에는 자기장이 상쇄되어 자성을 띠지 않는다.
ㄷ. 상자성체는 외부 자기장의 방향으로 약하게 자기화되므로, 상자성체는 자석에 약하게 끌린다. 따라서 자석은 상자성체도 끌어당긴다.

2 (1) 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 약하게 자기화된다. 반자성체가 자기화된 방향이 오른쪽이므로(자석의 자기장의 방향은 N극에서 나오는 방향이다.), 균일한 외부 자기장의 방향은 왼쪽이다.
(2) 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 사라진다.

3 ③ 초전도체는 특정한 온도(임계 온도) 이하에서 전기 저항이 0이 된다.

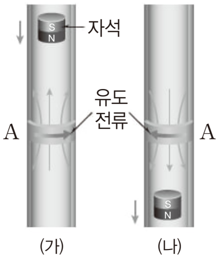


④ 초전도체가 임계 온도 이하에서 전기 저항이 0인 특성을 이용하여 강력한 전자석을 만들어 자기 부상 열차에 이용할 수 있다.
바로알기 ① 액체 질소는 초전도체의 온도를 임계 온도 이하로 낮추는 냉각제로 쓰이므로, 액체 질소의 끓는점은 초전도체의 임계 온도보다 낮다.
② 초전도체는 임계 온도 이하에서 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화되므로, 자석과 서로 밀어내는 힘이 작용하는 반자성을 나타낸다.
⑤ 초전도체의 온도를 임계 온도 이하로 낮출 때 자석 위에 뜨는 마이스너 효과가 일어난다. 따라서 임계 온도 이상의 온도에서는 마이스너 효과가 일어나지 않는다.

4 ㄱ, ㄴ, ㄷ. 코일 주위에서 자석을 움직일 때, 자석 주위에서 코일을 회전시킬 때, 코일 주위의 도선에 흐르는 전류의 세기가 변할 때 모두 코일을 통과하는 자기 선속의 변화가 생기므로 유도 전류가 흐르는 전자기 유도가 일어난다.

5 ① 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향(자석의 운동을 방해하는 방향)으로 흐르므로, 코일의 왼쪽에 S극의 자기장이 형성되는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 검류계에 흐르는 전류의 방향은 q → Ⓖ → p이다.
② 코일의 감은 수를 증가시키면 유도 기전력이 커지므로, 검류계에 흐르는 전류의 세기가 커진다.
④ 막대자석의 세기가 셀수록 유도 기전력이 커지므로, 검류계에 흐르는 전류의 세기가 커진다.
⑤ 막대자석을 빨리 움직일수록 유도 기전력이 커지므로, 검류계에 흐르는 전류의 세기가 커진다.
바로알기 ③ 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향(자석의 운동을 방해하는 방향)으로 흐르므로, 코일의 왼쪽에 S극의 자기장이 형성되는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 막대자석과 솔레노이드 사이에는 척력이 작용한다.

6 (1) (가)에서 유도 전류는 자석의 운동을 방해하는 방향으로 흐르므로, A 부분의 위쪽에 N극의 자기장이 형성되는 방향으로(척력이 작용하는 방향으로) 유도 전류가 흐른다. 따라서 위에서 보았을 때 A 부분에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. (나)에



서는 A 부분의 아래쪽에 N극의 자기장이 형성되는 방향(인력이 작용하는 방향)으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 위에서 보았을 때 A 부분에 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.
(2) (가)에서 자석에 척력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석은 위쪽으로 힘을 받는다. (나)에서 자석에 인력이 작용하는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 자석은 위쪽으로 힘을 받는다.
(3) 전자기 유도에 의해 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된다.

7 정사각형 도선이 일정한 속력으로 균일한 자기장 영역에 들어가는 순간 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 증가를 방해하기 위해 반대 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 즉, 종이면에서 수직으로 나오는 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다.

8 ㄱ. 교통카드: 리더기에 흐르는 교류에 의해 방출하는 전자기파의 변하는 자기장에 의해 카드 내부의 코일에 유도 전류가 흘러 단말기와의 통신이 이루어진다.
ㄴ. 발전기: 자석 사이에 있는 코일을 회전시킬 때 코일을 통과하는 자기 선속에 변화가 생겨 코일에 유도 전류가 흐른다.
ㄹ. 금속 탐지기: 코일에 교류가 흐를 때 발생하는 변하는 자기장에 의해 금속에 유도 전류가 흐르는 것을 감지한다.
ㅁ. 하드디스크: 정보를 기록한 하드디스크 표면의 강자성 물질이 헤드 아래를 통과할 때 헤드에 유도 전류가 흐른다.
ㅂ. 마이크: 진동판이 자석 주위에서 진동할 때 진동판에 부착된 코일에 유도 전류가 흐른다.
바로알기 ㄷ. 전동기: 전류가 흐르는 코일이 자석으로부터 자기력을 받아 회전하는 장치이다.

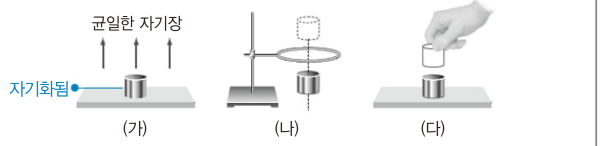
수능 2점

본책 118쪽～120쪽

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

1 물질의 자성

자료 분석



상자성체 또는 반자성체로, 자기화 상태가 사라지므로 전류가 흐르지 않음

(나)의 결과

	전류의 발생 유무
A	㉠ ×
B	○
C	×

(다)의 결과

	작용하는 자기력
A, B	㉡ 인력
B, C	척력
A, C	없음

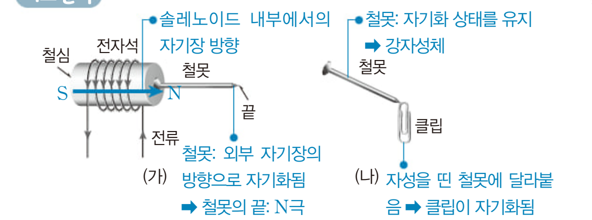
자기화 상태가 오래 유지되는 강자성체
상자성체이므로 강자성체인 B와 인력이 작용
강자성체인 B와 척력이 작용하므로 C는 반자성체

선택지 분석
ㄱ. ㉠은 ×이다.
ㄴ. ㉡은 인력이다.
ㄷ. (가)에서 C는 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

ㄱ. 유도 전류가 흐르는 B는 강자성체이다. A와 C는 각각 상자성체와 반자성체 중의 하나이므로 둘다 원형 도선에 유도 전류가 발생하지 않는다. 따라서 ㉠은 ×이다.
ㄴ. 강자성체인 B와 척력이 작용하는 C가 반자성체이므로, A는 상자성체이다. 상자성체인 A와 강자성체인 B를 가까이 하면, A는 B에 의한 자기장의 방향으로 자기화되어 A와 B 사이에는 인력이 작용한다. 따라서 ㉡은 인력이다.
ㄷ. C는 반자성체로 외부 자기장의 반대 방향으로 자기화된다.

2 자성의 종류와 성질

자료 분석



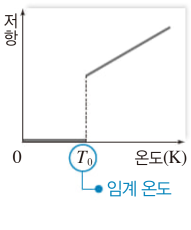
선택지 분석
ㄱ. 철못은 강자성체이다.
~~ㄴ.~~ (가)에서 철못의 끝은 S극을 띤다. N극
ㄷ. (나)에서 클립은 자기화되어 있다.

ㄱ. (가)에서 전자석의 자기장에 의해 자기화된 철못에 (나)와 같이 클립이 달라붙는 것은 외부 자기장을 제거해도 철못이 자기화된 상태를 유지하기 때문이다. 외부 자기장을 제거했을 때 자기화된 상태를 유지하는 물질은 강자성체이므로 철못은 강자성체이다.
ㄷ. (나)에서 클립이 철못에 달라붙는 것은 클립이 철못의 자기장에 의해 자기화되어 있기 때문이다.
바로알기 ㄴ. (가)의 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향은 오른쪽이므로 철못의 끝은 N극을 띤다.

3 초전도체

자료 분석

(가) 그림과 같이 A의 저항값은 온도가 낮아짐에 따라 감소하다가 온도 T_0에서 갑자기 0이 된다.
(나) 온도 T(임계 온도 이하의 온도)인 A를 자석 위의 공중에 가만히 놓으면, A는 그대로 공중에 뜬 상태를 유지한다. 마이스너 효과



선택지 분석
~~ㄱ.~~ $T > T_0$이다. $T < T_0$
ㄴ. (나)는 마이스너 효과에 의해 나타나는 현상이다.
~~ㄷ.~~ (나)에서 A의 내부에는 외부 자기장과 같은(반대) 방향의 자기장이 형성된다.

ㄴ. (나)와 같이 임계 온도보다 낮은 온도의 초전도체가 자석 위에 뜨는 현상을 마이스너 효과라고 한다.

바로알기 ㄱ. T에서 초전도체가 자석 위에 뜬 상태를 유지하므로 T는 초전도체의 임계 온도 T_0보다 낮다. 따라서 $T < T_0$이다.

ㄷ. (나)에서 마이스너 효과에 의한 현상을 보일 때 초전도체는 완전 반자성의 성질을 나타내므로, A의 내부에는 외부 자기장과 반대 방향의 자기장이 형성된다.

4 자성체의 특징과 이용

자료 분석

선택지 분석

Ⓐ 강자성체는 하드디스크에 이용돼요.

~~B~~ 상자성체는 외부 자기장을 제거해도 자기화된 상태를 유지해요. 외부 자기장을 제거하면 자기화된 상태가 사라진다.

Ⓒ 반자성체는 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화돼요.

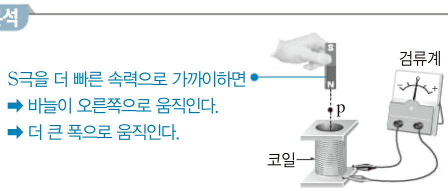
• A: 강자성체는 외부 자기장의 방향으로 강하게 자기화되어 외부 자기장이 제거되어도 자기화된 상태를 오래 유지하므로 정보를 저장하는 데 이용할 수 있다. 컴퓨터의 하드디스크, 마그네틱 카드 등의 표면에 강자성체를 입혀 정보를 기록하고 저장한다.

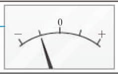
• C: 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 약하게 자기화되는 성질을 가지고 있는 물질이다.

바로알기 • B: 상자성체는 외부 자기장의 방향으로 강자성체보다 약하게 자기화되며, 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라지는 성질을 가진 물질이다.

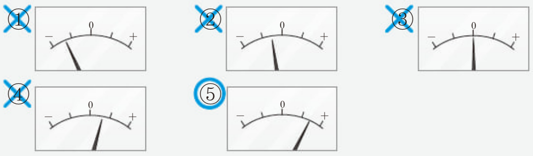
5 전자기 유도 실험

자료 분석



	(다)의 결과	(라)의 결과
N극을 가까이 할 때		㉠

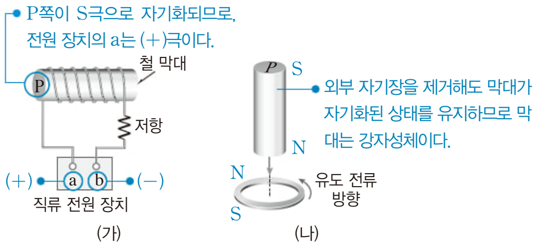
선택지 분석



⑤ 자석의 N극과 S극을 각각 코일에 가까이 가져갈 때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 방향이다. 자석의 N극을 아래로 하여 코일에 가까이 가져갈 때 검류계의 바늘이 왼쪽으로 움직였으므로, 자석의 S극을 아래로 하여 코일에 가까이 가져갈 때 검류계의 바늘은 오른쪽으로 움직인다. 또, 검류계에 흐르는 유도 전류의 세기는 코일을 지나는 자기 선속의 시간적 변화율에 비례하므로, 자석의 속력이 클수록 검류계에 흐르는 유도 전류의 세기는 커져 검류계 바늘이 움직이는 폭이 커진다. 따라서 (라)의 결과 ㉠은 검류계의 바늘이 오른쪽으로 움직이며 움직이는 폭이 (다)의 결과보다 큰 ⑤번과 같다.

6 자성체와 전자기 유도

자료 분석



선택지 분석

㉠ 막대는 강자성체이다.

㉡ (나)에서 막대의 P 쪽이 S극이다.

㉢ (가)에서 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

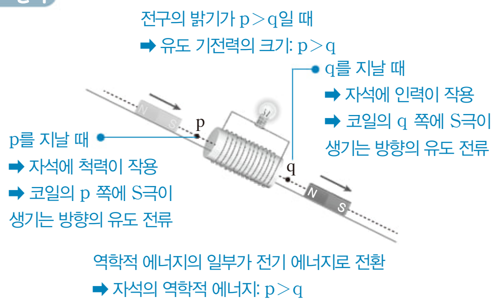
ㄱ. 막대가 (가)에서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장에 의해 자기화된 상태를 (나)에서 유지하여 원형 도선에 유도 전류가 흘렀으므로, 막대는 강자성체이다.

ㄴ. (나)에서 도선에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흘러 원형 도선의 위쪽은 N극, 아래쪽은 S극이 되므로 원형 도선으로 접근하고 있는 막대 쪽은 N극이다. 따라서 막대의 P 쪽은 S극이다.

ㄷ. (가)에서 막대의 P 쪽이 S극으로 자기화되기 위해서 솔레노이드에는 a → 저항 → b 방향으로 전류가 흘러야 하므로 전원 장치의 단자 a는 (+)극이다.

7 코일과 전자기 유도

자료 분석



선택지 분석

㉠ 솔레노이드에 유도되는 기전력의 크기는 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다.

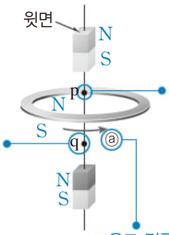
㉡ 전구에 흐르는 전류의 방향은 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때가 서로 반대이다.

~~ㄷ~~. 자석의 역학적 에너지는 p에서가 q에서보다 작다. 크다.

ㄱ. 솔레노이드에 유도되는 기전력의 크기가 클수록 전구의 밝기가 밝다. 전구의 밝기가 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 밝으므로, 솔레노이드에 유도되는 기전력의 크기는 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다.
ㄴ. 솔레노이드에 흐르는 전류의 방향은 코일을 지나는 자기 선속의 변화를 방해하려는 방향으로 흐른다. 자석이 p를 지날 때는 자석이 코일에 가까워지므로 척력이 작용하도록 솔레노이드의 p 쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐른다. 또, 자석이 q를 지날 때는 자석이 코일로부터 멀어지므로 인력이 작용하도록 솔레노이드의 q 쪽이 S극이 되도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 자석이 p를 지날 때와 q를 지날 때 전구에 흐르는 유도 전류의 방향은 반대이다.
바로알기 ㄷ. 자석이 p에서 q로 이동하는 동안 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된다. 따라서 자석의 역학적 에너지는 p에서가 q에서보다 크다.

8 금속 고리를 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

자료 분석



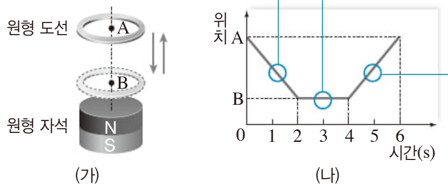
선택지 분석

ㄱ. 막대자석의 윗면은 S극이다. N극
ⓛ 막대자석이 p를 지나는 순간, 고리에 유도되는 전류의 방향은 ⓐ와 반대이다.
ⓒ 막대자석이 q를 지나는 순간, 막대자석과 고리 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.

ㄴ. 막대자석의 아랫면이 S극이므로 p를 지나는 순간 고리의 위쪽이 S극이 되며, 이때 유도되는 전류의 방향은 ⓐ와 반대이다.
ㄷ. 막대자석이 q를 지날 때 고리로부터 멀어지므로 렌츠 법칙에 의해 고리와 자석 사이에 인력이 작용한다.
바로알기 ㄱ. 막대자석이 q를 지나는 순간 고리에 유도되는 전류의 방향이 ⓐ라고 하면 고리의 아래쪽이 S극이다. 따라서 고리로부터 멀어져 가는 막대자석의 윗면은 N극이다.

9 전자기 유도

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 방향은 1초일 때와 5초일 때가 서로 같다. 반대이다.
ㄴ. 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 3초일 때가 5초일 때보다 크다. 작다.
ⓒ 5초일 때 원형 도선과 자석 사이에 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다.

ㄷ. 5초일 때 원형 도선이 자석으로부터 멀어지므로 렌츠 법칙에 의해 원형 도선이 멀어지는 것을 방해하려는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 이때 도선과 자석 사이에 서로 당기는 방향으로 자기력이 작용한다.
바로알기 ㄱ. 1초일 때에는 원형 도선이 자석에 가까워지고 5초일 때에는 원형 도선이 자석으로부터 멀어지므로, 유도 전류의 방향은 1초일 때와 5초일 때가 서로 반대이다.
ㄴ. 3초일 때에는 원형 도선이 B의 위치에 정지해 있어 원형 도선 내부를 지나는 자기 선속의 변화량은 0이므로 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 원형 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 5초일 때가 3초일 때보다 크다.

10 발전기의 원리

자료 분석

선택지 분석

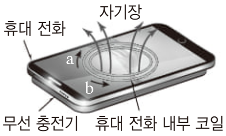
ㄱ. 전조등에 흐르는 전류의 방향은 일정하다. 계속 변한다.
ⓛ 역학적 에너지가 전기 에너지로 전환된다.
ⓒ 자전거의 바퀴가 빠르게 회전할수록 전조등은 더 밝아진다.

ㄴ. 자전거 소형 발전기에서 바퀴의 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다.
ㄷ. 자전거의 바퀴가 빠르게 회전할수록 유도 전류의 세기는 커지므로 전조등은 더 밝아진다.
바로알기 ㄱ. 영구 자석이 회전할 때 코일에 흐르는 유도 전류는 방향이 계속 바뀌는 교류이므로, 전조등에 흐르는 전류의 방향은 일정하지 않고 계속 변한다.

11 휴대 전화의 충전 원리

자료 분석

- 무선 충전기에서 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장이 발생하면, ㉠휴대 전화 내부 코일에 유도 전류가 흘러 휴대 전화가 충전된다.
  - 전자기 유도에 의해 유도 기전력이 발생한다.
- 그림과 같이 어느 순간 무선 충전기에서 발생한 자기장이 윗방향이고 자기 선속이 증가하고 있으면, 휴대 전화 내부 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 (가) 이다.



a 방향으로 유도 전류가 흘러 아랫방향의 자기장을 만든다.

선택지 분석

ㄱ. ㉠에는 유도 기전력이 발생한다.

ㄴ. (가)는 b 방향이다. **a 방향**

ㄷ. 휴대 전화 무선 충전은 전자기 유도를 이용한다.

ㄱ, ㄷ. 무선 충전기에서 시간에 따라 크기와 방향이 변하는 자기장이 발생하면 휴대 전화 내부 코일(㉠)의 내부를 지나는 자기 선속이 변하면서 전자기 유도에 의해 코일에 유도 기전력이 발생하고, 유도 전류가 흐르면서 휴대 전화가 충전된다.

바로알기 ㄴ. 휴대 전화 내부 코일의 내부를 지나는 자기 선속이 윗방향으로 증가하면, 자기 선속이 증가하는 것을 방해하는 방향인 a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

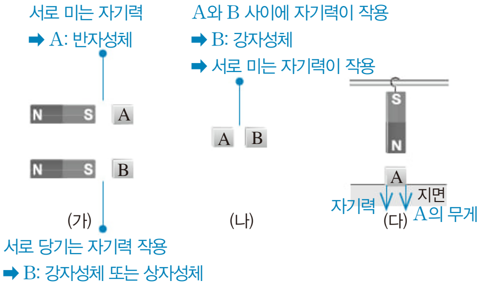
수능 3점

본책 121쪽 ~ 123쪽

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

1 자성체의 특징

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. A는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다. **반대 방향으로 약하게 자기화된다.**

ㄴ. (나)에서 A와 B 사이에는 서로 미는 자기력이 작용한다.

ㄷ. (다)에서 지면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 A의 무게보다 크다.

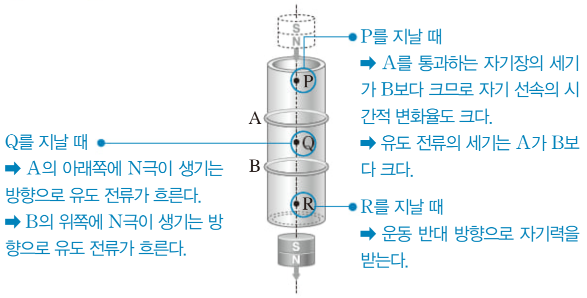
ㄴ. (가)에서 자석과 서로 미는 자기력이 작용하는 A는 반자성체이다. 또, 자석과 서로 당기는 자기력이 작용하는 B는 강자성체이거나 상자성체인데, (나)에서 A와 B 사이에 자기력이 작용하는 것으로부터 B가 강자성체인 것을 알 수 있다. 따라서 (나)에서 반자성체인 A와 강자성체인 B 사이에는 서로 미는 자기력이 작용한다.

ㄷ. (다)에서 막대자석과 반자성체 A 사이에 서로 미는 자기력이 작용한다. 따라서 지면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 A의 무게와 막대자석과 A 사이에 작용하는 자기력의 크기의 합과 같다.

바로알기 ㄱ. A와 자석 사이에는 서로 미는 자기력이 작용하므로 A는 반자성체이고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 약하게 자기화된다.

2 고정된 관을 통과하는 자석에 의한 전자기 유도

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 자석의 중심이 P를 지나는 순간, 유도 전류의 세기는 A가 B보다 작다. **크다.**

ㄴ. 자석의 중심이 Q를 지나는 순간, 유도 전류의 방향은 A와 B가 반대이다.

ㄷ. 자석의 중심이 R를 지나는 순간, 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 크다. **작다.**

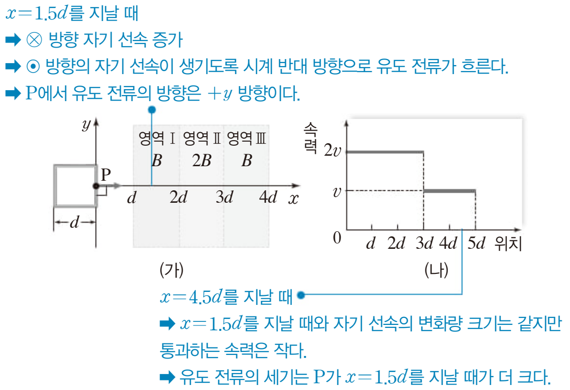
ㄴ. 자석이 Q를 지나는 순간 A의 아래쪽에 N극이 생기는 방향으로 유도 전류가 흐르므로, 위에서 보았을 때 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 한편 B의 위쪽에는 N극이 생기는 방향으로 유도 전류가 흐르므로 위에서 보았을 때 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

바로알기 ㄱ. 자석이 P를 지나는 순간 자석에 더 가까이 있는 A를 통과하는 자기장의 세기가 B보다 크므로 자기 선속의 시간적 변화율도 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 A가 B보다 크다.

ㄷ. 자석이 R를 지나는 순간 A와 B에는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르게 되므로, 자석은 운동 방향과 반대 방향으로 자기력을 받게 된다. 따라서 자석의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기보다 작다.

3 자기장 영역에서 운동하는 금속 고리

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. P가 $x=1.5d$를 지날 때, P에서의 유도 전류의 방향은 $-y$ 방향이다. **$+y$ 방향**

ㄴ. 유도 전류의 세기는 P가 $x=1.5d$를 지날 때가 $x=4.5d$를 지날 때보다 크다.

ㄷ. 유도 전류의 방향은 P가 $x=2.5d$를 지날 때와 $x=3.5d$를 지날 때가 서로 반대 방향이다.

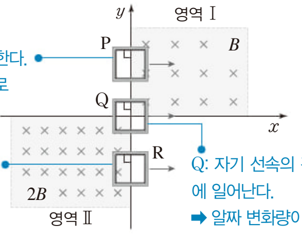
ㄴ. 유도 전류의 세기는 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$에 비례한다. P가 $x=1.5d$를 지날 때 자기 선속의 변화량은 $(B(\otimes)-0)$에 비례하고, $x=4.5d$를 지날 때 자기 선속의 변화량은 $(0-B(\otimes))$에 비례하므로 크기가 같다. 그러나 P가 $x=1.5d$를 지날 때의 속력이 $2v$이고, $x=4.5d$를 지날 때의 속력은 v이므로 $x=1.5d$를 더 빠르게 통과한다. 따라서 자기 선속의 시간적 변화율은 P가 $x=1.5d$를 지날 때가 $x=4.5d$를 지날 때보다 크므로, 유도 전류의 세기도 P가 $x=1.5d$를 지날 때가 $x=4.5d$를 지날 때보다 크다.

ㄷ. P가 $x=2.5d$를 지날 때 고리를 통과하는 자기 선속이 증가하므로, 이 증가를 방해하기 위해 반대 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다. 또, P가 $x=3.5d$를 지날 때는 고리를 통과하는 자기 선속이 감소하므로, 이 감소를 방해하기 위해 같은 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다. 따라서 유도 전류의 방향은 P가 $x=2.5d$를 지날 때와 $x=3.5d$를 지날 때가 서로 반대이다.

바로알기 ㄱ. P가 $x=1.5d$를 지날 때 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 이 증가를 방해하기 위해 반대 방향(xy 평면에서 수직으로 나오는 방향)의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 시계 반대 방향으로 흐른다. 이때 P에서의 유도 전류의 방향은 $+y$ 방향이다.

4 자기장 영역에서의 전자기 유도

자료 분석



P: 자기 선속이 증가한다.
➡ 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

R: 자기 선속이 감소한다.
➡ 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

Q: 자기 선속의 감소와 증가가 동시에 일어난다.
➡ 알짜 변화량이 가장 작다.
➡ 유도 전류의 세기가 가장 작다.

선택지 분석

ㄱ P와 R에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.
✗ ㄴ Q에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. 시계 방향
ㄷ 유도 전류의 세기가 가장 작은 것은 Q이다.

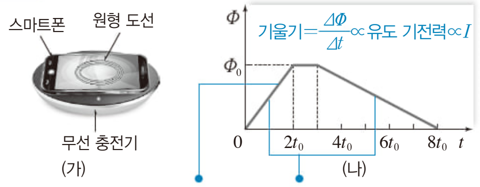
ㄱ. P에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 이를 방해하기 위해 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. R에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 감소하므로 이를 방해하기 위해 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 P와 R에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대이다.

ㄷ. Q에는 시간에 따른 자기 선속의 증가량과 감소량이 동시에 존재하여 자기 선속의 변화가 가장 작으므로 유도 전류의 세기가 가장 작다.

바로알기 ㄴ. Q에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속의 증가량보다 감소량이 더 크므로, 이를 방해하기 위해 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 생기도록 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

5 전자기 유도

자료 분석



$0<t<2t_0$에서 그래프의 기울기 일정
➡ 유도 전류의 세기 일정

기울기의 크기: $t_0>5t_0$
➡ 유도 전류의 세기: $t_0>5t_0$
기울기의 부호: t_0와 $6t_0$일 때 반대
➡ 유도 전류의 방향 반대

선택지 분석

✗ ㄱ 유도 전류의 세기는 $0<t<2t_0$에서 증가한다. 일정하다.
ㄴ 유도 전류의 세기는 t_0일 때가 $5t_0$일 때보다 크다.
✗ ㄷ 유도 전류의 방향은 t_0일 때와 $6t_0$일 때가 서로 같다. 반대이다.

ㄴ. 유도 전류의 세기는 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$에 비례한다. 그래프에서 기울기의 크기는 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$로 자기 선속의 시간적 변화율을 나타내므로, 기울기의 크기는 유도 전류의 세기에 비례한다. 그래프의 기울기는 t_0일 때가 $5t_0$일 때보다 크므로, 유도 전류의 세기는 t_0일 때가 $5t_0$일 때보다 크다.

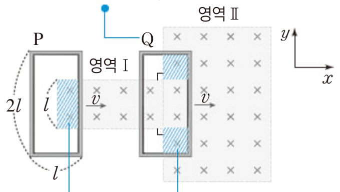
바로알기 ㄱ. 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$이 일정하면 유도 전류의 세기도 일정하다. 그래프에서 기울기의 크기는 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$로 자기 선속의 시간적 변화율을 나타내는데, $0<t<2t_0$에서 기울기가 일정하므로 유도 전류의 세기도 일정하다.

ㄷ. 유도 전류는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. t_0일 때는 자기 선속이 증가하고 $6t_0$일 때는 자기 선속이 감소하므로, 유도 전류의 방향은 t_0일 때와 $6t_0$일 때가 서로 반대이다.(그래프에서 기울기의 부호는 유도 전류의 방향을 나타내므로, 유도 전류의 방향은 t_0일 때와 $6t_0$일 때가 서로 반대이다.)

6 균일한 자기장 영역에서의 전자기 유도

자료 분석

Q: 자기 선속이 증가한다.
➡ 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다.
➡ 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.
➡ 자기력이 도선의 움직임을 방해하는 방향, 즉 $-x$ 방향으로 작용한다.



빗금 친 부분: 자기 선속이 변하는 부분
➡ P와 Q가 같다.
➡ 유도 전류의 세기가 같다.

선택지 분석

ㄱ. Q에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다. (○)

ㄴ. 유도 전류의 세기는 P와 Q가 같다. (○)

ㄷ. Q에 작용하는 자기력의 합력은 0이다. (×) → $-x$ 방향이다.

ㄱ. Q에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 이를 방해하기 위해 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 따라서 Q에는 시계 반대 방향의 유도 전류가 흐른다.

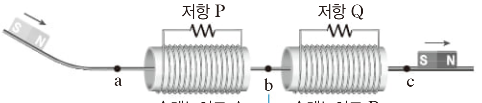
ㄴ. 유도 전류의 세기는 도선을 지나는 자기 선속의 시간적 변화율에 비례한다. P와 Q를 지나는 자기 선속의 시간적 변화율이 같으므로 유도 전류의 세기도 같다.

바로알기 ㄷ. Q에 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐를 때 위쪽 변에는 $-y$ 방향으로 자기력이 작용하고, 아래쪽 변에는 $+y$ 방향으로 자기력이 작용하므로 상쇄된다. 또, 오른쪽 변에는 $-x$ 방향으로 자기력이 작용하고 왼쪽 변에는 $+x$ 방향으로 자기력이 작용하는데, 자기장 속에 놓인 길이가 오른쪽 변이 더 길기 때문에 자기력이 오른쪽 변에 더 크게 작용한다. 따라서 Q에 작용하는 자기력의 합력은 $-x$ 방향이다. 유도 전류가 흐르는 도선에 작용하는 자기력의 방향은 도선이 움직이는 방향과 항상 반대이다.

7 코일과 전자기 유도

자료 분석

자석의 역학적 에너지 감소
➡ 자석의 속력: a > b > c



b를 지날 때 A로부터 왼쪽 방향의 인력, B로부터 왼쪽 방향의 척력을 받는다.

선택지 분석

ㄱ. 자석의 속력은 c에서가 a에서보다 크다. (×) → 작다.

ㄴ. b에서 자석에 작용하는 자기력의 방향은 자석의 운동 방향과 같다. (×) → 반대이다.

ㄷ. P에 흐르는 전류의 최댓값은 Q에 흐르는 전류의 최댓값보다 크다. (○)

ㄷ. 자석의 속력이 빠를수록 유도 전류의 세기가 크다. 자석이 A를 통과하는 동안 자석의 역학적 에너지가 감소하여 속력이 느려지므로, A를 통과하는 동안의 최대 속력은 B를 통과하는 동안의 최대 속력보다 크다. 따라서 P에 흐르는 전류의 최댓값은 Q에 흐르는 전류의 최댓값보다 크다.

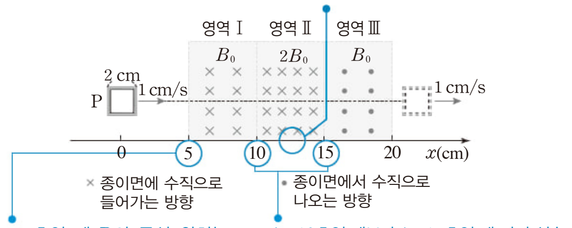
바로알기 ㄱ. 자석이 빗면을 내려와 a, b, c를 지나는 동안 솔레노이드에 전자기 유도가 일어나 유도 전류가 흐르므로, 자석의 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된다. 따라서 자석의 운동 에너지는 점점 감소하므로, 자석의 속력은 c에서가 a에서보다 작다.

ㄴ. 자석이 b를 지나는 순간, A로부터 왼쪽 방향으로 인력을 받고 B로부터 왼쪽 방향으로 척력을 받는다. 따라서 b에서 자석에 작용하는 자기력의 방향은 왼쪽 방향으로 자석의 운동 방향과 반대 방향이다.

8 자기장 영역에서 운동하는 금속 고리

자료 분석

$t=13$초일 때 P의 중심 위치는 $x=13$ cm이다.
➡ 자기 선속이 일정하다.
➡ 유도 전류가 흐르지 않는다.



$t=5$초일 때 P의 중심 위치는 $x=5$ cm이다.
➡ 자기 선속이 증가한다.
➡ 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

$t=10$초일 때보다 $t=15$초일 때 자기 선속의 변화가 더 크다.
➡ $t=10$초일 때보다 $t=15$초일 때 유도 전류가 더 세다.

선택지 분석

ㄱ. $t=5$초일 때, P에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. (×) → 시계 반대 방향

ㄴ. $t=13$초일 때, P에 흐르는 유도 전류는 0이다. (○)

ㄷ. P에 흐르는 유도 전류의 세기는 $t=10$초일 때가 $t=15$초일 때보다 작다. (○)

ㄴ. $t=13$초일 때, P의 중심은 영역 Ⅱ의 $x=13$ cm인 위치에 있으므로 P를 지나는 자기 선속의 변화가 없어 P에 흐르는 유도 전류는 0이다.

ㄷ. 자기 선속의 시간적 변화율이 $t=10$초일 때에는 B_0에 비례하고 $t=15$초일 때에는 $3B_0$에 비례하므로, P에 흐르는 유도 전류의 세기는 $t=10$초일 때가 $t=15$초일 때보다 작다.

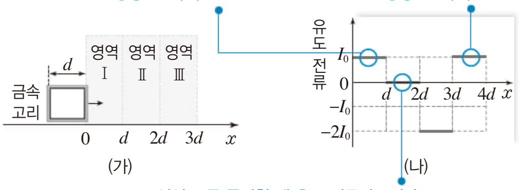
바로알기 ㄱ. $t=5$초일 때, P를 지나는 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가한다. 따라서 이를 방해하기 위해 종이면에서 수직으로 나오는 방향의 자기 선속이 생기도록 P에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

9 자기장 영역을 통과하는 금속 고리의 운동

자료 분석

영역 Ⅰ을 통과할 때 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.
➡ 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향인 B(⊙)이다.

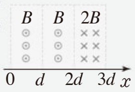
영역 Ⅲ을 빠져나올 때 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.
➡ 영역 Ⅲ의 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향인 B(⊗)이다.



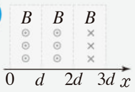
영역 Ⅱ를 통과할 때 유도 전류가 0이다.
➡ 영역 Ⅱ의 자기장은 영역 Ⅰ의 자기장과 같은 B(⊙)이다.

선택지 분석

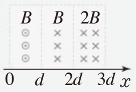
① (×)



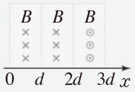
② (○)



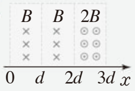
③ (×)



④ (×)



⑤ (×)

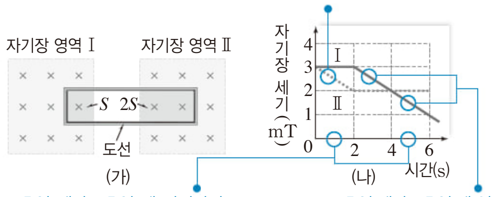


② 금속 고리가 영역 Ⅰ로 들어가는 동안 고리에 시계 방향의 유도 전류가 흐르므로 영역 Ⅰ에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향인 $B(\odot)$이다. 고리가 영역 Ⅰ에서 Ⅱ로 이동하는 동안 유도 전류가 흐르지 않으므로 영역 Ⅱ의 자기장의 방향과 세기는 영역 Ⅰ과 같은 $B(\odot)$이다. 고리가 영역 Ⅱ에서 Ⅲ으로 이동하는 동안 고리에 시계 반대 방향의 유도 전류가 2배의 세기로 흐르므로, 영역 Ⅲ의 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향인 $B(\otimes)$이다.

10 사각형 금속 고리 내부의 자기장이 변할 때 유도되는 전류

자료 분석

1초일 때 영역 Ⅱ의 자기장이 감소한다.
➡ 감소를 방해하기 위해 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.



1초일 때와 5초일 때 자기장의 시간적 변화율은 같지만, 면적은 1초일 때 영역 Ⅱ에서 더 크다.
➡ 유도 전류는 1초일 때가 더 크다.

3초일 때와 5초일 때 영역 Ⅰ의 자기장이 감소한다.
➡ 시계 방향으로 유도 전류가 흐른다.

선택지 분석

ㄱ. 1초일 때 전류는 시계 방향으로 흐른다.
~~ㄴ~~. 전류의 방향은 3초일 때와 5초일 때 서로 반대이다. 같다.
~~ㄷ~~. 전류의 세기는 1초일 때가 5초일 때보다 작다. 크다.

ㄱ. 0초부터 2초까지 영역 Ⅱ에서의 자기장의 세기만 감소하므로, 1초일 때 유도 전류는 시계 방향으로 흐른다.

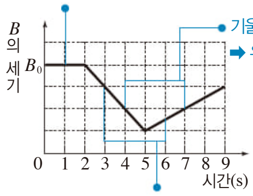
바로알기 ㄴ. 2초 이후부터 영역 Ⅰ에서의 자기장의 세기만 일정하게 감소하므로, 전류의 방향은 3초일 때와 5초일 때가 같다.

ㄷ. 자기장 세기의 시간적 변화율이 1초일 때 영역 Ⅱ에서와 5초일 때 영역 Ⅰ에서가 같지만 자기장이 지나는 면적은 영역 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이다. 따라서 자기 선속의 시간적 변화율이 1초일 때가 5초일 때보다 크므로, 유도 전류의 세기도 1초일 때가 5초일 때보다 크다.

11 금속 고리 내부의 자기장이 변할 때 유도되는 전류

자료 분석

기울기$=\frac{\Delta B}{\Delta t}\propto$유도 기전력$\propto$유도 전류
1초일 때: 기울기$=0$
➡ 유도 기전력$=0$
➡ 유도 전류$=0$



기울기의 크기: 4초>7초
➡ 유도 전류의 크기: 4초>7초

기울기의 부호: 3초일 때와 6초일 때가 반대
➡ 유도 전류의 방향이 반대

선택지 분석

ㄱ. 1초일 때 유도 전류는 흐르지 않는다.
ㄴ. 유도 전류의 방향은 3초일 때와 6초일 때가 서로 반대이다.
~~ㄷ~~. 유도 전류의 세기는 7초일 때가 4초일 때보다 크다. 작다.

코일의 면적(A)이 일정할 때 코일을 통과하는 자기 선속의 시간적 변화율은 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta(BA)}{\Delta t}=\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)A$이므로 코일에 생기는 유도 기전력은 $V=\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)A$이다. B의 세기-시간 그래프에서 기울기는 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$이고 $V\propto\frac{\Delta B}{\Delta t}$이므로, B의 세기-시간 그래프의 기울기는 유도 기전력에 비례한다.

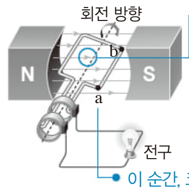
ㄱ. 1초일 때 B의 세기-시간 그래프의 기울기가 0이므로 유도되는 기전력이 0이다. 따라서 1초일 때 금속 고리에 유도 전류가 흐르지 않는다.

ㄴ. B의 세기-시간 그래프의 기울기의 부호는 유도 기전력의 방향을 나타낸다. 그래프의 기울기의 부호는 3초일 때와 6초일 때가 서로 반대이므로 유도 기전력의 방향이 반대이다. 따라서 유도 전류의 방향은 3초일 때와 6초일 때가 서로 반대이다.

바로알기 ㄷ. B의 세기-시간 그래프에서 그래프의 기울기의 크기는 유도 기전력의 크기에 비례한다. 그래프의 기울기의 크기는 7초일 때가 4초일 때보다 작으므로, 유도 기전력의 크기는 7초일 때가 4초일 때보다 작다. 따라서 유도 전류의 세기도 7초일 때가 4초일 때보다 작다.

12 발전기의 원리

자료 분석



코일이 회전할 때 자기장에 수직인 코일의 면적이 변한다.
➡ 코일을 통과하는 자기 선속이 증가와 감소를 반복한다.
➡ 코일에 교류가 흐른다.

이 순간, 코일을 오른쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가한다.
➡ 왼쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 만들어지도록 코일에 b → a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

선택지 분석

~~ㄱ~~. 코일이 회전할 때 코일에 직류가 흐른다. 교류
ㄴ. 코일이 회전할 때 코일을 통과하는 자기 선속이 변한다.
ㄷ. 그림과 같은 순간에 코일에 b → a 방향으로 전류가 흐른다.

ㄴ. 코일이 회전할 때 자기장에 수직인 코일의 면적이 변하면서 자기 선속이 변한다.

ㄷ. 코일을 오른쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 증가하고 있으므로, 왼쪽 방향으로 통과하는 자기 선속이 만들어지도록 코일에 b → a 방향으로 유도 전류가 흐른다.

바로알기 ㄱ. 코일이 회전할 때 코일을 통과하는 자기 선속이 증가와 감소를 반복하여 유도 전류의 방향이 계속 바뀌므로 코일에 교류가 흐른다.

Ⅲ 파동과 정보 통신

12. 파동의 진행과 굴절

개념 확인

본책 127쪽, 129쪽

(1) 매질 (2) 횡파, 종파 (3) 마루, 골 (4) 진폭 (5) 주기, s(초) (6) 1초, Hz(헤르츠) (7) 길 (8) 깊을, 높을 (9) 전파 속력 (10) 크다 (11) 굴절 (12) 짧다

수능 자료

본책 130쪽

자료❶ 1 × 2 ○ 3 × 4 ○
자료❷ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○
자료❸ 1 × 2 ○ 3 × 4 ○
자료❹ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 × 5 ○ 6 ○

자료❶ 파동의 발생과 전파

1 진폭은 진동 중심에서 마루까지의 거리이므로 A이다.

3 진동수는 주기의 역수이므로 $\frac{1}{T}$이다.

자료❷ 두 파동의 물리량 자료 해석

2 주기는 매질이 한 번 진동하는 데 걸린 시간이므로 Q가 P의 3배이다.

자료❸ 파동의 굴절

1 빛이 공기 중에서 A로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다.

3 법선과 이루는 각이 클수록 두 광선의 간격은 좁다. 따라서 $d_1<d_2$이므로 $\theta_1>\theta_2$이다.

4 빛이 공기 중에서 A로 진행할 때 굴절각을 r라고 하면, $\sin\theta_1=n_A\sin r$, $n_B\sin r=\sin\theta_2$이다. $\theta_1>\theta_2$이므로 굴절률은 $n_A>n_B$이다.

자료❹ 굴절과 스넬 법칙

1, 3 A, B가 매질 Ⅱ에서 매질 Ⅰ로 진행할 때 굴절각이 입사각보다 크다.

4 매질 Ⅱ가 매질 Ⅰ보다 굴절률이 큰 매질이므로 속력은 매질 Ⅰ에서가 매질 Ⅱ에서보다 빠르다. 따라서 A의 파장은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 길다.

6 A의 입사각을 θ_1, B의 입사각을 θ_2라고 하면, $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_1}=\frac{\sin\theta_B}{\sin\theta_2}$에서 $\sin\theta_1=\frac{3}{\sqrt{13}}$, $\sin\theta_2=\frac{2}{\sqrt{13}}$이므로 $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{3}{2}$이다.

수능 1점

본책 131쪽

1 (1) 횡 (2) 종 (3) 횡 (4) 횡 **2** (1) 5 m (2) 4 m **3** 0.5 Hz **4** >, < **5** ㄱ, ㄴ **6** 680 Hz **7** (1) 액체 (2) 공기 **8** ㄴ, ㄷ **9** (1) > (2) < (3) = **10** $\sqrt{2}\lambda$ **11** ㄴ

1 (1) 횡파는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직한 파동이고, 종파는 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 파동이다.
(4) 지진파의 S파는 횡파이고, P파는 종파이다.

2 (1) 진폭은 진동 중심에서 마루나 골까지의 거리이므로 5 m이다.
(2) 파장은 마루에서 다음 마루까지 또는 골에서 다음 골까지의 거리이므로 4 m이다.

3 진동수 f와 주기 T는 반비례 관계이므로 $f=\frac{1}{T}$이다. 따라서 $f=\frac{1}{2}=0.5(\text{Hz})$이다.

4 진폭은 파동의 진동 중심에서 마루까지의 거리이므로 A가 B보다 크다.
두 파동의 속력이 같다고 했으므로 $v=\frac{\lambda}{T}$에서 주기는 파장과 비례 관계이다. 그림에서 A와 B의 파장의 비는 1 : 2이다. 따라서 주기의 비는 1 : 2로 B가 A의 2배이다.

5 ㄱ. 진폭은 파동의 진동 중심에서 마루 또는 골까지의 거리이므로 단위는 m이다.
ㄴ. 파장은 마루에서 이웃한 마루까지 또는 골에서 이웃한 골까지의 거리이므로 단위는 m이다.
바로알기 ㄷ. 진동수는 매질의 한 점이 1초 동안 진동한 횟수로 단위는 Hz이다.

6 $v=f\lambda$에서 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340\text{ m/s}}{0.5\text{ m}}=680\text{ Hz}$

7 (1) 파동의 속력은 공기에서 빠르고, 액체에서 느리다.
(2) 파장이 큰 곳은 속력이 빠른 매질이다. 따라서 공기에서 파장이 더 크다.

8 ㄴ, ㄷ. 깊은 물은 얕은 물보다 물결파의 속력이 빠르다. 따라서 깊은 물에서 물결파의 파장도 길다.
바로알기 ㄱ. 주기는 깊은 물과 얕은 물에서 같은데, 그 까닭은 주기와 진동수는 파원이 결정하는 것이지 매질에 따라 달라지는 것이 아니기 때문이다.

9 • 속력: 파면의 간격이 A에서가 B에서보다 크다. A의 파장이 더 크므로 파동의 속력은 A가 더 빠르다.
• 파동의 속력이 빠른 매질은 굴절률이 작은 매질이다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 작다.
• 파동의 진동수는 매질이 달라져도 변하지 않는다. 따라서 파동의 진동수는 A와 B가 같다.

10 입사각과 굴절각이 주어졌으므로 매질 2에서의 파장을 λ_2라고 하면, 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.
$\frac{\sin30^\circ}{\sin45^\circ}=\frac{\lambda}{\lambda_2}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{\lambda}{\lambda_2}$, $\lambda_2=\sqrt{2}\lambda$

11 바로알기 ㄱ, ㄷ. 산에서 들리는 메아리는 소리의 반사이고, 비눗방울의 무지개 색은 빛의 간섭으로 인해 나타나는 현상이다.

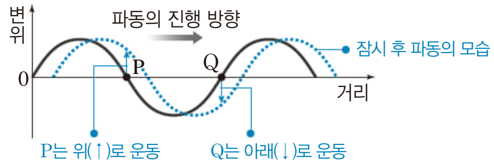
수능 2점

본책 132쪽～133쪽

1 ② 2 ② 3 ② 4 ④ 5 ⑤ 6 ③
7 ④ 8 ②

1 파동의 진행

자료 분석



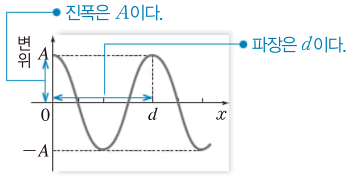
선택지 분석

	P점	Q점
① (X)	↑	↑
② (O)	↑	↓
③ (X)	↓	↓
④ (X)	→	→
⑤ (X)	←	←

② 제시한 파형을 파동의 진행 방향인 오른쪽으로 약간 이동시키면 P점은 위(↑)쪽으로, Q점은 아래(↓)쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다.

2 파동의 전파 속력

자료 분석



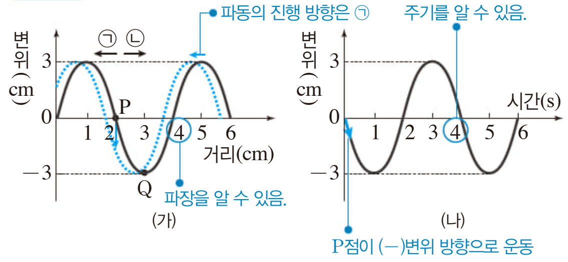
선택지 분석

① (X) $\dfrac{d}{2T}$ ② (O) $\dfrac{d}{T}$ ③ (X) $\dfrac{2d}{T}$ ④ (X) $\dfrac{3d}{T}$ ⑤ (X) $\dfrac{4d}{T}$

② 파동의 전파 속력 $v=\dfrac{\lambda}{T}$에서 파장(λ)은 d, 주기는 T라고 했으므로 $v=\dfrac{d}{T}$이다.

3 파동의 진행

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (X) 파동의 진행 방향은 ~~㉡~~이다. ㉠

ㄴ. (O) 파동의 진행 속력은 1 cm/s이다.

ㄷ. (X) (가)의 순간으로부터 3초 후 Q의 변위는 ~~3 cm~~이다. 0

ㄴ. 파동의 진행 속력은 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{4\text{ cm}}{4\text{ s}}=1\text{ cm/s}$이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 P점은 0초 직후 (−)변위 방향으로 운동한다. 따라서 ㉠ 방향으로 파동이 진행해야 한다. ㉡ 방향으로 파동이 진행하면 P점은 0초 직후 (+)변위 방향으로 운동할 것이다.

ㄷ. (가)의 순간으로부터 Q의 변위는 1초 때 0, 2초 때 +3 cm, 3초 때 0, 4초 때 −3 cm가 된다.

4 물결파의 굴절

선택지 분석

ㄱ. (O) 물의 깊이는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 깊다.

ㄴ. (X) 진동수는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 ~~크다.~~ 같다.

ㄷ. (O) Ⅰ에 대한 Ⅱ의 굴절률은 $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

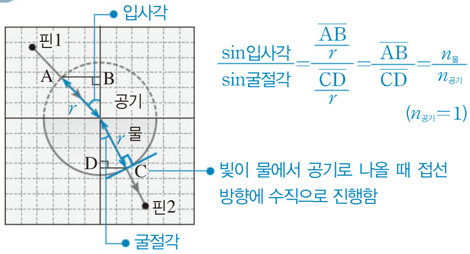
ㄱ. 파동의 진동수는 일정하므로 파동의 속력은 파장에 비례한다. 파장은 $\lambda_1>\lambda_2$이므로 속력은 파장이 긴 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다. 물결파의 속력은 수심이 깊을수록 빠르므로, 물의 깊이는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 깊다.

ㄷ. Ⅰ에 대한 Ⅱ의 굴절률은 Ⅰ에서의 속력을 Ⅱ에서의 속력으로 나눈 값이므로 파장의 비로 구할 수 있다. 따라서 $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2}$이다.

바로알기 ㄴ. 진동수는 파원에 의해 결정된다. 매질이 달라져도 진동수는 변하지 않으므로 Ⅰ에서와 Ⅱ에서 진동수가 같다.

5 반원통을 이용한 물의 굴절률 측정

자료 분석



$\dfrac{\sin\text{입사각}}{\sin\text{굴절각}}=\dfrac{\frac{\overline{AB}}{r}}{\frac{\overline{CD}}{r}}=\dfrac{\overline{AB}}{\overline{CD}}=\dfrac{n_\text{물}}{n_\text{공기}}$ ($n_\text{공기}=1$)

선택지 분석

ㄱ. (O) 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크다.

ㄴ. (O) 공기에 대한 물의 굴절률은 $\dfrac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$이다.

ㄷ. (O) 반원통을 사용한 까닭은 점 C에서 빛이 물에서 공기로 나올 때 빛의 진행 방향이 꺾이는 것을 막기 위해서이다.

ㄱ. $\overline{AB}$의 길이가 $\overline{CD}$의 길이보다 길므로 입사각>굴절각이다. 따라서 빛의 속력은 공기에서가 물에서보다 크다.

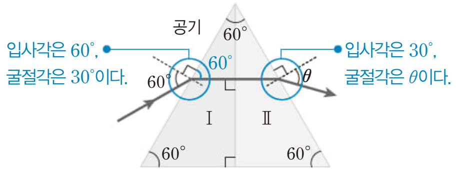
ㄴ. 반원통의 반지름을 r라고 하면

$\dfrac{\sin\text{입사각}}{\sin\text{굴절각}}=\dfrac{\frac{\overline{AB}}{r}}{\frac{\overline{CD}}{r}}=\dfrac{\overline{AB}}{\overline{CD}}=\dfrac{n_\text{물}}{n_\text{공기}}$이므로 $n_\text{물}=\dfrac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$이다.

ㄷ. 반원통을 사용하면 빛이 물에서 공기로 나올 때 반원통의 접선 방향에 수직으로 진행하므로 빛의 진행 방향이 꺾이지 않는다.

6 단색광의 굴절

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 공기에 대한 Ⅰ의 굴절률은 $\sqrt{3}$이다. (○)

ㄴ. $\theta=45°$이다. (○)

ㄷ. 단색광의 속력은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다. 작다. (×)

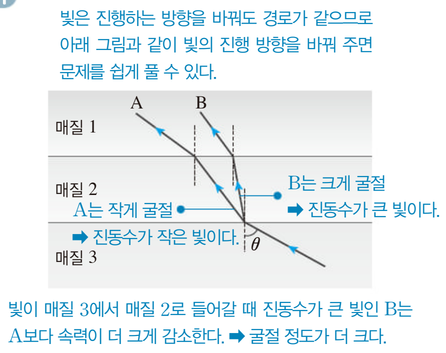
ㄱ. 단색광이 공기에서 매질 Ⅰ로 진행할 때 입사각은 60°, 굴절각은 30°이다. 스넬 법칙에서 $n_{공기}\sin60°=n_{\text{I}}\sin30°$이므로, 공기에 대한 Ⅰ의 굴절률 $\frac{n_{\text{I}}}{n_{공기}}=\frac{\sin60°}{\sin30°}=\sqrt{3}$이다.

ㄴ. 공기에 대한 Ⅱ의 굴절률이 $\sqrt{2}$이고 단색광이 매질 Ⅱ에서 공기로 입사할 때 입사각은 30°, 굴절각은 θ이다.
스넬 법칙에서 $n_{\text{II}}\sin30°=n_{공기}\sin\theta$이므로,
공기에 대한 Ⅱ의 굴절률 $\frac{n_{\text{II}}}{n_{공기}}=\frac{\sin\theta}{\sin30°}=\sqrt{2}$이다.
따라서 $\sin\theta=\frac{1}{\sqrt{2}}$이므로 $\theta=45°$이다.

바로알기 ㄷ. 공기에 대한 Ⅰ과 Ⅱ의 굴절률은 각각 $\sqrt{3}$, $\sqrt{2}$이다. 굴절률이 큰 매질일수록 빛의 속력이 느리므로, 단색광의 속력은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 작다.

7 두 단색광의 굴절

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 진동수는 A가 B보다 크다. 작다. (×)

ㄴ. 굴절률은 매질 1이 매질 2보다 작다. (○)

ㄷ. 매질 2에서의 속력은 A가 B보다 크다. (○)

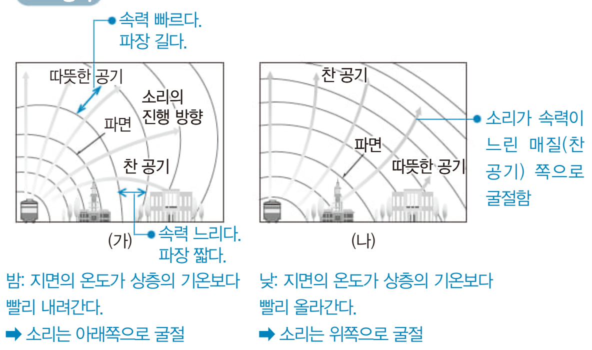
ㄴ. 두 빛 모두 매질 1에서 입사각보다 매질 2에서의 굴절각이 작다. 따라서 굴절률은 매질 1이 매질 2보다 작다.

ㄷ. 진동수는 B가 A보다 크다. 따라서 매질 2에서의 속력은 A가 B보다 빠르다.

바로알기 ㄱ. 매질 2에서 매질 3으로 진행할 때 굴절각은 같지만 입사각이 A가 더 크다. 이것으로 B가 더 크게 굴절했다는 것을 알 수 있다. 따라서 B의 진동수가 A의 진동수보다 크다.

8 소리의 굴절

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. (가)는 낮에, (나)는 밤에 소리가 굴절하는 모습이다. (×) (밤, 낮)

ㄴ. (가)에서 소리의 속력은 지면에 가까울수록 빠르다. 느리다. (×)

ㄷ. 같은 매질에서도 매질의 특성이 달라져서 생기는 현상이다. (○)

ㄷ. 지면과 상층의 공기의 온도가 달라 소리의 진행 속력에 차이가 생긴다. 즉, 같은 매질에서도 매질의 특성이 달라져서 소리가 굴절하여 나타나는 현상이다.

바로알기 ㄱ. (가)는 소리가 아래로 굴절하므로 밤에, (나)는 소리가 위로 굴절하므로 낮에 소리가 굴절하는 모습이다.

ㄴ. (가)에서는 지면에 가까울수록 공기의 온도가 낮아 소리의 속력이 느리므로 소리가 지면을 향해 굴절한다.

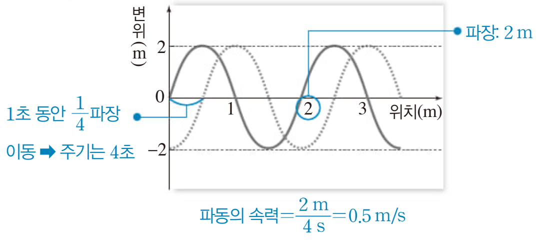
수능 3점

본책 134쪽 ~ 135쪽

1 ④	2 ①	3 ③	4 ①	5 ⑤	6 ④
7 ④	8 ④				

1 파동의 진행

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 주기는 2초이다. 4초 (×)

ㄴ. 파장은 2 m이다. (○)

ㄷ. 파동의 진행 속력은 0.5 m/s이다. (○)

ㄴ. 파장은 마루에서 다음 마루 또는 골에서 다음 골까지의 거리이므로 2 m이다.

ㄷ. 파동의 주기는 4초, 파장은 2 m이므로 속력은 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{2}{4}=0.5$(m/s)이다.

바로알기 ㄱ. 파동은 1초 동안 $\frac{1}{4}$파장 이동하였으므로 한 파장 이동하는 데 걸리는 시간인 주기는 4초이다.

2 물결파의 진행

자료 분석

- 물의 깊이 비교: B＞A＝C
- 물결파의 속력 비교: B＞A＝C
- 물결파의 진동수 비교: A＝B＝C
- 물결파의 주기 비교: A＝B＝C

선택지 분석

ㄱ. 물결파의 파장은 A에서보다 B에서 길다. (O)
ㄴ. 물결파의 주기는 B에서보다 A에서 길다. (X) 같다.
ㄷ. 물결파의 속력은 B에서보다 C에서 크다. (X) 작다.

ㄱ. 물의 깊이가 다르면 물결파의 속력이 다르다. 깊이가 깊은 곳을 지나는 파동의 속력이 얕은 곳을 지날 때보다 빠르므로 파장은 B에서가 A에서보다 길다.

바로알기 ㄴ. 물의 깊이는 변하더라도 파동의 진동수는 파원에 의해 결정되므로 A, B, C에서 모두 같다. 주기는 진동수의 역수이므로 A, B, C에서 물결파의 주기도 모두 같다.

ㄷ. 물결파의 속력은 깊이가 깊은 B에서 가장 빠르고, 깊이가 같은 A와 C에서는 같다.

3 파동의 변위-위치 그래프

선택지 분석

ㄱ. 진동수는 0.5 Hz이다. (O)
ㄴ. 1.5초 후 P점의 변위는 0이다. (X) 0.2 m
ㄷ. 2.3초 후 P점의 운동 방향은 아래 방향이다. (O)

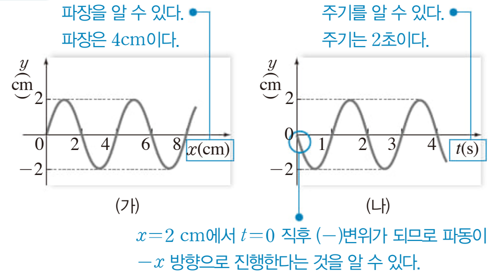
ㄱ. 이 파동은 파장이 1 m, 진행 속력이 0.5 m/s이다. 따라서 $v=f\lambda$에서 진동수 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{0.5}{1}=0.5$(Hz)이다.

ㄷ. 2초일 때 P점의 변위는 0이고, 2.5초일 때 변위는 -0.2 m이다. 따라서 2.3초일 때 P점은 아래 방향으로 운동한다.

바로알기 ㄴ. 진동수가 0.5 Hz이므로 주기는 $\frac{1}{0.5\text{ Hz}}=2$초이다. 따라서 P점의 변위는 0.5초$\left(\frac{1}{4}\text{주기}\right)$일 때 -0.2 m, 1초$\left(\frac{1}{2}\text{주기}\right)$일 때 0, 1.5초$\left(\frac{3}{4}\text{주기}\right)$일 때 0.2 m이다.

4 파동의 변위-위치 그래프와 변위-시간 그래프

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 파동의 진행 방향은 $-x$ 방향이다. (O)
ㄴ. 파동의 진행 속력은 8 cm/s이다. (X) 2 cm/s
ㄷ. 2초일 때, $x=4$ cm에서 y는 2 cm이다. (X) y는 0

ㄱ. (나)에서 $x=2$ cm인 곳이 $t=0$ 직후 $(-)$변위가 되었다. 따라서 파동은 $-x$ 방향으로 진행하였다.

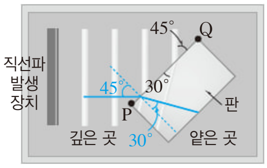
바로알기 ㄴ. (가)에서 파동의 파장이 4 cm이고, (나)에서 파동의 주기가 2초이므로 파동의 진행 속력은 $\frac{4\text{ cm}}{2\text{ s}}=2$ cm/s이다.

ㄷ. 주기가 2초이므로 매질의 한 점은 $t=0$과 $t=2$초일 때 변위가 같다. 따라서 2초일 때 $x=4$ cm에서 y는 0이다.

5 파동의 굴절 실험

자료 분석

파면에 수직하게 파동의 진행 방향을 먼저 그려 본다.



$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$
입사각: 45°
굴절각: 30°

선택지 분석

① $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (X) ② $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (X) ③ 1 (X) ④ $\sqrt{\frac{3}{2}}$ (X) ⑤ $\sqrt{2}$ (O)

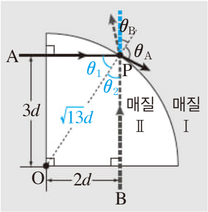
PQ와 파면이 교차하는 곳에 경계면 PQ에 수직으로 법선을 그린 다음, 파면에 수직으로 입사 광선과 굴절 광선을 그려 본다. 파동의 입사각, 굴절각은 PQ선에 수직인 법선과 입사 광선, 굴절 광선이 각각 이루는 각이므로, 입사각이 45°, 굴절각이 30°가 된다.

따라서 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sin45^\circ}{\sin30^\circ}=\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}}=\sqrt{2}$이다.

6 굴절률

자료 분석

A의 입사각을 θ_1, B의 입사각을 θ_2라고 하자.



$\sqrt{(3d)^2+(2d)^2}=\sqrt{13}d$

선택지 분석

ㄱ. A의 파장은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 짧다. (X) 길다.
ㄴ. B의 진동수는 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같다. (O)
ㄷ. $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}=\frac{3}{2}$이다. (O)

ㄴ. 진동수는 파원이 결정한다. 매질이 달라져도 진동수는 일정하다.

ㄷ. A의 입사각을 θ_1, B의 입사각을 θ_2라고 하면 굴절률 공식을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_A}=\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_B}$$

$\sin\theta_1=\frac{3}{\sqrt{13}}$, $\sin\theta_2=\frac{2}{\sqrt{13}}$이므로 $\frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{3}{2}$이다.

바로알기 ㄱ. $\theta_1<\theta_A$이므로 매질 Ⅰ에서가 매질 Ⅱ에서보다 빛의 속력이 빠르다. 따라서 파장도 매질 Ⅰ에서가 더 길다.

7 파동의 굴절

선택지 분석

- ㉠ Ⅰ과 Ⅲ은 같은 물질이다.
- ✕ ㄴ. θ가 2배가 되면 θ'도 2배가 된다. ($\sin\theta$, $\sin\theta'$)
- ㉢ 빛이 Ⅰ에서 Ⅱ로 진행할 때 속력은 감소한다.

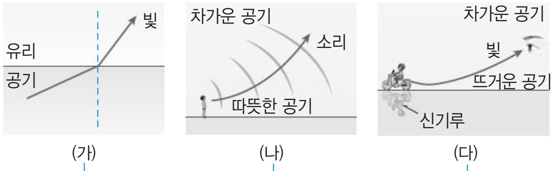
ㄱ. Ⅱ에 대한 Ⅰ의 굴절률은 $\frac{\sin\theta'}{\sin\theta}$, Ⅱ에 대한 Ⅲ의 굴절률은 $\frac{\sin\theta'}{\sin\theta}$으로 서로 같다. 굴절률은 물질의 고유한 값이므로 Ⅰ과 Ⅲ은 같은 물질이다.

ㄷ. 빛이 Ⅰ에서 Ⅱ로 진행할 때 입사각>굴절각이므로 Ⅰ에서의 속력이 Ⅱ에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. θ가 2배가 되면 θ'이 2배가 되는 것이 아니라 $\sin\theta$값이 2배가 되면 $\sin\theta'$값이 2배가 된다.

8 파동의 굴절

자료 분석



법선과 이루는 각이 작은 쪽의 굴절률이 크다.

(나)와 (다)에서 소리와 빛이 위로 굴절하는 것으로 보아 소리와 빛의 속력은 차가운 공기에서가 따뜻한 공기에서보다 작다.

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 굴절률은 유리가 공기보다 크다.
- ✕ ㄴ. (나)에서 소리의 속력은 차가운 공기에서가 따뜻한 공기에서보다 크다. (작다.)
- ㉢ (다)에서 빛의 속력은 뜨거운 공기에서가 차가운 공기에서보다 크다.

ㄱ. (가)에서 빛이 공기에서 유리로 입사할 때, 입사각이 굴절각보다 크므로 굴절률은 유리가 공기보다 크다.

ㄷ. (다)에서 빛의 속력이 뜨거운 공기에서가 차가운 공기에서보다 크기 때문에 신기루가 보이는 것이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 소리의 속력은 따뜻한 공기에서가 차가운 공기에서보다 크기 때문에 낮에 발생한 소리는 위쪽으로 굴절한다.

13 전반사와 전자기파

개념 확인 본책 137쪽, 139쪽

(1) 전반사 (2) 90° (3) 큰, 작은, 임계각 (4) 광통신 (5) 크다 (6) 전자기파 (7) 수직, 수직 (8) 자외선 (9) 적외선 (10) 마이크로파 (11) X선 (12) 감마(γ)선

수능 자료 본책 140쪽

자료❶	1 ○	2 ○	3 ○	4 ×		
자료❷	1 ○	2 ○	3 ×	4 ×	5 ○	6 ○
자료❸	1 ○	2 ○	3 ×	4 ×	5 ○	6 ×
자료❹	1 ○	2 ×	3 ○	4 ○	5 ×	

자료❶ 전반사

1 P가 A에서 B로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 작다. 따라서 B의 굴절률이 A의 굴절률보다 작다.

2 P는 A와 C의 경계면에서 전반사하였으므로 A의 굴절률이 C의 굴절률보다 크다.

3 굴절률이 A가 B보다 크므로 P의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.

4 매질에 따른 굴절률의 대소 관계는 밀한 매질부터 순서대로 A>B>C 순이다. 따라서 C를 코어로 사용하면 전반사가 일어나지 않는다.

자료❷ 전반사와 광통신의 원리

3 P는 A와 C의 경계면에서 전반사하므로 A의 굴절률이 C의 굴절률보다 크다.

4 P가 A에서 B로 진행할 때 입사각은 θ_A이다.

6 광섬유의 코어는 굴절률이 큰 매질로, 클래딩은 굴절률이 작은 매질로 구성되어 있다. A와 B 중 굴절률이 큰 것이 B이므로 B를 코어로, A를 클래딩으로 사용하면 된다.

자료❸ 전자기파의 분류

1 파장이 짧은 것부터 긴 것 순서대로 나열하면, 감마(γ)선–X선–자외선–가시광선–적외선–마이크로파–라디오파이다. A는 감마(γ)선이다.

3 B는 마이크로파이다.

4 C는 라디오파이다.

6 진공 중에서 모든 전자기파는 속력이 같다.

자료❹ 전자기파의 이용

2 A는 스피커를 통해 들리는 파동이므로 음파이다. 음파는 전자기파가 아니다.

5 C는 가시광선으로 매질에 따라 속력이 달라진다.

수능 1점

본책 141쪽

1 (1) 느리다 (2) A (3) 작다 **2** > **3** (1) 전반사 (2) 코어 (3) 크다 **4** 2 **5** 광섬유 **6** ㉠ 자기장 ㉡ 수직 ㉢ 횡파 **7** ㉠ 마이크로파 ㉡ 자외선 ㉢ 감마(γ)선 **8** 적외선 **9** (1) $2a$ (2) 최대 **10** 자외선

1 (1) 빛이 매질 A에서 B로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 작다. 따라서 속력은 A에서가 느리므로 v_1이 v_2보다 느리다.
(2) 속력이 A에서가 느리므로 굴절률이 큰 매질은 A이다.
(3) 빛이 A에서 B로 진행하면서 굴절하였으므로 θ는 임계각보다 작다.

2 매질 A에서 진행한 빛이 B와의 경계면에서 전반사하였으므로 굴절률은 A가 B보다 크다.

3 (1) 코어를 진행하는 빛 신호가 클래딩으로 굴절하지 않고 전반사하고 있다.
(2) 빛이 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사하므로 코어의 굴절률이 클래딩보다 크다.
(3) 전반사는 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 임계각보다 큰 각으로 입사할 때 일어나므로 θ는 임계각보다 크다.

4 굴절각이 90°이므로 30°는 임계각이다. 매질 A의 굴절률을 n이라고 하면 $\sin\theta_c=\dfrac{1}{n}$이므로 $n=\dfrac{1}{\sin30^\circ}=2$이다.

5 광섬유는 전반사를 이용해 빛을 멀리까지 전송시키는 관을 말한다.

6 전자기파는 전기장과 자기장이 시간에 따라 진동하면서 공간을 퍼져 나가는 파동을 말한다. 전기장과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이고 각각의 진동 방향은 진행 방향에 수직이다.

7 ㉠ 라디오파보다 파장이 짧고 적외선보다 파장이 긴 것은 마이크로파이며 전자레인지에 이용된다. ㉡ 가시광선보다 파장이 짧고 X선보다 파장이 긴 것은 자외선이며 살균 소독에 이용된다. ㉢ 파장이 가장 짧은 것은 감마(γ)선이며 암치료 등에 이용된다.

8 열화상 카메라는 적외선을 이용하며, 적외선의 파장은 가시광선보다 길고, 마이크로파보다 짧다.

9 (1) 전자기파는 횡파이다. 파장은 위상이 같은 인접한 두 지점의 간격이므로 파장은 $2a$이다.
(2) 전자기파는 전기장의 세기와 자기장의 세기가 비례 관계이다. 전기장이 0이면 자기장도 0이고, 전기장이 최댓값이면 자기장도 최댓값이 된다.

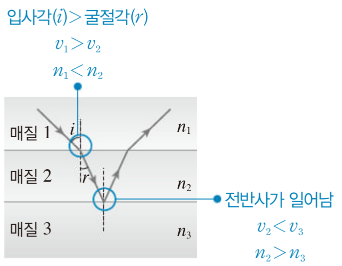
수능 2점

본책 142쪽~143쪽

1 ② **2** ① **3** ③ **4** ③ **5** ④ **6** ④ **7** ② **8** ③

1 전반사와 굴절률

자료 분석



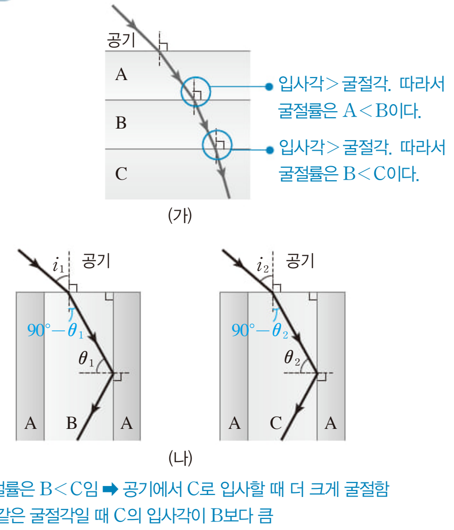
선택지 분석

~~① $v_1>v_2$, $n_1>n_2$~~
② $v_1>v_2$, $n_2>n_3$
~~③ $v_2>v_1$, $n_1>n_2$~~
~~④ $v_2>v_1$, $n_2>n_3$~~
~~⑤ $v_1=v_2$, $n_2>n_1$~~

② 매질 1에서 매질 2로 빛이 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크므로 매질 1에서의 속력이 매질 2에서의 속력보다 빠르다. 따라서 $v_1>v_2$이고, 굴절률은 $n_1<n_2$이다. 또 매질 2와 매질 3의 경계면에서 전반사가 일어났으므로 매질 2의 굴절률이 매질 3의 굴절률보다 크다. 따라서 $n_2>n_3$이다.

2 광섬유에서의 전반사와 굴절률

자료 분석



선택지 분석

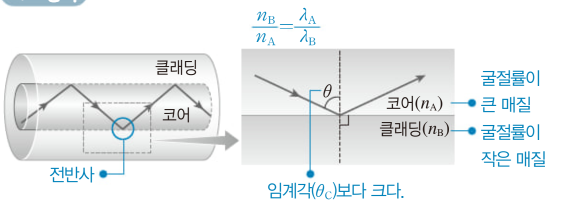
ㄱ. 굴절률은 C가 A보다 크다.
~~ㄴ. $\theta_1<\theta_2$이다.~~ $\theta_1>\theta_2$
~~ㄷ. $i_1>i_2$이다.~~ $i_1<i_2$

ㄱ. 단색광이 A에서 B로 진행할 때 입사각이 굴절각보다 크다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 작다. 또 단색광이 B에서 C로 진행할 때에도 입사각이 굴절각보다 크다. 따라서 굴절률은 B가 C보다 작다. 결국 굴절률은 A<B<C 순이다.

바로알기 ㄴ. θ_1은 A와 B 사이의 임계각이고, θ_2는 A와 C 사이의 임계각이다. 굴절률 차이는 A와 B보다 A와 C에서 더 많이 나므로 임계각은 θ_2가 θ_1보다 작다.
ㄷ. 그림 (나)에서 입사각 i가 작을수록 굴절각이 작으므로 θ는 커진다. 즉 $\theta_1>\theta_2$이므로 $i_1<i_2$이다.

3 빛의 전반사와 광섬유

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. $n_A>n_B$이다.

ㄴ. $\sin\theta>\frac{n_B}{n_A}$이다.

~~ㄷ~~. 이 레이저 빛을 클래딩에 입사시키면, 파장은 코어에서 진행할 때와 같다. 다르다.

ㄱ. 전반사가 일어나려면 빛이 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행해야 하므로, 코어의 굴절률(n_A)이 클래딩의 굴절률(n_B)보다 크다.

ㄴ. 빛이 코어에서 클래딩으로 임계각으로 진행할 때 $\frac{n_B}{n_A}=\frac{\sin\theta_C}{\sin 90^\circ}=\sin\theta_C$이다. 한편 전반사가 일어나기 위해서는 $\theta>\theta_C$이어야 하므로, $\sin\theta>\frac{n_B}{n_A}$이다.

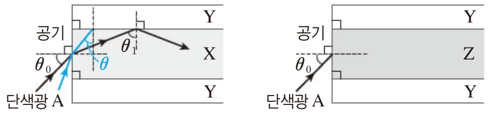
바로알기 ㄷ. 코어와 클래딩에서 레이저 빛의 파장을 각각 λ_A, λ_B라 하면, $\frac{n_B}{n_A}=\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$이다. 이때 $n_A>n_B$이므로 $\lambda_A<\lambda_B$이다.

4 전반사와 광섬유

자료 분석

θ_0보다 입사각이 커지면 굴절각도 커지므로 X에서 Y로 진행하는 빛의 입사각 θ는 임계각인 θ_1보다 작아지게 되어 전반사하지 않는다.

Z의 굴절률이 X보다 크다. ➡ Z와 Y 사이의 임계각은 X와 Y 사이의 임계각보다 작다.



(가) (나)

선택지 분석

ㄱ. (가)에서 A를 θ_0보다 큰 입사각으로 X에 입사시키면 A는 X와 Y의 경계면에서 전반사하지 않는다.

~~ㄴ~~. (나)에서 Z와 Y 사이의 임계각은 θ_1보다 크다. 작다.

ㄷ. (나)에서 A는 Z와 Y의 경계면에서 전반사한다.

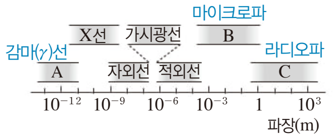
ㄱ. (가)에서 공기에서 X로 진행하는 빛의 입사각이 θ_0보다 커지면 굴절각도 커진다. 따라서 X에서 Y로 진행하는 빛의 입사각을 θ라고 하면 θ는 임계각인 θ_1보다 작아진다. 입사각이 임계각보다 작아지므로 A는 X와 Y의 경계면에서 전반사하지 않는다.

ㄷ. (나)에서 단색광 A가 Z에서 Y로 진행할 때의 입사각은 θ_1보다 크다. 따라서 A는 Z와 Y의 경계면에서 전반사한다.

바로알기 ㄴ. Z의 굴절률이 X보다 크므로 (나)에서 Z와 Y 사이의 임계각은 θ_1보다 작다.

5 전자기파의 종류와 이용

자료 분석



선택지 분석

	A	B	C
~~①~~	라디오	암 치료기	전자레인지
~~②~~	라디오	전자레인지	암 치료기
~~③~~	암 치료기	라디오	전자레인지
④	암 치료기	전자레인지	라디오
~~⑤~~	전자레인지	암 치료기	라디오

• A: 파장이 가장 짧은 전자기파이므로 감마(γ)선이다. 감마(γ)선은 암을 치료하는 데 이용된다.
• B: 파장이 C보다는 짧고, 적외선보다는 길다. 따라서 마이크로파이다. 마이크로파는 전자레인지에 이용된다.
• C: 파장이 가장 긴 전자기파로 라디오파이다.

6 진동수에 따른 전자기파의 분류

자료 분석

선택지 분석

~~ㄱ~~. 진공에서의 속력은 A보다 B가 크다. 같다.

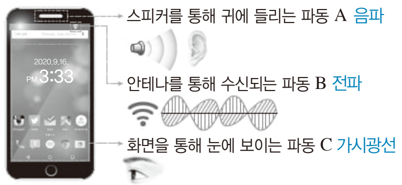
ㄴ. C는 의료 장비나 공항 검색대에서 이용된다.

ㄷ. 전자기파는 전기장과 자기장의 진동으로 전파된다.

ㄴ. C는 X선으로, 의료 장비나 공항 검색대에서 이용된다.
ㄷ. 전자기파는 전기장과 자기장의 진동에 의해 퍼져 나간다.
바로알기 ㄱ. 진공에서 전자기파의 속력은 모두 같다.

7 전자기파의 종류와 특성

자료 분석



선택지 분석

~~ㄱ~~. A는 전자기파에 속한다. 음파

ㄴ. 진동수는 B가 C보다 작다.

~~ㄷ~~. C는 매질에 관계없이 속력이 일정하다. 매질에 따라 속력이 변한다.

ㄴ. B는 전파, C는 가시광선이다. 따라서 진동수는 전파가 가시광선보다 작다.
바로알기 ㄱ. A는 음파이다. 음파는 전자기파가 아니다.
ㄷ. 가시광선은 매질에 따라 속력이 변한다.

8 전자기파의 활용

선택지 분석

ㄱ. A는 X선이다.
~~ㄴ~~. A의 진동수는 마이크로파의 진동수보다 작다. 크다.
ㄷ. A는 공항에서 가방 속 물품을 검색하는 데 사용된다.

ㄱ. 병원에서 의료 진단용으로 쓰이는 전자기파는 X선이다.
ㄷ. X선은 투과성이 좋아 공항에서 가방 속 물품을 검색하는 데 사용한다.

바로알기 ㄴ. X선의 진동수는 마이크로파의 진동수보다 크다.

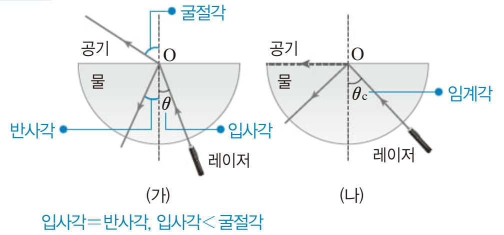
수능 3점

본책 144쪽~145쪽

1 ②	2 ③	3 ②	4 ③	5 ③	6 ①
7 ③	8 ②				

1 전반사

자료 분석



선택지 분석

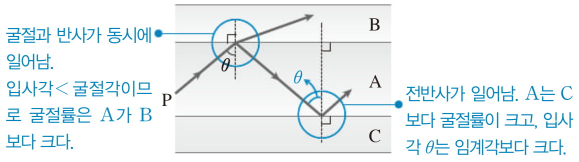
~~ㄱ~~. (가)에서 반사각은 굴절각과 같다. 보다 작다.
~~ㄴ~~. (나)에서 입사각을 θ_c보다 크게 하면 굴절각도 커진다. 굴절하는 빛이 없어진다.
ㄷ. 물의 굴절률은 $\frac{1}{\sin\theta_c}$이다.

ㄷ. 물의 굴절률을 n이라고 하면 $\frac{\sin\theta_c}{\sin 90^\circ}=\frac{1}{n}$, $\sin\theta_c=\frac{1}{n}$에서 $n=\frac{1}{\sin\theta_c}$이다.

바로알기 ㄱ. 반사각은 입사각과 같다. (가)에서 입사각은 굴절각보다 작으므로 반사각은 굴절각보다 작다.
ㄴ. (나)에서 θ_c는 임계각이므로 입사각이 θ_c보다 커지면 굴절하는 빛이 없어진다.

2 전반사와 굴절률

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. P의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
ㄴ. θ는 A와 C 사이의 임계각보다 크다.
~~ㄷ~~. C를 코어로 사용한 광섬유에 B를 클래딩으로 사용할 수 있다. 없다.

ㄱ. P가 A에서 B로 진행할 때 입사각보다 굴절각이 더 크므로 B는 A보다 굴절률이 작은 매질이다. 따라서 속력은 굴절률이 큰 A에서가 B에서보다 작다.
ㄴ. θ는 A와 B 사이의 입사각이기도 하지만 A와 C 사이의 입사각이기도 하다. P는 A에서 C로 진행하면서 전반사가 일어났으므로 θ는 임계각보다 크다.

바로알기 ㄷ. 세 매질의 굴절률 크기를 비교해 보면 A>B>C 순이다. C는 굴절률이 가장 작은 매질이므로 C를 코어로 사용하게 되면 전반사가 일어날 수 없다.

3 전반사와 굴절률

선택지 분석

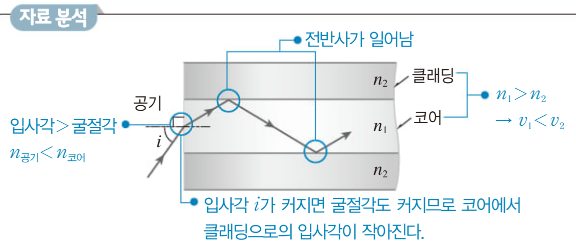
~~ㄱ~~. X의 속력은 B에서가 A에서보다 크다. 작다.
ㄴ. X가 A에서 C로 입사할 때, 전반사가 일어나는 입사각은 θ보다 크다.
~~ㄷ~~. 클래딩에 A를 사용한 광섬유의 코어로 C를 사용할 수 있다. 없다.

ㄴ. 전반사는 굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 진행할 때 입사각이 임계각보다 큰 경우에 일어난다. X가 A에서 C로 입사할 때 전반사가 일어나지 않았으므로, θ는 임계각보다 작다. 따라서 전반사가 일어나는 입사각은 θ보다 크다.

바로알기 ㄱ. 빛이 A → C로 진행할 때 굴절 법칙 $\frac{\sin\theta}{\sin\theta_1}=\frac{v_A}{v_C}$가 성립하고, 빛이 B → C로 진행할 때 굴절 법칙 $\frac{\sin\theta}{\sin\theta_2}=\frac{v_B}{v_C}$가 성립한다. $\theta_1<\theta_2$일 때 $\frac{v_A}{v_C}>\frac{v_B}{v_C}$이므로, $v_A>v_B$이다. 따라서 X의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. 빛이 A → C로 진행할 때 입사각보다 굴절각이 크다. 법선과 이루는 각이 작은 매질에서의 굴절률이 더 크므로, 굴절률은 A가 C보다 크다. 광섬유에서 코어의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 커야 하므로, 클래딩에 A를 사용하면 A보다 굴절률이 작은 C를 코어로 사용할 수 없다.

4 전반사와 광섬유

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. $n_1>n_2$이다.
ㄴ. 단색광의 속력은 공기에서가 코어에서보다 크다.
~~ㄷ~~. n_2를 작게 하면 i_m은 작아진다. 커진다.

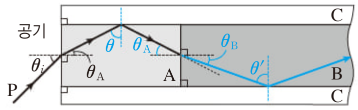
ㄱ. 코어에서 입사한 빛이 전반사하므로 코어는 굴절률이 큰 매질이고 클래딩은 굴절률이 작은 매질이다. 따라서 $n_1>n_2$이다.
ㄴ. 공기에서 코어로 입사할 때 입사각이 굴절각보다 크므로 공기에서의 속력이 코어에서의 속력보다 크다.

바로알기 ㄷ. 임계각을 i_c라고 할 때 굴절률 n_2를 작게 하면 $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$에서 $\frac{n_2}{n_1}$가 작아진다. 따라서 임계각이 작아지므로 전반사가 일어날 수 있는 입사각의 범위가 증가한다. 즉, 코어와 클래딩 사이에서 전반사가 일어나는 i의 최댓값 i_m이 커진다.

5 전반사와 굴절률

자료 분석

A에서 C로 진행하면서 전반사하였으므로 굴절률은 A가 C보다 크다. 이때 입사각을 θ라고 하면 θ는 임계각보다 크다.



선택지 분석

ㄱ. 굴절률은 A가 C보다 크다.

~~ㄴ.~~ $\theta_A < \theta_B$이다. $\theta_A > \theta_B$

ㄷ. B와 C의 경계면에서 P는 전반사한다.

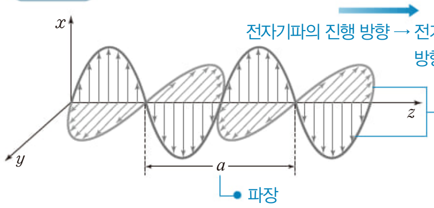
ㄱ. P가 A에서 C로 진행하면서 전반사하였으므로 굴절률은 A가 C보다 크다.

ㄷ. $\theta_A > \theta_B$이므로 $\theta' > \theta$이다. P가 A에서 C로 진행하면서 전반사하였으므로 굴절률 차이가 더 많이 나는 B에서 C로 더 큰 입사각으로 입사하면 B와 C의 경계면에서 전반사한다.

바로알기 ㄴ. A는 B보다 굴절률이 작으므로 $\theta_A > \theta_B$이다.

6 전자기파의 진행

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 전자기파의 파장은 a이다.

~~ㄴ.~~ 전기장과 자기장의 진동 방향은 같다. 서로 수직이다.

~~ㄷ.~~ 한 지점에서 전기장의 세기가 0일 때 자기장의 세기가 최대이다. 0

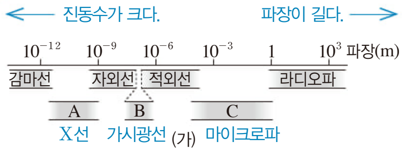
ㄱ. 전자기파의 파장은 전기장 또는 자기장의 파장과 같다.

바로알기 ㄴ. 전기장과 자기장은 x축 또는 y축 방향으로 진동하므로 진동 방향은 서로 수직이다.

ㄷ. 전기장의 세기가 0일 때 자기장의 세기도 0이다.

7 전자기파의 종류와 특성

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 진동수는 A가 C보다 크다.

ㄴ. B는 가시광선이다.

~~ㄷ.~~ (나)의 장치에서 송수신하는 전자기파는 X선이다. 마이크로파

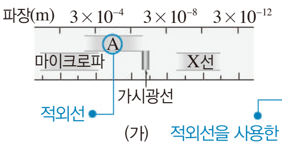
ㄱ. A는 X선이고, C는 마이크로파이다. 진동수는 X선이 마이크로파보다 크다.

ㄴ. B는 자외선보다 파장이 길고, 적외선보다 파장이 짧다. 따라서 B는 가시광선이다.

바로알기 ㄷ. C는 적외선보다 파장이 길고, 라디오파보다 파장이 짧으므로 마이크로파이다.

8 전자기파의 활용

자료 분석



적외선을 사용한 열화상 사진 (나)

선택지 분석

~~ㄱ.~~ 감마(γ)선보다 파장이 짧다. 길다.

~~ㄴ.~~ 진공에서의 속력은 마이크로파보다 크다. 와 같다.

ㄷ. 야간 투시경이나 TV 리모컨에 이용된다.

ㄷ. A는 적외선이다. 적외선은 열선으로, 야간 투시경이나 TV 리모컨 등에 이용된다.

바로알기 ㄱ. 전자기파 중 파장이 가장 짧은 것은 감마(γ)선이다. 따라서 A는 감마(γ)선보다 파장이 길다.

ㄴ. 진공에서 전자기파의 속력은 모두 같다.

14 파동의 간섭

개념 확인

본책 147쪽, 149쪽

(1) 중첩 (2) 합성파 (3) 독립성 (4) 보강 간섭 (5) 보강 간섭, 큰 (6) 상쇄 간섭, 작은 (7) 간섭 (8) 마루, 골 (9) 마디선 (10) 간섭 (11) 상쇄 간섭

수능 자료

본책 150쪽

자료❶ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 × 5 ○ 6 × 7 ×

자료❷ 1 ○ 2 ○ 3 × 4 ×

자료❸ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○ 5 × 6 ○ 7 × 8 ○

자료❹ 1 ○ 2 × 3 ○ 4 ○

자료❶ 파동의 간섭

1 파장과 진폭, 진동수가 같은 두 파동이 반대 방향으로 진행하여 만나면 원래 파동과 파장이 같은 합성파가 생긴다. 원래 파동의 파장은 2 m이므로 합성파의 파장도 2 m이다.

3 파동의 진동수는 $\frac{1}{4\text{ s}}=0.25$ Hz이다.

4~7 $x=0$ 위치에서 파동의 변위가 최대와 최소를 가지므로 이 곳은 보강 간섭하는 곳이다. $x=0$뿐만 아니라, $x=-2$ m, $x=2$ m 등에서도 보강 간섭한다. 그러므로 보강 간섭하는 곳 사이사이가 상쇄 간섭을 하는 곳이다.

자료❷ 소리의 간섭

3 Q에서 소리가 다시 크게 들렸으므로 보강 간섭을 하였고, 두 스피커에서 발생한 소리는 같은 위상으로 중첩된다.

4 스피커에서 발생한 소리의 파장이 10 m이고, P에서 처음 상쇄 간섭이 일어났으므로 경로차는 $\frac{\lambda}{2}=\frac{10\text{ m}}{2}=5$ m이다.

자료❸ 물결파의 간섭

2 P는 두 점 S_1, S_2로부터 같은 거리에 있는 점이다. 따라서 경로차는 0이고, 보강 간섭하는 곳이다.

5 S_1, S_2 사이의 거리는 2λ이므로 λ는 0.1 m이다.

7 P는 (가)의 순간에는 마루와 마루가 만났지만, 매질이 계속 진동하면서 다음 순간에는 골과 골이 만나는 곳으로 바뀐다. 따라서 P의 변위는 계속해서 변한다.

자료❹ 간섭의 활용

2 소음 제거 이어폰은 상쇄 간섭을 이용한 예이다.

4 타악기나 현악기는 보강 간섭을 이용해 소리가 커질 수 있도록 울림통을 둔다.

수능 1점 본책 151쪽

1 (1) 보 (2) 보 (3) 상 **2** 50 cm **3** (가) ㄱ (나) ㄷ **4** 상쇄 간섭 **5** ㄱ, ㄷ **6** (1) 보강 (2) 보강 (3) 상쇄 **7** (1) R (2) P, Q **8** ㄷ **9** 상쇄

1 (1) 마루와 마루가 만나면 진폭이 가장 커진다. 따라서 보강 간섭이다.
(2) 골과 골이 만나면 진폭은 (−) 방향으로 가장 커진다. 이때도 보강 간섭이다.
(3) 골과 마루가 만나면 진폭이 작아지므로 상쇄 간섭이다.

2 A의 진폭은 20 cm, B의 진폭은 30 cm이다. 따라서 최대 변위는 보강 간섭을 한 때이므로 50 cm가 된다.

3 (가) 파동 1과 파동 2는 위상이 같은 파동이다. 따라서 합성파는 보강 간섭의 모양이 된다.
(나) 파동 1과 파동 2는 위상이 반대이므로 합성파는 변위가 0이 된다.

4 O로부터 P와 Q는 같은 거리만큼 떨어져 있다. P에서 상쇄 간섭을 하면 P와 경로차가 같은 Q에서도 상쇄 간섭을 한다.

5 보강 간섭의 경로차는 반파장의 짝수 배(0 포함)이다. 따라서 0, λ가 해당된다.

6 (1) 물결파에서 가장 밝은 부분은 파동의 마루와 마루가 만난 곳이다. 따라서 보강 간섭이 일어나는 곳이다.
(2) 가장 어두운 부분은 파동의 골과 골이 만난 곳이다. 따라서 보강 간섭이 일어나는 곳이다.
(3) 밝기 변화가 없는 부분은 마디선으로, 골과 마루가 만나 상쇄 간섭이 일어나는 곳이다.

7 (1) 두 점파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배인 곳에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 R이다.
(2) P에서는 마루와 마루, Q에서는 골과 골이 만나 보강 간섭이 일어난다.

8 ㄷ. 비눗방울과 같이 얇은 막에서는 위쪽과 아래쪽 막에서 반사한 두 빛이 서로 간섭하여 알록달록한 색깔의 무늬를 만든다.

9 상쇄 간섭은 빛의 세기를 감소시키거나 소리의 세기를 감소시키는 것에 많이 활용한다. 무반사 코팅 렌즈는 반사하는 빛의 세기를 감소시키고, 소음 제거 이어폰은 소음의 세기를 감소시킨다.

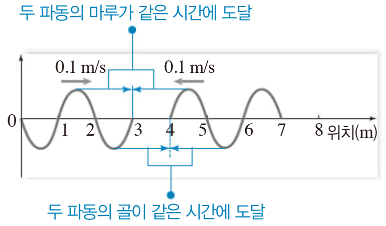
수능 2점 본책 152쪽 ~ 153쪽

1 ② **2** ② **3** ③ **4** ④ **5** ② **6** ①
7 ② **8** ①

1 파동의 중첩

자료 분석

두 파동이 서로 반대 방향으로 진행하다가 중첩할 때 3 m 위치와 4 m 위치에서의 간섭의 종류를 알 수 있다.



선택지 분석

✗ ㄱ. 두 파동의 진동수는 0.25 Hz이다. 0.05 Hz
ⓛ 3 m 지점에서는 보강 간섭이 일어난다.
✗ ㄷ. 4 m 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 보강

ㄴ. 3 m인 곳에는 왼쪽에서 오는 파동과 오른쪽에서 오는 파동의 마루가 같은 시간에 도달하므로 보강 간섭이 일어난다.

바로알기 ㄱ. 속력이 0.1 m/s이고 파장은 2 m이므로 진동수 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{0.1\text{ m/s}}{2\text{ m}}=0.05$ Hz이다.

ㄷ. 4 m인 곳에는 왼쪽에서 오는 파동과 오른쪽에서 오는 파동의 골이 같은 시간에 도달하므로 보강 간섭이 일어난다.

2 파동의 간섭

선택지 분석

✕ ㄱ. x=0인 곳은 상쇄 간섭한다. 보강

◯ ㄴ. 파장은 2 m이다.

✕ ㄷ. 진동수는 4 Hz이다. 0.25

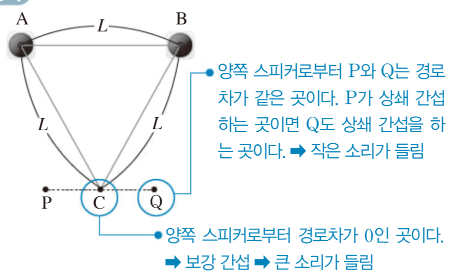
ㄴ. (가)에서 각 파동의 파장은 2 m임을 알 수 있다. 두 파동이 만나 생긴 합성파도 원래 파동의 파장을 그대로 유지한다. 따라서 중첩된 파동의 파장은 2 m이다.

바로알기 ㄱ. (나)에서 x=0인 곳은 최대 변위를 갖는 곳이다. 따라서 보강 간섭한다.

ㄷ. (나)에서 변위 y=0인 곳이 같은 위상으로 다시 y=0으로 되는 데 걸리는 시간이 4초이며 이것이 주기이다. 진동수는 주기의 역수이므로 $\frac{1}{4}$=0.25(Hz)이다.

3 소리의 간섭

자료 분석



선택지 분석

◯ ㄱ. C에서는 보강 간섭한다.

✕ ㄴ. P에서 소리가 작게 들렸다면 Q에서는 큰 소리가 들린다. 작은

◯ ㄷ. C에서 P쪽으로 이동하면서 소리를 들었을 때 P에서 처음으로 소리가 작게 들렸다면 P에서 두 스피커 사이의 경로차는 5 m이다.

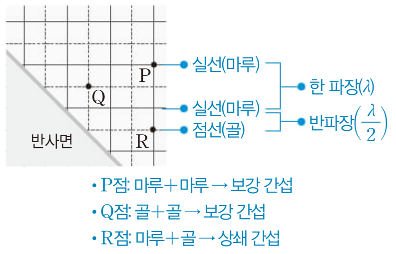
ㄱ. 점 C는 두 스피커로부터 경로차가 0인 곳이다. 따라서 보강 간섭한다.

ㄷ. 스피커에서 발생하는 소리의 파장이 10 m이고, P점은 첫 번째 상쇄 간섭하는 곳이므로 경로차는 $\frac{\lambda}{2}=\frac{10\text{ m}}{2}$=5 m이다.

바로알기 ㄴ. P와 Q는 C로부터 같은 거리만큼 떨어져 있으므로 두 스피커로부터 경로차가 같은 지점이다. 따라서 P에서 작은 소리가 들렸다면 Q에서도 작은 소리가 들려야 한다.

4 보강 간섭과 상쇄 간섭

자료 분석



선택지 분석

◯ ㄱ. P에서 보강 간섭이 일어난다.

✕ ㄴ. Q에서 상쇄 간섭이 일어난다. 보강

◯ ㄷ. P와 R 사이의 거리는 1.5λ이다.

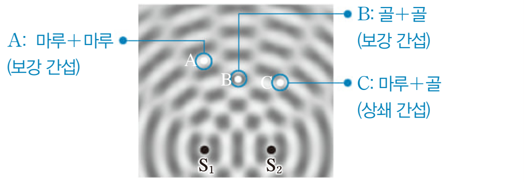
ㄱ. P에서는 실선과 실선, 즉 마루와 마루가 만났으므로 보강 간섭이 일어난다.

ㄷ. 실선에서 이웃한 점선까지의 거리가 $\frac{\lambda}{2}$이므로 P와 R 사이의 거리는 $3\times\frac{\lambda}{2}$=1.5λ이다.

바로알기 ㄴ. Q에서는 점선과 점선, 즉 골과 골이 만났으므로 보강 간섭이 일어난다.

5 물결파의 간섭

자료 분석



선택지 분석

✕ ㄱ. A점은 항상 밝은 무늬를 만든다. 무늬의 밝기가 주기적으로 변한다.

✕ ㄴ. B점은 상쇄 간섭을 일으키는 곳이다. 보강

◯ ㄷ. C점에서는 수면이 거의 진동하지 않는다.

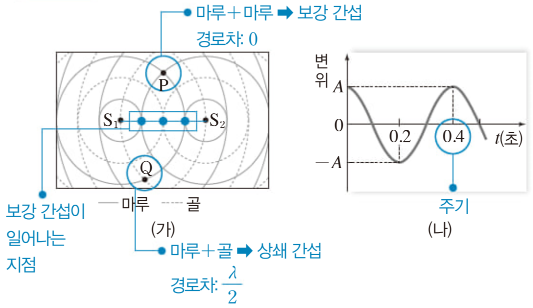
ㄷ. C점은 마루와 골이 만나는 지점으로 진폭이 작아지는 상쇄 간섭이 일어나므로 수면이 거의 진동하지 않는다.

바로알기 ㄱ. A점은 마루와 마루 또는 골과 골이 만나 보강 간섭이 일어나는 지점으로 수면의 높이가 계속 변하므로 무늬의 밝기가 변한다. 따라서 밝은 무늬와 어두운 무늬가 주기적으로 반복해서 나타난다.

ㄴ. B점은 어두운 무늬이지만 골과 골이 만나 보강 간섭을 하는 곳이다.

6 물결파의 간섭

자료 분석



선택지 분석

◯ ㄱ. 선분 S_1S_2에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 4개이다.

✕ ㄴ. t=0.2초일 때 Q에서 중첩된 수면파의 변위는 A이다. 0이다.

✕ ㄷ. S_1에서 발생시킨 수면파의 속력은 0.2 m/s이다. 0.25

ㄱ. S_1과 S_2 사이의 거리가 0.2 m이다. 두 점 사이의 거리는 두 파장이므로 물결파의 파장은 0.1 m임을 알 수 있다. 또한 S_1과 S_2 사이에 보강 간섭이 3군데 생기므로 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 4개라는 것을 알 수 있다.

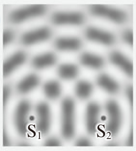
바로알기 ㄴ. Q는 상쇄 간섭이 일어나는 곳이다. 상쇄 간섭이 일어나는 곳은 시간에 관계없이 늘 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 Q에서 중첩된 수면파의 변위는 0이다.

ㄷ. P의 주기는 0.4초, 파장이 0.1 m이므로 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{0.1}{0.4}=$ 0.25(m/s)이다.

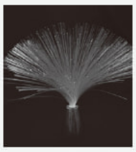
7 간섭에 의한 현상

선택지 분석

①
분산

② 

③
굴절

④ 
전반사

⑤
굴절과 분산

기름 막의 알록달록한 무늬는 기름 막의 위쪽에서 반사한 빛과 아래쪽에서 반사한 빛이 간섭을 일으켜 만든 것이다.

② 두 점파원에서 발생한 파동이 간섭하였다.

바로알기 ① 프리즘을 통과한 빛이 분산되었다.

③ 빛이 굴절되어 빨대가 꺾여 보인다.

④ 광섬유에서 빛이 전반사되고 있다.

⑤ 굴절과 분산에 의해 무지개가 보인다.

8 간섭의 활용

선택지 분석

① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

• A: 소음 제거 이어폰은 소음과 반대 위상의 파동을 만들어 상쇄 간섭으로 파동의 세기를 감소시킨다.

바로알기 • B: 돋보기는 볼록 렌즈에 의한 빛의 굴절을 이용해 상을 물체보다 크게 볼 수 있게 한다.

• C: 악기의 울림통은 북 가죽의 진동과 소리를 공명시켜 소리가 나게 하는 현상으로 보강 간섭을 이용한다.

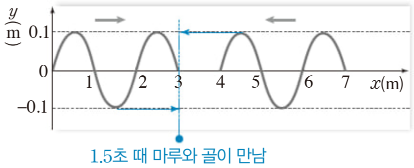
수능 3점

본책 154쪽 ~ 155쪽

1 ⑤	2 ①	3 ⑤	4 ①	5 ③	6 ④
7 ①	8 ①				

1 파동의 중첩

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 파동의 속력은 1 m/s이다.
ㄴ. 1.5초일 때, 3 m 지점에서 진폭은 0이다.
ㄷ. 3.5 m 지점에서는 항상 보강 간섭이 일어난다.

ㄱ. 진동수가 0.5 Hz이고, 파장이 2 m이므로 파동의 속력은 $v=f\lambda=0.5\times2=1$(m/s)이다.

ㄴ. 1.5초일 때 3 m 지점에는 왼쪽에서 오는 파동의 첫 번째 골과 오른쪽에서 오는 파동의 첫 번째 마루가 도달하므로 합성파의 진폭은 0이다.

ㄷ. 두 파동은 3.5 m 지점을 중심으로 좌우에서 대칭이 되어 다가온다. 따라서 3.5 m 지점에서는 항상 보강 간섭이 일어난다.

2 파동의 중첩

선택지 분석

ㄱ. A의 속력은 4 m/s이다.
ㄴ. A의 주기는 2초이다. 1초
ㄷ. t=2초일 때, 위치가 8 m인 지점에서 중첩된 파동의 변위는 2 cm이다. 0

ㄱ. A와 B 모두 1초 동안 4 m 이동하였으므로 속력은 4 m/s이다.

바로알기 ㄴ. 파동의 속력 $v=\frac{\lambda}{T}$에서 두 파동의 파장은 4 m, 파동의 속력은 4 m/s이므로 주기는 $\frac{4\ \text{m}}{4\ \text{m/s}}$=1초이다.

ㄷ. 2초 후 8 m인 지점에서는 두 파동의 변위가 0이므로 합성파의 변위도 0이다.

3 소리의 간섭

선택지 분석

ㄱ. b에서 두 스피커에서 발생한 소리는 상쇄 간섭을 한다.
ㄴ. c에서 두 스피커에서 발생한 소리는 보강 간섭을 한다.
ㄷ. e에서 두 스피커에서 발생한 소리는 같은 위상으로 중첩된다.

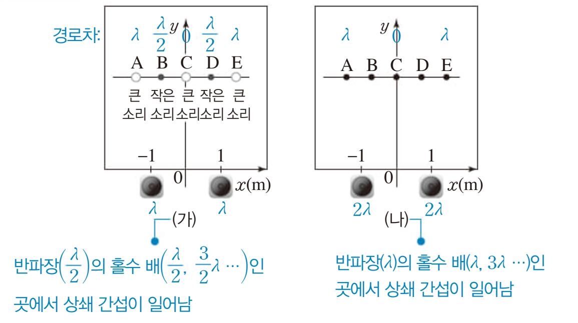
ㄱ. b에서 소리가 작게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 소리는 상쇄 간섭을 한다.

ㄴ. c에서 소리가 크게 들렸으므로 두 스피커에서 발생한 소리는 보강 간섭을 한다.

ㄷ. e에서 소리가 크게 들렸으므로 보강 간섭을 하였고, 두 스피커에서 발생한 소리는 같은 위상으로 중첩된다.

4 소리의 간섭

자료 분석



선택지 분석

① A, E　　~~②~~ B, D　　~~③~~ A, C, E
~~④~~ A, B, D, E　　~~⑤~~ A, B, C, D, E

진동수가 f일 때의 소리의 파장을 λ라고 하면, 큰 소리가 들린 곳에서의 소리의 경로차는 0, λ이다. 진동수가 $0.5f$가 되면 파장은 2λ가 되고, 경로차가 2λ의 반파장인 λ인 곳에서 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 소리가 작게 들리는 곳은 A와 E이다.

5 소리의 간섭

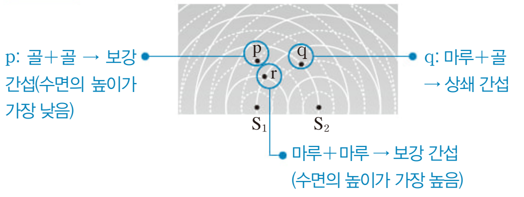
선택지 분석

ⓞ ㄱ. P에서는 소리의 보강 간섭이 일어난다.
ⓞ ㄴ. Q에서 L_1과 L_2의 차이는 반파장의 홀수 배이다.
✕ ㄷ. Q에서 소리의 진폭은 스피커 하나에서 발생한 소리의 진폭과 같다. 진폭보다 작다.

ㄱ. P는 소리가 가장 크게 들리는 지점이므로, P에서 합성파의 진폭이 가장 크다. 따라서 P에서는 소리의 보강 간섭이 일어난다.
ㄴ. Q는 소리가 가장 작게 들리는 지점이므로, Q에서 합성파의 진폭이 가장 작다. 따라서 Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 두 파원으로부터의 경로차가 반파장의 홀수 배인 곳이다.
바로알기 ㄷ. Q에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 합성파의 진폭이 원래 파동, 즉 스피커 하나에서 발생한 소리의 진폭보다 작다.

6 물결파의 간섭

자료 분석



선택지 분석

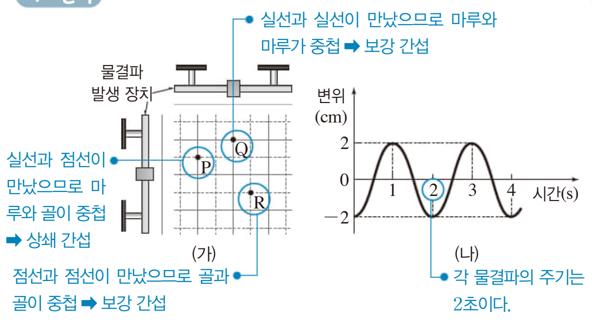
ⓞ ㄱ. p에서 보강 간섭이 일어난다.
✕ ㄴ. p, q, r 중 수면의 높이가 가장 낮은 곳은 q이다. p
ⓞ ㄷ. S_1, S_2에서 r까지의 경로차는 λ이다.

ㄱ. p는 골과 골이 만난 지점이므로 보강 간섭이 일어난다.
ㄷ. S_1로부터 r까지의 거리는 한 파장(λ), S_2로부터 r까지의 거리는 두 파장(2λ)이므로 경로차는 $2\lambda-\lambda=\lambda$이다.

바로알기 ㄴ. 수면의 높이가 가장 높은 곳은 마루와 마루가 만난 r, 수면의 높이가 가장 낮은 곳은 골과 골이 만난 p이다.

7 물결파의 간섭

자료 분석



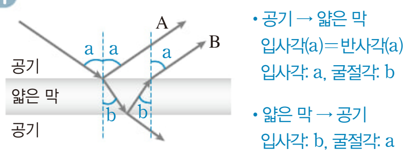
선택지 분석

ⓞ ㄱ. 두 물결파의 파장은 10 cm로 같다.
✕ ㄴ. 1초일 때, P에서 중첩된 물결파의 변위는 2 cm이다. 0
✕ ㄷ. 2초일 때, Q에서 중첩된 물결파의 변위는 0이다. 2 cm

ㄱ. 파동의 속력은 5 cm/s, 파동의 주기는 2 s이므로 파장 $\lambda=vT=5\ cm/s\times2\ s=10\ cm$이다.
바로알기 ㄴ. (나)에서 1초일 때 R의 변위가 2 cm이므로 x 방향으로 진행하는 파동의 마루와 $-y$ 방향으로 진행하는 파동의 마루가 중첩된 것이다. 이때 P에서는 x 방향 파동의 골과 $-y$ 방향 파동의 마루가 중첩하므로 변위는 0이다.
ㄷ. 2초일 때 R의 변위가 −2 cm이므로 파동의 골과 골이 중첩된 것이다. 이때 Q에서는 파동의 마루와 마루가 중첩하므로 변위는 2 cm이다.

8 얇은 막에서의 간섭

자료 분석



선택지 분석

ⓞ ㄱ. 두 빛 A, B는 공기 중에서 나란하다.
✕ ㄴ. 비누 막의 두께에 관계없이 A, B는 상쇄 간섭한다. 두께에 따라 상쇄 간섭 또는 보강 간섭한다.
✕ ㄷ. 빛 B의 속력은 비눗방울 속에서가 공기에서보다 크다. 작다.

ㄱ. 빛 A는 반사 법칙에 따라 입사각과 반사각이 같다. B가 비눗방울로 굴절하면서 각이 변하지만 비눗방울에서 공기로 나올 때 입사각은 공기에서 비눗방울로 들어갈 때의 굴절각과 같다. 따라서 A의 반사각과 같은 크기의 굴절각으로 공기를 빠져나오므로 A, B는 공기 중에서 나란히 진행한다.
바로알기 ㄴ. 막의 두께에 따라 두 빛 A, B의 경로차가 달라진다. 따라서 막의 두께에 따라 A, B는 보강 간섭을 하기도 하고, 상쇄 간섭을 하기도 한다.
ㄷ. B가 비눗방울에서 공기로 굴절할 때 입사각<굴절각이므로 속력은 비눗방울 속에서보다 공기에서 더 크다.

15 빛과 물질의 이중성

개념 확인

본책 157쪽, 159쪽

(1) 광전 효과 (2) 한계 (3) 진동수 (4) 세기 (5) CCD

(6) 드브로이, 파동 (7) 물질파, $\frac{h}{mv}$ (8) 물질파 (9) 짧아

(10) 투과 전자 현미경(TEM), 주사 전자 현미경(SEM)

수능 자료

본책 160쪽

자료❶	1 ○	2 ○	3 ○	4 ×	5 ○	6 ○	7 ×
자료❷	1 ○	2 ×	3 ○	4 ○	5 ×	6 ○	7 ×
자료❸	1 ×	2 ○	3 ×	4 ○	5 ○		
자료❹	1 ○	2 ○	3 ○	4 ○	5 ×	6 ○	7 ×

자료❶ 빛의 이중성

5 같은 빛을 비추었을 때 광전자의 최대 운동 에너지가 B가 더 크다는 것은 B의 일함수가 A보다 작기 때문이다.

7 Y를 B에 비추었을 때 B에서 방출한 전자가 있다는 것은 Y의 진동수가 B의 한계 진동수보다 크다는 것을 의미한다.

자료❷ 물질파

2 파장이 같을 때 속력과 질량이 반비례한다.

5 파장이 같을 때 속력은 A<B<C 순이다. 속력과 질량이 반비례하므로 질량은 A>B>C 순이다.

7 속력이 같을 때 질량은 A>B>C이다.

자료❸ 물질의 이중성

1 (가)에서 빛을 이중 슬릿에 통과시켰을 때, 스크린으로부터 이중 슬릿까지의 경로차에 따라 빛이 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 일으키는 현상은 빛의 파동성에 의한 것이다.

2 (나)에서 스크린에 도달하는 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타나는 현상은 (가)의 이중 슬릿을 통과한 빛의 간섭 실험에서와 같이 전자가 파동으로서 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 한 것으로 설명할 수 있다.

3 전자가 물질파의 형태로 스크린에 도달하여 전자의 양이 많은 지점과 적은 지점이 번갈아 가면서 나타나는 현상을 만들 때, 각 전자가 어느 쪽 슬릿을 통과했는지는 알 수 없다.

4 빛의 파장에 따라서 간섭무늬의 간격이 달라지듯이, 전자의 속력이 달라지면 전자의 물질파 파장이 달라지므로 전자 분포의 간격이 달라진다.

5 전자와 같은 입자도 빛과 마찬가지로 파동과 입자의 성질을 모두 가지고 있음을 알 수 있다.

자료❹ 전자 현미경

5 전자 현미경은 광학 현미경과 다르게 전자선을 자기렌즈로 조절해 초점을 맺게 한다. 따라서 빛이 없어도 볼 수 있다.

7 전자의 속력이 빨라야 물질파 파장이 짧아지고, 그래야 분해능이 좋아서 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

수능 1점

본책 161쪽

1 (1) ㄷ (2) ㄱ (3) ㄹ (4) ㄴ **2** hf **3** ㄴ, ㄷ **4** (1) f_0 (2) hf_0
5 ㄱ, ㄴ **6** 3 : 2 **7** 파동성 **8** (1) 파동 (2) 반비례
9 (1) 주사 (2) 투과 (3) 투과

1 (1) 광전 효과는 금속에 빛을 비추면 전자가 튀어나오는 현상이다.
(2) 광전 효과에서 튀어나오는 전자를 광전자라고 한다.
(3) 한계 진동수는 금속에서 광전자를 방출할 수 있게 하는 빛의 최소한의 진동수이다.
(4) 아인슈타인은 빛이 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 입자의 흐름이라는 광양자설을 발표하여 광전 효과의 해석에 성공한다.

2 플랑크 상수를 h, 진동수를 f라고 하면 광자 한 개는 hf만큼의 에너지를 갖는다.

3 ㄴ, ㄷ. 광전자를 방출시킬 수 있는 방법은 빛의 진동수를 증가시키거나 일함수가 작은 금속으로 바꿔 주는 것이다.
바로알기 ㄱ. 광전 효과가 일어날 때 빛의 세기를 증가시키면 더 많은 광전자가 방출되지만, 쪼여 준 빛의 진동수가 한계 진동수보다 작아 광전자가 방출되지 않는 금속에서는 빛의 세기를 증가시켜도 광전자가 나오지 않는다.

4 (1) (나)에서 한계 진동수는 f_0이다.
(2) 금속의 일함수는 플랑크 상수와 한계 진동수의 곱이다. 따라서 hf_0이다.

5 ㄱ. CCD(전하 결합 소자)에는 광 다이오드가 들어 있으므로 광전 효과를 이용하여 영상을 기록한다.
ㄴ. 광 다이오드는 빛 신호를 전기 신호로 전환시키므로 CCD는 빛에너지를 전기 에너지로 전환시킨다.
바로알기 ㄷ. CCD는 광전 효과를 이용하여 영상을 기록하는 장치로, 빛의 입자성을 이용한다.

6 드브로이 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 파장의 비는 다음과 같다.

$$\lambda_A : \lambda_B=\frac{1}{2m\times v} : \frac{1}{m\times 3v}=3 : 2$$

7 전자선이 X선의 회절 실험과 같은 무늬를 만들었으므로 전자의 파동성을 확인할 수 있다. 간섭과 회절은 파동에서만 일어날 수 있는 특성이다.

8 (1) 전자를 이중 슬릿에 입사시켰을 때 간섭무늬가 나타난다는 것으로 전자의 파동성을 알 수 있다.
(2) 물질파 파장 $\lambda=\frac{h}{mv}$이다. 따라서 전자의 물질파 파장은 전자의 운동량과 반비례 관계이다.

9 (1) 주사 전자 현미경은 시료 표면을 스캔하여 시료의 입체적 모양을 관찰할 수 있다.
(2) 투과 전자 현미경은 시료 내부를 지나므로 시료의 내부 구조를 관찰할 수 있다.
(3) 투과 전자 현미경은 시료를 매우 얇게 만들어야 회절이 일어나지 않아 시료를 잘 관찰할 수 있다.

수능 2점

본책 162쪽～164쪽

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

1 광전 효과

선택지 분석

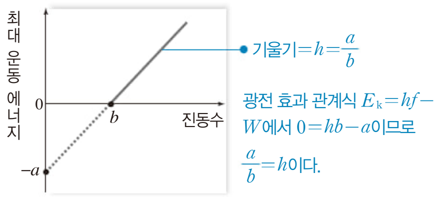
~~ㄱ.~~ 금속판의 일함수가 2배가 된다. 변함 없다.
ⓛ 방출되는 광전자의 개수가 2배가 된다.
~~ㄷ.~~ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 2배가 된다. 변함 없다.

ㄴ. 광자의 수를 2배로 하면 빛의 세기가 2배가 된다. 따라서 방출되는 광전자의 개수도 2배가 된다.

바로알기 ㄱ. 금속판의 일함수는 금속의 고유한 성질이므로 쪼여 주는 빛의 세기나 진동수와는 무관하다.
ㄷ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 2배가 되기 위해서는 쪼여 주는 빛의 진동수를 증가시켜야 한다.

2 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

자료 분석



선택지 분석

① $\frac{a}{b}=h$　　~~②~~ $\frac{a}{b}=\frac{1}{h}$　　~~③~~ $b=af$
~~④~~ $b=\frac{1}{a}f$　　~~⑤~~ $a=\frac{1}{b}$

① 최대 운동 에너지 E_k와 진동수 f, 일함수 W의 관계식 $E_k=hf-W$에서 그래프의 기울기는 h이다. 따라서 기울기 $\frac{a}{b}=h$이다.

3 광전 효과와 광전자의 최대 운동 에너지

자료 분석

• Y는 A의 일함수보다 에너지가 작다.
• Y의 진동수는 A의 한계 진동수보다 작다.

금속판	광전자의 최대 운동 에너지	
	X를 비춘 경우	Y를 비춘 경우
A	E_0	광전자가 방출되지 않음
B	$3E_0$	E_0

B의 일함수가 A보다 작기 때문에 똑같은 X를 비추었지만 B에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지가 큰 것이다.

선택지 분석

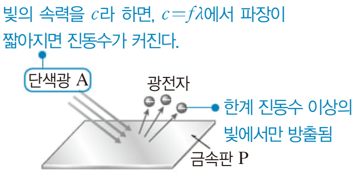
㉠ $f_X>f_Y$이다.
~~ㄴ.~~ $E_0=hf_X$이다. $E_0=hf_X-W$
~~ㄷ.~~ Y의 세기를 증가시켜 A에 비추면 광전자가 방출된다. 방출되지 않는다.

ㄱ. 같은 금속 A에 X와 Y를 비추었을 때 X를 비추었을 때는 광전자가 방출되었지만, Y를 비추었을 때는 광전자가 방출되지 않았다. 즉 X의 진동수가 Y의 진동수보다 크다는 것을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. 금속에 쪼여 준 빛에너지는 금속의 일함수와 금속에서 방출된 광전자의 최대 운동 에너지의 합과 같다. 즉, A의 일함수를 W라고 하면, $hf_X=W+E_0$이다. 따라서 $E_0=hf_X-W$이다.
ㄷ. Y를 A에 비추었을 때 광전자가 방출되지 않았다. 이때 Y의 세기만 증가시키면 광전자가 나오지 않는다.

4 광전 효과와 빛의 세기 및 진동수의 관계

자료 분석



• A의 세기를 감소시켜 P에 비추면, P에서 (가)
• 파장이 A보다 짧고, 세기가 A와 같은 단색광 B를 P에 비추면, P에서 (나)

선택지 분석

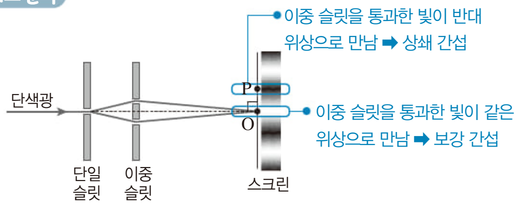
~~ㄱ.~~ 광전자가 방출되지 않는다.
ⓛ 방출되는 광전자의 개수가 감소한다. (가)
ⓒ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 더 커진다. (나)

ㄴ. (가) 단색광 A를 비추었을 때 광전자가 방출되므로, A의 진동수는 한계 진동수보다 크다. 따라서 단색광 A의 세기가 약해져도 광전자가 방출되지만, 방출되는 광전자의 개수는 감소한다.
ㄷ. (나) 광자의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로, 빛의 파장이 짧을수록 광자의 에너지가 크다. 금속에 비춘 빛의 에너지 중 일부는 전자를 금속에서 떼어 내는 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.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)는 모두 광전자가 방출된다.

5 빛의 이중성

자료 분석



선택지 분석

㉠ O에서는 보강 간섭이 일어난다.
~~ㄴ.~~ 이중 슬릿을 통과하여 P에서 간섭한 빛의 위상은 서로 같다. 반대이다.
~~ㄷ.~~ 간섭은 빛의 입자성을 보여 주는 현상이다. 파동성

ㄱ. 스크린상의 점 O는 밝은 무늬의 중심이므로, 이중 슬릿을 통과한 빛이 스크린에서 같은 위상으로 만나 보강 간섭이 일어나는 지점이다.

바로알기 ㄴ. 점 P는 어두운 무늬의 중심이므로 이중 슬릿의 두 틈에서 나온 빛이 상쇄 간섭한 지점이다. 따라서 이중 슬릿을 통과하여 P에서 간섭한 빛의 위상은 서로 반대이다.
ㄷ. 빛의 간섭 현상은 빛의 파동성을 보여 주는 현상이다.

6 디지털카메라의 원리

선택지 분석

ㄱ 디지털카메라에 있는 CCD가 필름 카메라의 필름 역할을 한다.

ㄴ 디지털카메라에 있는 CCD에 저장되는 전자의 수는 화소에 도달하는 빛의 세기에 비례한다.

~~ㄷ~~. 디지털카메라에서는 렌즈가 필요 없다. 필요하다.

ㄱ. 디지털카메라에서는 필름 대신 이미지 센서인 CCD를 이용하여 영상을 저장한다.

ㄴ. 화소에서 발생하는 광전자의 수는 입사하는 광자의 수에 비례하므로 화소에 도달하는 빛의 세기에 비례한다.

바로알기 ㄷ. 디지털카메라에서 렌즈는 빛을 굴절시켜 CCD에 상을 맺게 하므로 필요하다.

7 빛의 이중성

자료 분석

간섭은 파동만의 특성이다. ➡ 빛의 파동성

파동은 매질에 따라 속도가 달라진다. ➡ 빛의 파동성

오랫동안 과학자들 사이에 빛이 파동인지 입자인지에 관한 논쟁이 있어 왔다. 19세기에 빛의 간섭 실험과 매질 내에서 빛의 속력 측정 실험 등으로 빛의 파동성이 인정받게 되었다. 그러나 빛의 파동성으로 설명할 수 없는 [㉠]을/를 아인슈타인이 광자(광양자)의 개념을 도입하여 설명한 이후, 여러 과학자들의 연구를 통해 빛의 입자성도 인정받게 되었다.

선택지 분석

ㄱ 광전 효과는 ㉠에 해당된다.

ㄴ 전하 결합 소자(CCD)는 빛의 입자성을 이용한다.

ㄷ 비눗방울에서 다양한 색의 무늬가 보이는 현상은 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.

ㄱ. 광전 효과는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

ㄴ. 빛의 세기에 대한 영상 정보를 기록하는 방법은 렌즈를 통해 들어온 빛이 CCD의 화소에 닿으면 광전 효과 때문에 전자가 발생하며 이때 전자의 양을 전기 신호로 변환하여 영상 정보를 기록한다.

ㄷ. 비눗방울과 같이 얇은 막에서는 막의 표면에서 반사한 빛과 막을 통과한 후 막의 내부 경계면에서 반사해 나온 빛의 간섭에 의해 다양한 색의 무늬가 보인다.

8 물질의 이중성

자료 분석

• 질량: 전자 < 야구공
• 속력: 전자 = 야구공
운동량: 전자 < 야구공

• 물질파 파장: 전자 > 야구공

선택지 분석

ㄱ 운동량의 크기는 야구공이 전자보다 크다.

~~ㄴ~~. 야구공의 물질파 파장은 전자의 물질파 파장보다 길다. 짧다.

~~ㄷ~~. 야구공의 물질파 파장은 너무 길어서 측정하기 어렵다. 짧아서

ㄱ. 야구공의 질량이 전자의 질량보다 크고, 속력은 같으므로 운동량의 크기는 야구공이 전자보다 크다.

바로알기 ㄴ. 물질파 파장 $\lambda=\frac{h}{mv}$에서 야구공과 전자의 속력은 같으므로 물질파 파장은 질량에 반비례한다. 따라서 질량이 작은 전자의 물질파 파장이 길다.

ㄷ. 야구공은 질량이 크기 때문에 물질파 파장이 너무 짧아서 측정하기 어렵다.

9 전자선과 X선에 의한 회절 무늬

선택지 분석

~~ㄱ~~. X선은 전자들로 이루어져 있다. 결과만으로는 알 수 없다.

~~ㄴ~~. 전자선과 X선의 속력은 서로 같다. 같지 않다.

ㄷ 전자선은 X선과 마찬가지로 파동성을 가지고 있다.

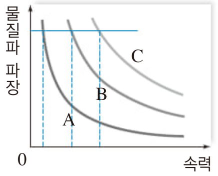
ㄷ. 전자선도 X선과 마찬가지로 회절 무늬를 나타내므로 전자선이 파동성을 가진다는 것을 알 수 있다.

바로알기 ㄱ. 주어진 실험 결과만으로는 X선이 전자로 이루어져 있다는 것을 알 수 없다.

ㄴ. X선은 전자기파이므로 빛의 속력과 같다. 따라서 전자선과 X선의 속력은 서로 같지 않다.

10 운동량과 물질파 파장의 관계

자료 분석



물질파 파장이 같을 때 속력을 비교하면 A < B < C이다.

선택지 분석

~~ㄱ~~. A, B의 운동량 크기가 같을 때, 물질파 파장은 A가 B보다 짧다. 같다.

ㄴ A, C의 물질파 파장이 같을 때, 속력은 A가 C보다 작다.

~~ㄷ~~. 질량은 B가 C보다 작다. 크다.

ㄴ. 그래프에서 파장이 같으면 속력은 C가 A보다 크다.

바로알기 ㄱ. 운동량 p와 물질파 파장 λ의 관계는 $p=\frac{h}{\lambda}$이다. 따라서 운동량 크기가 같으면 물질파 파장도 같다.

ㄷ. B와 C의 물질파 파장이 같으면 운동량 크기도 같다. 그런데 속력이 C가 B보다 크므로 입자의 질량은 B가 C보다 크다.

11 전자 현미경의 원리

선택지 분석

~~①~~ 빛의 이중성 ~~②~~ 빛의 입자성 ~~③~~ 빛의 파동성
~~④~~ 전자의 입자성 ⑤ 전자의 파동성

⑤ 광학 현미경에서 사용하는 빛의 파장은 한정되어 있다. 전자 현미경은 빛의 파장보다 더 작은 물체를 관찰하기 위해서 전자선으로 파장이 훨씬 짧은 파동을 만들어 사용한다. 전자 현미경은 전자의 파동성, 즉 물질파를 이용한 예이다.

12 주사 전자 현미경

선택지 분석

ㄱ. 자기장을 이용하여 전자선을 제어하고 초점을 맞춘다.
ㄴ. 전자의 속력이 클수록 전자의 물질파 파장은 짧아진다.
ㄷ. 전자의 속력이 클수록 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

ㄱ. 전자 현미경은 광학 현미경과는 달리 자기렌즈로 초점을 맞춘다.
ㄴ. $\lambda=\dfrac{h}{mv}$에서 전자의 속력과 물질파 파장은 반비례 관계이다. 따라서 전자의 속력이 클수록 물질파 파장은 짧아진다.
ㄷ. 파장이 짧으면 회절이 잘 일어나지 않아 분해능이 좋고 더 작은 구조까지 관찰이 가능하다.

수능 3점

본책 165쪽 ~ 167쪽

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

1 광전 효과 실험

선택지 분석

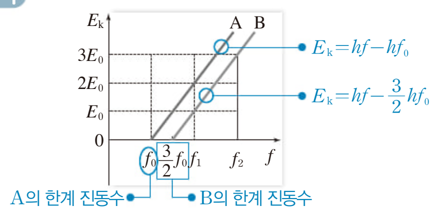
ㄱ. 진동수는 A가 B보다 작다.
~~ㄴ.~~ 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 t_2일 때가 t_3일 때보다 작다. t_2일 때와 t_3일 때가 같다.
~~ㄷ.~~ t_4일 때 광전자가 방출된다. 되지 않는다.

ㄱ. t_1일 때에는 A만 비추었는데 광전자가 방출되지 않았으므로 광전 효과가 일어나지 않았고, 이때 A의 진동수 f_A는 금속의 문턱 진동수(f_0)보다 작다. t_2일 때에는 A와 B를 동시에 비춘 경우이고 광전자가 방출되었다. A에 의해서는 광전 효과가 일어나지 않으므로 단색광 B에 의해 광전 효과가 일어난다는 것을 알 수 있다. 이때 B의 진동수 f_B는 금속의 문턱 진동수(f_0)보다 크므로 $f_A<f_0<f_B$이다. 따라서 진동수는 A가 B보다 작다.

바로알기 ㄴ. t_2일 때와 t_3일 때 A와 B를 비췄고 B의 빛의 세기가 달라졌지만 광전자의 최대 운동 에너지는 B의 진동수에 의해서만 결정되므로 t_2일 때와 t_3일 때 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 같다.
ㄷ. t_4일 때는 B는 비추지 않고, A만 비춘 경우이므로 광전자는 방출되지 않는다.

2 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

자료 분석



선택지 분석

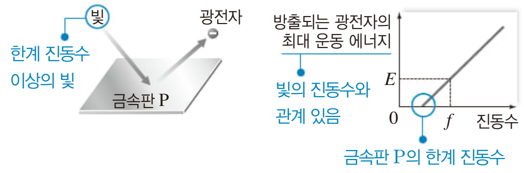
ㄱ. $f_1=2f_0$이다.
~~ㄴ.~~ B의 일함수는 $2E_0$이다. $3E_0$
~~ㄷ.~~ A에 진동수가 f_2인 빛을 비추었을 때 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는 $5E_0$이다. $4E_0$

ㄱ. A에서 $2E_0=hf_1-hf_0$이고, B에서 $E_0=hf_1-\dfrac{3}{2}hf_0$이다. 두 식으로부터 $E_0=\dfrac{1}{2}hf_0$이다. 이것을 위 식에 대입하면 $hf_0=hf_1-hf_0$이므로 $f_1=2f_0$이다.

바로알기 ㄴ. $E_0=\dfrac{1}{2}hf_0$이므로 A의 일함수는 $hf_0=2E_0$이고, B의 일함수는 $\dfrac{3}{2}hf_0=3E_0$이다.
ㄷ. B의 일함수는 $\dfrac{3}{2}hf_0=3E_0$이고, 그래프 B에서 $3E_0=hf_2-\dfrac{3}{2}hf_0$이므로 두 식에서 $f_2=3f_0$이다. 따라서 A에 진동수가 f_2인 빛을 비추었을 때 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는 $3hf_0-hf_0=2hf_0=4E_0$이다.

3 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

자료 분석



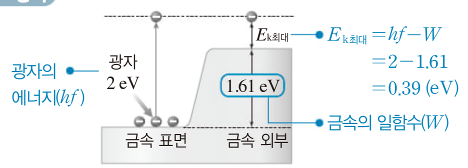
선택지 분석

ㄱ. 진동수가 f이고 세기가 $2I$인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 E이다.
ㄴ. 진동수가 $2f$이고 세기가 I인 빛을 P에 비추면, 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 E보다 크다.
ㄷ. 빛의 입자성을 보여 주는 현상이다.

ㄱ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 비춰 준 빛의 진동수에 의해 결정된다. 진동수가 f로 변하지 않았으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 E이다. 이때 빛의 세기는 광전자의 최대 운동 에너지에 영향을 주지 않는다.
ㄴ. 진동수가 $2f$인 빛을 비추면 광전자의 최대 운동 에너지는 E보다 커진다.
ㄷ. 광전 효과는 빛을 입자들의 흐름으로 설명하므로, 빛의 입자성을 입증하는 현상이다.

4 광전 효과의 해석

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 금속의 일함수는 1.61 eV이다. (○)

ㄴ. 방출된 광전자의 최대 운동 에너지는 0.39 eV이다. (○)

ㄷ. 이 빛을 일함수가 3.21 eV인 금속에 비추면 전자가 방출된다. (×) 방출되지 않는다.

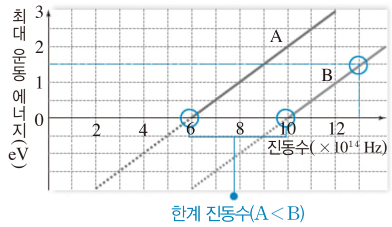
ㄱ. 1.61 eV 이상에서 전자의 운동 에너지가 생기므로 이 금속의 일함수는 1.61 eV이다.

ㄴ. 금속 표면의 전자에 2 eV에 해당하는 에너지가 공급되므로 방출되는 전자의 최대 운동 에너지는 2 eV−1.61 eV=0.39 eV이다.

바로알기 ㄷ. 일함수가 광자의 에너지보다 크므로 전자가 방출되지 않는다.

5 광전 효과 실험의 해석

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 금속 A에서 광전자를 방출시키는 데 필요한 빛의 최소 진동수는 6×10^{14} Hz이다. (○)

ㄴ. 빛의 진동수가 같으면 금속 A와 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 같다. (×) A>B이다.

ㄷ. 금속 B에서 나오는 광전자의 최대 운동 에너지가 1.5 eV가 되도록 하려면 진동수 1.3×10^{15} Hz인 빛을 쪼여 주어야 한다. (○)

ㄱ. 금속 A의 한계 진동수는 6×10^{14} Hz이다. 따라서 A에서 광전자를 방출시키는 데 필요한 빛의 최소 진동수는 6×10^{14} Hz이다.

ㄷ. 그래프를 보면 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 1.5 eV가 되는 빛의 진동수는 1.3×10^{15} Hz이다.

바로알기 ㄴ. 한계 진동수는 B가 A보다 크므로 금속의 일함수(W)는 B가 A보다 크다. 최대 운동 에너지 $E_k=hf-W$에서 같은 진동수의 빛을 쪼여 주었을 때 W가 클수록 E_k가 작다. 따라서 B에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지가 A에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지보다 작다.

6 광전 효과

선택지 분석

ㄱ. 금속의 종류에 따라 다르다. (○)

ㄴ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 W에 비례한다. (×) 비례 관계가 아니다.

ㄷ. 금속 내 원자의 바닥상태에 있는 전자를 금속 외부로 방출하는 데 필요한 최소 에너지이다. (×) 자유 전자

ㄱ. W는 전자를 떼어 내는 데 필요한 최소한의 에너지이므로, 일함수이다. 일함수는 금속의 종류에 따라 다르다.

바로알기 ㄴ. 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_k=hf-W$에서 W가 작을수록 크다. 따라서 E_k와 W는 비례 관계가 아니다.

ㄷ. 일함수는 금속 내 원자의 바닥상태에 있는 전자가 아닌 자유 전자를 금속 외부로 방출하는 데 필요한 최소 에너지이다.

7 빛의 세기, 진동수와 광전 효과

자료 분석

빛	진동수	세기
A	$0.5f_0$	$2I_0$
B	$2f_0$	I_0
C	$2f_0$	$0.5I_0$

A의 진동수: 한계 진동수(f_0)보다 작은 빛
B, C의 진동수: 한계 진동수(f_0)보다 큰 빛
B, C의 세기: 광전류의 세기: B>C

선택지 분석

ㄱ. 광전류는 A, B, C에서 모두 흐른다. (×) B, C에서만

ㄴ. 광전류의 세기는 B에서가 C에서보다 작다. (×) 크다.

ㄷ. 광전자의 최대 운동 에너지는 B와 C가 같다. (○)

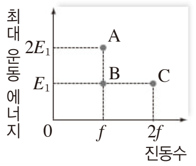
ㄷ. 금속판의 일함수는 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 진동수가 클수록 커진다. 따라서 B와 C에서 광전자의 최대 운동 에너지는 같다.

바로알기 ㄱ. A는 진동수가 한계 진동수보다 작으므로 광전 효과가 일어나지 않아 광전류가 흐르지 않는다.

ㄴ. 광전류의 세기는 빛의 세기가 셀수록 크므로 B에서가 C에서보다 크다.

8 광전자의 최대 운동 에너지와 진동수의 관계

자료 분석



$W=hf-E_k$이므로 $W_A=hf-2E_1$, $W_B=hf-E_1$, $W_C=2hf-E_1$이다.

선택지 분석

ㄱ. C의 일함수가 가장 크다. (○)

ㄴ. $hf=3E_1$이다. (○)

ㄷ. C에 진동수가 f인 빛을 비추면 광전자가 튀어나오지 않는다. (○)

ㄱ. 금속 A, B, C의 일함수를 각각 W_A, W_B, W_C라고 하면 $W_A=hf-2E_1$, $W_B=hf-E_1$, $W_C=2hf-E_1$이다. 따라서 C의 일함수가 가장 크다.

ㄴ. B의 일함수는 A의 2배이므로 $W_B=2W_A$에서 $hf-E_1=2(hf-2E_1)$, $hf=3E_1$이다.

ㄷ. C에 진동수가 f인 빛을 비추면 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_k=hf-W_C=hf-(2hf-E_1)=-hf+E_1=-3E_1+E_1=-2E_1<0$이다. 따라서 광전자가 튀어나오지 않는다.

9 전자선 회절 실험

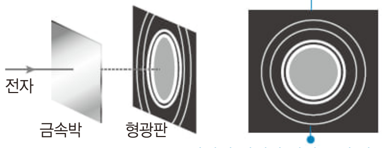
선택지 분석

ㄱ. 전자들은 서로 간섭을 한다.
ㄴ. 전자선의 파동성을 나타내고 있다.
~~ㄷ.~~ 전자선의 속력은 빛의 속력과 같다. 알 수 없다.

ㄱ. 스크린에 나타나는 무늬의 형태는 전자들이 서로 간섭하여 만든 무늬로 해석할 수 있다.
ㄴ. 간섭은 파동의 특성이므로 전자들이 서로 간섭한 것으로부터 전자선이 파동성을 나타내고 있음을 알 수 있다.
바로알기 ㄷ. 전자선의 속력은 이 실험으로는 확인할 수 없다.

10 전자선 회절 실험

자료 분석



선택지 분석

ㄱ. 전자가 파동의 성질을 갖는다는 것을 알 수 있다.
~~ㄴ.~~ 전자의 속력을 증가시키면 무늬의 간격이 커진다. 작아진다.
~~ㄷ.~~ 무늬가 생긴 까닭을 광전 효과의 원리로 설명할 수 있다. 없다.

ㄱ. 회절은 파동만의 특성이므로 전자가 파동성을 갖는다는 것을 알 수 있다.
바로알기 ㄴ. 물질파의 파장 $\lambda=\dfrac{h}{mv}$이므로 전자의 속력이 증가하면 파장이 짧아진다. 따라서 회절이 좁은 범위에서 일어나므로 무늬의 간격도 작아진다.
ㄷ. 이 실험에서 생긴 무늬는 전자의 회절 무늬로 전자의 파동성을 보여 준다. 광전 효과는 빛의 입자성의 증거이다.

11 전자 현미경

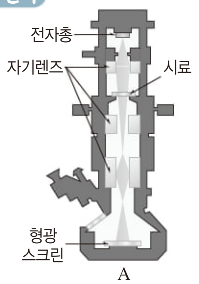
선택지 분석

ㄱ. 전자의 물질파 파장은 가시광선의 파장보다 짧다.
~~ㄴ.~~ 분해능을 증가시키기 위해서는 전자의 속력을 감소시켜야 한다. 증가
ㄷ. 전압 V로 가속된 전자의 드브로이 파장은 $\dfrac{h}{\sqrt{2meV}}$이다.

ㄱ. 전자 현미경의 분해능이 광학 현미경보다 좋고, 파장이 짧을수록 분해능이 좋다고 하였으므로 전자 현미경에서 사용하는 전자의 드브로이 파장은 광학 현미경에서 사용하는 가시광선의 파장보다 짧다.
ㄷ. $eV=\dfrac{1}{2}mv^2$에서 $\dfrac{(mv)^2}{2m}=eV$이다. 따라서 전자의 드브로이 파장은 $\lambda=\dfrac{h}{mv}=\dfrac{h}{\sqrt{2meV}}$이다.
바로알기 ㄴ. 분해능은 파장이 짧아야 증가하므로 $\lambda=\dfrac{h}{mv}$에서 속력 v를 증가시켜야 물질파 파장이 짧아진다.

12 전자 현미경

자료 분석



형광 스크린에 시료의 2차원적 단면 구조의 상이 맺힌다.

실험	드브로이 파장	운동 에너지
Ⅰ	λ_0	E_0
Ⅱ	$\dfrac{\lambda_0}{2}$	㉠

$\lambda\propto\dfrac{1}{\sqrt{E}}$ ➡ ㉠: $4E_0$

선택지 분석

ㄱ. 전자는 물체를 통과하면서 회절한다.
ㄴ. 전자의 파동성을 이용하여 시료를 관찰한다.
~~ㄷ.~~ ㉠은 $2E_0$이다. $4E_0$

ㄱ. 전자가 파동의 성질을 나타내므로 물체를 통과한 후 회절한다.
ㄴ. 전자 현미경은 전자의 물질파를 이용하므로, 전자의 파동성을 이용하여 시료를 관찰한다.
바로알기 ㄷ. 전자의 운동 에너지 $E=\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{(mv)^2}{2m}$에서 $mv=\sqrt{2mE}$이므로, 전자의 드브로이 파장 $\lambda=\dfrac{h}{mv}=\dfrac{h}{\sqrt{2mE}}$이다. 즉, 드브로이 파장 $\lambda\propto\dfrac{1}{\sqrt{E}}$로 운동 에너지의 제곱근에 반비례한다. 전자의 드브로이 파장이 λ_0일 때 운동 에너지가 E_0이므로, 드브로이 파장이 $\dfrac{\lambda_0}{2}$일 때 운동 에너지는 $4E_0$이다.

오투와 오답노트 만들기

틀린 까닭

❶ 착각이나 실수로 틀렸다. ➡ 실수가 발생한 원인이 무엇인지 구체적으로 적고 방법을 정리한다.

❷ 모르는 개념이나 공식이 나와 틀렸다. ➡ 실수한 문제에 올바른 공식과 개념을 적는다.

❸ 처음부터 손도 못 대고 포기했다. ➡ 풀이 과정을 읽어보고, 풀지 못한 까닭을 적는다.

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

오투와 오답노트 만들기

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

오투와 오답노트 만들기

단원명 :

쪽수 :

틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

단원명 :

쪽수 :

틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

오투와 오답노트 만들기

단원명 :

쪽수 :

틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

단원명 :

쪽수 :

틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

오투와 오답노트 만들기

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것

단원명 : 쪽수 : 틀린 까닭 ❶ ❷ ❸

문제

기억해야 할 것