수능특강

과학탐구영역

물리학 I

정답과 해설

01 힘과 운동

수능 2점 테스트

본문 13~18쪽

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

01 운동의 분류

물체의 운동은 물체의 속력 변화와 운동 방향의 변화에 따라 분류할 수 있다. 즉, 속력과 운동 방향이 모두 일정한 등속 직선 운동, 속력만 변하는 운동, 운동 방향만 변하는 운동, 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동이 있다.

~~ㄱ~~. A는 자유 낙하 운동을 하므로 물체에 작용하는 힘은 중력으로 일정하고 속력이 증가하는 직선 운동이므로 운동 방향과 가속도의 방향은 같다. 따라서 ㉠은 A가 아니다.

ㄴ. B에 작용하는 알짜힘의 방향은 일정하고 운동 방향과 가속도의 방향이 서로 다르므로 ㉠은 B이고, ㉡은 A이다. A는 속력이 증가하는 직선 운동이므로 A의 운동 방향과 가속도의 방향이 같다. 따라서 (가)는 ○이다.

~~ㄷ~~. C는 줄이 물체를 당기는 힘에 의해 등속 원운동을 하므로 C의 운동 방향과 알짜힘의 방향은 같지 않다.

02 운동의 분류

A는 운동 방향이 변하는 운동, B는 운동 방향과 속력이 변하는 운동, C는 속력이 변하는 운동을 한다. 따라서 A, B, C는 모두 속도가 변하는 운동을 한다.

ㄱ. A는 등속 원운동을 하므로 A의 운동 방향은 변한다.

~~ㄴ~~. B는 운동 방향과 속력이 모두 변하는 운동을 하므로 B는 속도가 변하는 가속도 운동을 한다.

ㄷ. C는 속력이 증가하는 직선 운동을 하므로 C의 운동 방향과 C에 작용하는 알짜힘의 방향은 서로 같다.

03 운동의 분류

등속 직선 운동은 속력과 운동 방향이 모두 일정하다. 가속도 운동은 속력만 변하는 운동, 운동 방향만 변하는 운동(등속 원운동), 속력과 운동 방향이 모두 변하는 운동(포물선 운동)을 모두 포함한다.

⑤ A는 운동 방향만 변하는 등속 원운동, B는 속력과 운동 방향이 모두 변하는 포물선 운동, C는 속력만 변하는 등가속도 직선 운동, D는 속력과 운동 방향이 모두 변하지 않는 등속 직선 운동이 적절하다.

04 운동의 분류

물체가 Ⅰ에서는 등속도 운동을, Ⅱ에서는 속력이 감소하고 운동 방향이 변하는 운동을, Ⅲ에서는 중력에 의해 속력이 감소하는 등가속도 직선 운동을 한다.

ㄱ. Ⅰ에서 물체는 등속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

ㄴ. Ⅱ에서 물체는 원 궤도를 따라 운동하므로 운동 방향이 계속 변하고, 위로 올라가므로 속력은 감소한다. 따라서 물체는 가속도 운동을 한다.

~~ㄷ~~. Ⅲ에서 물체에 작용하는 중력의 방향은 물체의 운동 방향과 반대이므로 물체는 속력이 감소하는 직선 운동을 한다. 따라서 물체의 운동 방향과 가속도의 방향은 서로 반대이다.

05 위치 – 시간 그래프 분석

물체의 운동 방향과 가속도의 방향이 같을 때 물체의 속력은 증가하고, 물체의 운동 방향과 가속도의 방향이 반대일 때 물체의 속력은 감소한다. 정지 상태에서 출발하여 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 이동 거리는 시간의 제곱에 비례한다.

~~ㄱ~~. 0초부터 2초까지 물체의 속력은 감소하므로 1초일 때 물체의 운동 방향과 가속도의 방향은 서로 반대이다.

~~ㄴ~~. 0초부터 2초까지 등가속도 직선 운동을 하고 2초일 때 속력이 0이므로 0초부터 1초까지 이동 거리는 1초부터 2초까지 이동 거리의 3배이다. 따라서 $d_1 : d_2 = 3 : 4$가 되어 $d_2 = \frac{4}{3}d_1$이다.

ㄷ. 등가속도 직선 운동을 하는 구간인 2초부터 3초까지 물체의 평균 속력은 3초일 때 속력의 $\frac{1}{2}$배이다.

따라서 $\frac{d_2 - d_1}{1} = \frac{1}{2} \times \frac{d_1}{t_0 - 3}$이 되어 $t_0 = \frac{9}{2}$초이다.

06 속도 – 시간 그래프 분석

물체의 운동 방향과 가속도의 방향이 같을 때 물체의 속력은 증가하고, 물체의 운동 방향과 가속도의 방향이 반대일 때 물체의 속력은 감소한다. 물체의 이동 거리가 같을 때 물체의 평균 속력과 걸린 시간은 반비례한다.

~~ㄱ~~. $t=0$부터 $t=2t_0$까지 물체의 속력은 감소하므로 $t=t_0$일 때 물체의 운동 방향과 가속도의 방향은 서로 반대이다.

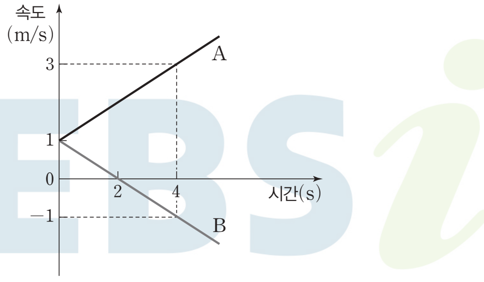
~~ㄴ~~. $t=0$부터 $t=2t_0$까지와 $t=2t_0$부터 $t=5t_0$까지 물체의 이동 거리가 같다. $t=2t_0$일 때 물체의 속력을 v라 하면

$\frac{v_0+v}{2} \times 2t_0 = v \times 3t_0$이므로 $v = \frac{1}{2}v_0$이다.

ㄷ. $t=2t_0$부터 $t=5t_0$까지 물체의 이동 거리는 $\frac{1}{2}v_0 \times 3t_0 = \frac{3}{2}v_0t_0$이다.

07 속도와 가속도

속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도, 그래프가 시간 축과 이루는 면적은 변위이다. A, B의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



ㄱ. 2초일 때, A의 가속도의 크기는 $\frac{3\text{ m/s}-1\text{ m/s}}{4\text{ s}}=0.5\text{ m/s}^2$이다.

~~ㄴ~~. A의 속도와 가속도의 방향을 (+)라 하면 B의 가속도는 -0.5 m/s^2이다. B의 운동 방향이 바뀌는 순간 B의 속도는 0이고 0초부터 B의 운동 방향이 바뀌는 순간까지 걸린 시간을 t라 하고 등가속도 직선 운동 식을 적용하면 $0=1\text{ m/s}-0.5\text{ m/s}^2\times t$가 되어 $t=2$초이다.

ㄷ. 0초부터 4초까지 A의 평균 속력은 2 m/s이므로 A의 이동 거리는 $2\text{ m/s}\times4\text{ s}=8\text{ m}$이고, B의 평균 속력은 0.5 m/s이므로 B의 이동 거리는 $0.5\text{ m/s}\times4\text{ s}=2\text{ m}$이다. 따라서 0초부터 4초까지 A와 B의 이동 거리의 차는 6 m이다.

08 등가속도 직선 운동

운동 방향이 바뀌지 않는 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 처음 속력이 v_0, 나중 속력이 v일 때 평균 속력은 $\frac{v_0+v}{2}$이고, 평균 속력은 이동 거리에 비례하고 걸린 시간에 반비례한다.

⑤ $v_0>v_2>v_1$이므로 자동차의 속력은 Ⅰ에서 감소하고 Ⅱ에서 증가한다. Ⅰ과 Ⅱ에서 자동차가 운동하는 데 걸린 시간을 각각 $2t_0$, $3t_0$이라 하면 자동차의 평균 속력은 각각 $\frac{v_0+v_1}{2}$, $\frac{v_1+v_2}{2}$이므로 $\frac{v_0+v_1}{2}\times2t_0=5L$, $\frac{v_1+v_2}{2}\times3t_0=6L$이 되어 $4v_0=v_1+5v_2$ … (ⅰ)이고, Ⅰ과 Ⅱ에서 자동차의 가속도의 크기의 관계는 $\frac{v_0-v_1}{2t_0}=\frac{v_2-v_1}{3t_0}\times\frac{9}{4}$ … (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{1}{3}$이다.

09 등가속도 직선 운동

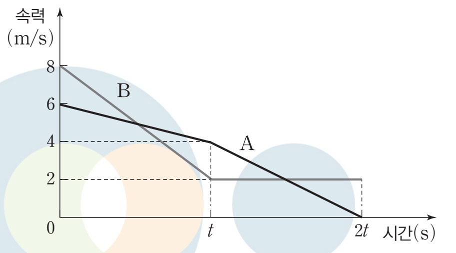
A와 B는 같은 가속도로 운동하므로 같은 시간 동안 속도 변화량은 같다. 따라서 A와 B가 운동하는 동안 A와 B의 속도 차의 크기는 일정하다.

② 동일한 빗면 위에서 운동하는 A와 B는 같은 가속도로 등가속도 운동하므로 A와 B가 운동하는 동안 A와 B의 속도 차의 크기는 v로 일정하다. 따라서 r에서 A와 B가 만날 때 $v_B=v_A-v$이다. A가 p에서 r까지 운동하는 동안 가속도의 크기를 a라 하고 등가속도 직선 운동 식을 A, B에 각각 적용하면 $2a\times4L={v_A}^2$ … (ⅰ), $-2a\times3L=v^2-(v_A-v)^2$ … (ⅱ)이므로 $\frac{(ⅰ)}{(ⅱ)}=\frac{4}{3}=\frac{{v_A}^2}{{v_A}^2-2v_Av}$이 되어 $v_A=8v$, $v_B=7v$이다. 따라서 $\frac{v_A}{v_B}=\frac{8}{7}$이다.

10 등가속도 직선 운동

등가속도 직선 운동에서 이동 거리와 걸린 시간이 같으면 평균 속력은 같다. 등가속도 직선 운동을 하는 물체와 등속도 운동을 하는 물체의 이동 거리와 걸린 시간이 같으면 등가속도 직선 운동을 하는 물체의 평균 속력과 등속도 운동을 하는 물체의 속력은 같다.

③ A와 B는 P, Q를 각각 동시에 지나므로 P에서 Q까지 A와 B의 평균 속력은 같다. 또 A와 B는 Q, R를 각각 동시에 도달하므로 Q에서 R까지 A와 B의 평균 속력은 같다. A가 Q에서 R까지 운동하는 동안 A의 평균 속력은 $\frac{4\text{ m/s}+0}{2}=2\text{ m/s}$이므로 B가 Q를 지나는 순간 속력은 2 m/s이다. A가 P에서 Q까지 운동하는 동안 A의 평균 속력은 $\frac{6\text{ m/s}+4\text{ m/s}}{2}=5\text{ m/s}$이므로 B가 P를 지나는 순간 속력을 v라 하면 B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 B의 평균 속력은 $\frac{v+2\text{ m/s}}{2}=5\text{ m/s}$가 되어 $v=8\text{ m/s}$이다. 따라서 A가 P에서 Q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면 A가 Q에서 R까지 운동하는 동안 가속도의 크기는 $a_A=\frac{4\text{ m/s}-0}{t}$, B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 가속도의 크기는 $a_B=\frac{8\text{ m/s}-2\text{ m/s}}{t}$가 되어 $\frac{a_B}{a_A}=\frac{3}{2}$이다. P에서 R까지 A, B의 속력을 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



11 등가속도 직선 운동

이동 거리와 걸린 시간이 같으면 평균 속력도 같다.

ㄱ. B는 P에 정지해 있었고, Q를 지날 때 속력은 $4v$이므로 B의 평균 속력은 $\frac{0+4v}{2}=2v$이다.

~~ㄴ~~. P에서 Q까지 운동하는 동안 A, B의 이동 거리가 같고, 걸린 시간이 같으므로 평균 속력은 $2v$로 같다. 따라서 Q를 지나는 순

간 A의 속력을 v_A라 하면 P에서 Q까지 운동하는 동안 A의 평균 속력은 $\frac{v+v_A}{2}=2v$가 되어 $v_A=3v$이다.

ㄷ. A, B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 걸린 시간은 같으므로 A, B의 가속도의 크기는 속도 변화량의 크기에 비례한다. A, B가 P에서 Q까지 운동하는 동안 속도 변화량의 크기는 각각 $2v$, $4v$이므로 가속도의 크기는 B가 A의 2배이다.

12 등가속도 직선 운동

같은 방향으로 운동하는 A, B의 가속도의 방향이 서로 반대이고 R에서 속력이 같다면 같은 시간 동안 이동 거리가 큰 A의 속력은 감소하고 같은 시간 동안 이동 거리가 작은 B의 속력은 증가한다.

⑤ R를 지나는 순간 A, B의 속력을 v라 하자. A는 속력이 감소하고 B는 속력이 증가하며, 가속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 $v_A-v=2(v-v_B)$가 되어 $v_A+2v_B=3v$ ⋯ (i)이고, A가 P에서 R까지 운동하는 동안 이동 거리는 A가 B의 2배이므로 $\frac{(v_A+v)}{2}=2\times\frac{(v_B+v)}{2}$가 되어 $v_A-2v_B=v$ ⋯ (ii)이다. (i), (ii)를 연립하면 $v_A=2v$, $v_B=\frac{1}{2}v$이다. 따라서 $\frac{v_A}{v_B}=4$이다.

13 관성

정지해 있는 물체는 계속 정지해 있고, 운동하는 물체는 계속 등속도 운동을 하려는 성질을 관성이라고 한다.

Ⓐ. 등속 직선 운동하는 스케이트 선수는 계속 등속 직선 운동하려는 관성을 가진다.

~~B~~. 풍선이 공기를 뒤로 미는 힘을 작용이라고 하면 공기가 풍선을 앞으로 미는 힘은 반작용이다. 따라서 작용 반작용 법칙으로 설명할 수 있다.

Ⓒ. 앞으로 운동하던 버스 안의 승객은 계속 같은 속도로 운동하려는 관성에 의해 버스가 갑자기 멈추면 앞으로 넘어지게 된다.

14 뉴턴 운동 제2법칙

물체의 가속도의 크기는 물체에 작용하는 힘의 크기에 비례하고 물체의 질량에 반비례한다.

~~ㄱ~~. B의 질량을 m이라 하고 A, B를 한 물체로 생각하여 1초일 때와 3초일 때 B의 운동 방정식을 적용하면 $(2\text{ kg}+m)\times 2a=m\times 3a$가 되어 $m=4$ kg이다.

ㄴ. (나)에서 $t=0$부터 $t=5$초까지 B의 속도 변화량의 크기는 $2a\times 2\text{ s}+3a\times 3\text{ s}=13$ m/s가 되어 $a=1\text{ m/s}^2$이다. 따라서 1초일 때 A의 가속도의 크기는 $2a=2\text{ m/s}^2$이다.

~~ㄷ~~. $t=0$부터 $t=2$초까지 A, B의 속도 변화량은 각각 4 m/s이다. $t=2$초부터 $t=5$초까지 A는 4 m/s로 등속도 운동하므로 A의 이동 거리는 4 m/s×3 s=12 m이고, B는 속력이 4 m/s에서 13 m/s로 증가하는 등가속도 직선 운동을 하므로 B의 이동 거리는 $\frac{4\text{ m/s}+13\text{ m/s}}{2}\times 3\text{ s}=25.5$ m이다. 따라서 $t=2$초부터 $t=5$초까지 A와 B의 이동 거리의 차는 13.5 m이다.

15 운동 방정식

두 물체를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용할 때 두 물체 사이에 작용하는 힘들은 내부에서 작용하는 힘이므로 상쇄된다.

③ A, B의 질량을 각각 m, m_B라 하자. (가)에서 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $F=(m+m_B)a$ ⋯ (i)이고, (나)에서 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $3F=(m+2m_B)2a$ ⋯ (ii)이다. $\frac{\text{(i)}}{\text{(ii)}}=\frac{1}{3}=\frac{m+m_B}{2(m+2m_B)}$가 되어 $m_B=m$이다. 중력 가속도를 g라 하면 (가)와 (나)에서 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 각각 $2mg$, $3mg$이므로 $\frac{F_{(가)}}{F_{(나)}}=\frac{2}{3}$이다.

16 힘의 평형과 운동 방정식

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 A가 연직 위 방향으로 받는 합력의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다. C가 등가속도 운동을 하는 동안 q가 B를 당기는 힘의 크기와 q가 C를 당기는 힘의 크기는 같다.

~~ㄱ~~. A, C는 정지해 있으므로 A, C에 작용하는 알짜힘은 모두 0이다. A에 연직 위 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $3F$이고 연직 아래 방향으로 크기가 mg인 중력이 작용하므로 $3F=mg$가 되어 $F=\frac{1}{3}mg$이다. C의 질량을 m_C라 하면 C에 연직 위 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $2F$이고 연직 아래 방향으로 크기가 m_Cg인 중력이 작용하므로 $2F=m_Cg$가 되어 $m_C=\frac{2}{3}m$이다.

ㄴ. C가 등가속도 운동을 하는 동안 B의 가속도의 크기를 a라 하면 q가 C를 당기는 힘의 크기는 $\frac{1}{2}F=\frac{1}{6}mg$이고, C의 운동 방정식은 $\frac{2}{3}mg-\frac{1}{6}mg=\frac{1}{2}mg=\frac{2}{3}ma$가 되어 $a=\frac{3}{4}g$이다.

~~ㄷ~~. B의 질량을 m_B라 하면 C가 등가속도 운동을 하는 동안 B의 운동 방정식은 $\frac{1}{6}mg=m_B\times\frac{3}{4}g$가 되어 $m_B=\frac{2}{9}m$이다.

17 뉴턴 운동 제2법칙

실이 끊어지기 전 A, B를 한 덩어리로 생각하면 한 덩어리에 작용하는 알짜힘의 크기는 A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기이고, 이 힘의 크기는 실이 끊어진 후 A에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다. 등가속도 직선 운동에서 평균 속력은 처음 속력과 나중 속력을 더한 값의 $\frac{1}{2}$배이다.

~~ㄱ~~. 0초부터 2초까지와 2초부터 3초까지 A의 평균 속력은 각각

$\frac{1}{2}$ m/s, $\frac{7}{4}$ m/s이다.

ㄴ. 0초부터 2초까지와 2초부터 3초까지 A의 가속도의 크기는 각각 $\frac{1}{2}$ m/s², $\frac{3}{2}$ m/s²이다. B의 질량을 m, A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기를 F라 하고 실이 끊어지기 전 A, B를 한 덩어리로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $F=(1\text{ kg}+m)\times\frac{1}{2}\text{ m/s}^2$이다. 실이 끊어진 후 A에 운동 방정식을 적용하면 $F=1\text{ kg}\times\frac{3}{2}\text{ m/s}^2$이다. 따라서 $m=2$ kg이다.

ㄷ. 1초일 때 실이 A를 당기는 힘의 크기는 실이 B를 당기는 힘의 크기인 B에 작용하는 알짜힘의 크기와 같다. 따라서 1초일 때 실이 A를 당기는 힘의 크기는 $2\text{ kg}\times\frac{1}{2}\text{ m/s}^2=1$ N이다.

18 힘의 평형과 뉴턴 운동 제2법칙

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이고, 등가속도 운동을 하는 물체에는 뉴턴 운동 제2법칙을 적용한다.

③ C의 질량을 m_C, 중력 가속도를 g라 하면 A가 정지해 있을 때 $3mg+F=m_Cg$이다. A가 운동하는 동안 A의 가속도의 크기를 a라 하고 등가속도 직선 운동 식을 적용하면 $2a\times\frac{1}{2}h=\frac{gh}{3}$가 되어 $a=\frac{1}{3}g$이고, A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $(m_C-3m)g=(m_C+3m)\times\frac{1}{3}g$이다. 따라서 $m_C=6m$이고 $F=3mg$이다. A가 정지해 있을 때 B는 연직 아래 방향으로 크기가 $mg+F$인 힘을 받고 연직 위 방향으로 크기가 T_p인 힘을 받으므로 $T_p=mg+F=4mg$이다. A가 운동하는 동안 C는 연직 아래 방향으로 크기가 $6mg$인 힘을 받고 연직 위 방향으로 크기가 T_q인 힘을 받아 연직 아래 방향으로 크기가 $\frac{1}{3}g$인 등가속도 직선 운동을 하므로 운동 방정식을 적용하면 $6mg-T_q=6m\times\frac{1}{3}g$가 되어 $T_q=4mg$이다. 따라서 $\frac{T_p}{T_q}=1$이다.

19 뉴턴 운동 법칙

q가 끊어지기 전에 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 B와 C에 작용하는 중력의 합력이 A, B, C에 작용하는 알짜힘이다. q가 끊어진 후 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 B에 작용하는 중력이 A, B에 작용하는 알짜힘이다.

③ C의 질량을 m_C, 중력 가속도를 g, 1초일 때와 3초일 때 B의 가속도의 크기를 각각 $2a$, a라 하자. 1초일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $(m+m_C)g=(3m+m_C)\times 2a$이고, 3초일 때 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $mg=3ma$가 되어 $a=\frac{1}{3}g$, $m_C=3m$이다. 1초일 때 A, C에 운동 방정식을 각각 적용하면 $F_p=2m\times\frac{2}{3}g=\frac{4}{3}mg$이고 $3mg-F_q=3m\times\frac{2}{3}g=2mg$가 되어 $F_q=mg$이다. 따라서 $\frac{F_p}{F_q}=\frac{4}{3}$이다.

20 뉴턴 운동 법칙

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이고 (가)에서 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용할 때 작용하는 알짜힘의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다.

⑤ (가)에서 A의 질량을 m_A라 하고, A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $m_Ag=(m_A+3m)\times\frac{2}{3}g$가 되어 $m_A=6m$이다. (나)에서 p, q가 모두 동시에 끊어졌을 때 C에 작용하는 알짜힘의 크기를 F라 하면 A, B에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 $3F$, $2F$이다. q만 끊어졌을 때 C의 운동 방정식은 $F=\frac{1}{3}mg$이고 A와 B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $3F-2F=8m\times a'=\frac{1}{3}mg$가 되어 $a'=\frac{1}{24}g$이다.

21 뉴턴 운동 법칙

수레와 추를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 알짜힘의 크기는 (가)에서는 추 1개의 무게, (나)에서는 추 2개의 무게와 같다.

ㄱ. 수레와 추의 질량을 각각 m, 중력 가속도를 g, (가)와 (나)에서 추의 가속도의 크기를 각각 $a_{(가)}$, $a_{(나)}$라 하자. (가)와 (나)에서 수레와 추를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 각각 적용하면 $mg=3ma_{(가)}$, $2mg=3ma_{(나)}$가 되어 $a_{(가)}=\frac{1}{3}g$, $a_{(나)}=\frac{2}{3}g$이다.

~~ㄴ~~. (가)와 (나)에서 실이 추를 당기는 힘의 크기를 각각 $T_{(가)}$, $T_{(나)}$라 하고 추에 운동 방정식을 각각 적용하면 $mg-T_{(가)}=ma_{(가)}$, $2mg-T_{(나)}=2ma_{(나)}$이다. 따라서 $T_{(가)}=\frac{2}{3}mg$, $T_{(나)}=\frac{2}{3}mg$이므로 $T_{(가)}=T_{(나)}$이다.

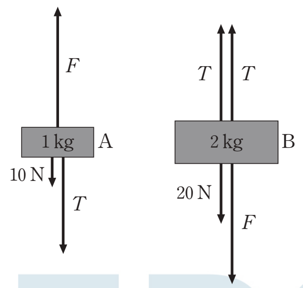
ㄷ. 수레의 가속도의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 수레가 받는 알짜힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

22 작용 반작용 법칙

작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 같고, 방향은 서로 반대이며, 두 힘은 상호 작용 하는 각각의 물체에 작용한다.

ㄱ. B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다.

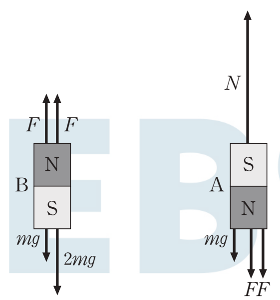
ㄴ. A와 B 사이에 작용하는 자기력의 크기를 F, 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기를 T, 실이 A를 당기는 힘의 크기를 T라 하고, A, B에 운동 방정식을 각각 적용하면 $F=10\text{ N}+T$, $20\text{ N}+F=2T$이다. 두 식을 연립하면 $F=40$ N, $T=30$ N이다. 따라서 실이 B를 당기는 힘의 크기는 30 N이다.



~~ㄷ~~. A가 B를 미는 자기력에 대한 반작용은 B가 A를 미는 자기력이고, 실이 B를 당기는 힘에 대한 반작용은 B가 실을 당기는 힘이다. A가 B를 미는 자기력과 실이 B를 당기는 자기력은 모두 B에 작용하는 힘이므로 작용 반작용 관계가 아니다.

23 힘의 평형과 작용 반작용 법칙

A와 B 사이에 작용하는 자기력의 크기를 F, 용수철이 B를 미는 탄성력의 크기를 F, 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기를 N이라 하면, A, B는 다음과 같은 힘을 각각 받아 정지해 있다.



~~ㄱ~~. A가 B에 작용하는 자기력에 대한 반작용은 B가 A에 작용하는 자기력이다.

ㄴ. B는 연직 아래 방향으로 크기가 mg인 중력과 크기가 $2mg$인 플라스틱 상자가 B를 연직 아래 방향으로 미는 힘을 받고 있고, 연직 위 방향으로 A가 B를 미는 자기력과 용수철이 B를 미는 탄성력을 받는다. 이때 A가 B를 미는 자기력의 크기와 용수철이 B를 미는 탄성력의 크기가 같으므로 A와 B 사이에 작용하는 자기력의 크기는 $\frac{3}{2}mg$이다.

ㄷ. 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기를 N이라 하면, A는 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘이 0이다. 따라서 $mg+2F=4mg=N$이 성립하므로 $N=4mg$이다.

24 작용 반작용 법칙

작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 같고, 방향은 서로 반대이며, 두 힘은 상호 작용 하는 각각의 물체에 작용한다.

ㄱ. B는 연직 아래 방향으로 무게(중력) 1 N, 연직 위 방향으로 A의 무게 2 N을 받으므로 용수철이 B에 작용하는 힘은 연직 아래 방향으로 크기가 1 N이다. 따라서 용수철이 B에 작용하는 힘의 방향과 A에 작용하는 중력의 방향은 연직 아래 방향으로 같다.

~~ㄴ~~. C는 연직 아래 방향으로 무게 3 N, 연직 위 방향으로 용수철이 C에 작용하는 크기가 1 N인 힘과 저울이 C를 떠받치는 힘을 받으므로 저울에 측정된 힘(C가 저울을 누르는 힘)의 크기는 2 N이다.

~~ㄷ~~. 용수철이 C에 작용하는 힘과 C에 작용하는 중력은 모두 C에 작용하는 힘이므로 작용 반작용 관계가 아니다.

수능 3점 테스트

본문 19~28쪽

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

01 운동의 분류

등속도 운동은 물체의 운동 방향과 속력이 변하지 않고, 등속 원운동은 물체의 속력은 변하지 않고 물체의 운동 방향만 변하며, 포물선 운동은 물체의 운동 방향과 속력이 모두 변한다.

ㄱ. (가)는 속도가 일정한 등속도 운동이므로 뉴턴 운동 제1법칙으로 설명할 수 있다.

ㄴ. 등속 원운동은 물체의 속력은 변하지 않고 물체의 운동 방향만 변하므로 (나)에 해당한다.

ㄷ. 포물선 운동은 물체의 운동 방향과 속력이 모두 변하므로 (다)에 해당한다.

02 등가속도 직선 운동

등가속도 직선 운동을 하는 물체의 처음 속력을 v_0, 나중 속력을 v, 이동 거리를 s, 가속도의 크기를 a라 할 때, $2as=v^2-v_0^2$이고 평균 속력은 $\frac{v_0+v}{2}$이다.

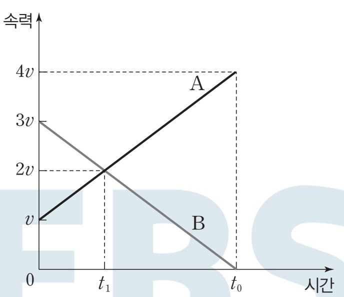
③ 물체의 가속도의 크기를 a, q와 r에서 물체의 속력을 각각 v_q, v_r라 하고, p와 s, r와 s 사이에서 등가속도 직선 운동 식을 각각 적용하면 $-2a\times4L=0-v_0^2$, $-2a\times L=0-v_r^2$이 되어 $a=\frac{v_0^2}{8L}$, $v_r=\frac{1}{2}v_0$이다. p와 r 사이의 평균 속력과 q와 s 사이의 평균 속력 사이의 관계는 $\frac{v_0+\frac{1}{2}v_0}{2}=\frac{v_q+0}{2}\times2$이므로 $v_q=\frac{3}{4}v_0$이다. p와 q 사이의 거리를 x라 하고 p와 q 사이에서 등가속도 직선 운동 식을 적용하면 $-2ax=\left(\frac{3}{4}v_0\right)^2-v_0^2$이 되어 $x=\frac{7}{4}L$이다.

03 등가속도 직선 운동

질량이 같은 물체에 작용하는 알짜힘의 크기가 같으면 가속도의 크기가 같다. A와 B의 운동 방향이 같으므로 A보다 앞선 B의 속력이 A의 속력보다 큰 경우 A와 B 사이의 거리가 점점 커진다. A와 B 사이의 거리가 가장 큰 순간 이후 A와 B 사이의 거리가 감소하는 것은 A의 속력은 증가하고 B의 속력은 감소하기 때문이다. A와 B 사이의 거리가 가장 큰 순간은 A와 B의 속력이 같은 순간이다.

② A와 B의 질량이 같고 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기가 같으므로 A와 B의 가속도의 크기는 같다. 또 A와 B가 s에서 만나려면 A는 속력이 증가하고 B는 속력이 감소해야 한다. B의 가속도의 크기를 a, A가 p에서 s까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0이라 하면 $a=\frac{3v}{t_0}$이다. A가 s에서 B를 만나는 순간 A의 속력은 $4v$이고, A가 p에서 s까지 운동하는 동안 A와 B의 평균 속력은 각각 $\frac{v+4v}{2}$, $\frac{3v}{2}$이며 A와 B의 이동 거리 차는 $L=\left(\frac{5}{2}v-\frac{3}{2}v\right)t_0=vt_0$이다. B가 q에서 r까지 운동하는 동안 걸린 시간을 t_1이라 하면, B가 r를 지나는 순간 A와 B의 속력이 같으므로 등가속도 직선 운동 식을 적용하면 $v+at_1=3v-at_1$이 되어 $t_1=\frac{v}{a}=\frac{v}{\frac{3v}{t_0}}=\frac{1}{3}t_0$이다. 따라서 B가 r를 지나는 순간 A와 B의 속력은 $2v$이다. B가 r를 지나는 순간, A와 B 사이의 거리는 B가 r에서 s까지 운동하는 동안 A, B의 이동 거리 차와 같으므로 A와 B 사이의 거리는 $3v(t_0-t_1)-v(t_0-t_1)=2v\left(t_0-\frac{1}{3}t_0\right)=\frac{4}{3}vt_0=\frac{4}{3}L$이다.

A와 B의 운동을 속력-시간 그래프로 나타내면 다음과 같다.

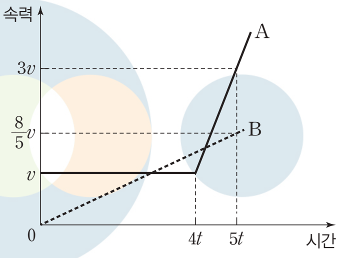


04 등가속도 직선 운동

속력이 증가하는 등가속도 직선 운동에서 처음 속력을 v_0, 나중 속력을 v, 가속도의 크기를 a, 걸린 시간을 t라 하면 이동 거리는 $\frac{v_0+v}{2}t$ 또는 $v_0t+\frac{1}{2}at^2$이다.

ㄱ. A가 P에서 Q까지 속력 v로 L만큼 운동하고, R에서 S까지 평균 속력 $2v$로 L만큼 운동하므로 A가 R에서 S까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, P에서 Q까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t$이다. B가 S를 지나는 순간 B의 속력을 v_B라 하면 P에서 S까지 A의 이동 거리는 $4vt+2vt=3L$이고, Q에서 S까지 B의 이동 거리는 $\frac{1}{2}v_B\times5t=2L$이다. 따라서 $v_B=\frac{8}{5}v$이다.

A, B의 속력을 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



ㄴ. $2vt=L$이므로 $t=\frac{L}{2v}$이다. A가 R에서 S까지 운동하는 동안 A의 가속도의 크기는 $\frac{2v}{t}=\frac{2v}{\frac{L}{2v}}=\frac{4v^2}{L}$이다.

ㄷ. A가 P에서 R까지 운동하는 데 걸린 시간은 $4t$이고, B가 Q에서 S까지 운동하는 동안 가속도의 크기는 $\frac{\frac{8}{5}v}{5t}=\frac{\frac{8}{5}v}{\frac{5L}{2v}}=\frac{16v^2}{25L}$이며 0부터 $4t$까지 B가 Q로부터 이동한 거리는 $\frac{1}{2}\times\frac{16v^2}{25L}\times\left(4\times\frac{L}{2v}\right)^2=\frac{32}{25}L$이다. 따라서 A가 R를 지날 때 A와 B 사이의 거리는 $\left|v\times4t-\left(\frac{32}{25}L+L\right)\right|=\left|2L-\frac{32}{25}L-L\right|=\frac{7}{25}L$이다.

05 등가속도 직선 운동

등가속도 직선 운동을 하는 물체의 이동 거리가 같으면 평균 속력과 걸린 시간의 곱도 같다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 각각 t_1, t_2라 하면 p와 q 사이의 거리가 같으므로 $\frac{v+2v}{2}\times t_1=\frac{v+3v}{2}\times t_2$이다. 따라서 $t_1=\frac{4}{3}t_2$이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 q에서 가속도의 크기는 각각 $\frac{v}{t_1}=\frac{3v}{4t_2}$, $\frac{2v}{t_2}$이다. 따라서 q에서 가속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{8}$배이다.

ㄷ. (나)에서 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t_2$이다. 등가속도 직선 운동 식을 적용하면 (나)에서 r를 지나는 순간 (가)에서의 물체의 속력은 $v+\frac{3v}{4t_2}\times2t_2=\frac{5}{2}v$이다.

06 등가속도 직선 운동

A와 B는 같은 가속도로 운동하므로 같은 시간 동안 속도 변화량은 같다. 따라서 A와 B가 운동하는 동안 A와 B의 속력 차는 일정하다.

⑤ p에서 A의 속력이 $2v_0$일 때부터 A와 B가 s에서 만날 때까지 걸린 시간을 t라 할 때, A와 B는 같은 가속도로 등가속도 운동하므로 이동 거리의 차는 $(2v_0-v_0)t=L$이 되어 $t=\frac{L}{v_0}$이다. 따라서 q에서 A의 가속도의 크기를 a라 하면 B가 q에서 s까지 운동할 때 B의 이동 거리는 $v_0\times\frac{L}{v_0}+\frac{1}{2}\times a\times\left(\frac{L}{v_0}\right)^2=L+\frac{aL^2}{2{v_0}^2}$이다. p에서 A의 속력이 $3v_0$일 때부터 A와 B가 r에서 만날 때까지 걸린 시간을 t'라 할 때, A와 B는 같은 가속도로 등가속도 운동하므로 이동 거리의 차는 $(3v_0-v_0)t'=L$이 되어 $t'=\frac{L}{2v_0}$이다. 따라서 B가 q에서 r까지 운동할 때 B의 이동 거리는 $v_0\times\frac{L}{2v_0}+\frac{1}{2}\times a\times\left(\frac{L}{2v_0}\right)^2=\frac{L}{2}+\frac{aL^2}{8{v_0}^2}$이다. p에서 A의 속력이 $2v_0$인 경우에 B가 q에서 s까지 운동할 때 B의 이동 거리와 p에서 A의 속력이 $3v_0$인 경우에 B가 q에서 r까지 운동할 때 B의 이동 거리의 차는 $L+\frac{aL^2}{2{v_0}^2}-\left(\frac{L}{2}+\frac{aL^2}{8{v_0}^2}\right)=\frac{L}{2}+\frac{3aL^2}{8{v_0}^2}=2L$이 되어 $a=\frac{4{v_0}^2}{L}$이다.

07 등가속도 직선 운동

등가속도 직선 운동을 하는 동안 물체의 순간 속도의 크기와 평균 속도의 크기가 같은 순간은 총 걸린 시간의 $\frac{1}{2}$인 순간이다.

⑤ (가)에서 p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속력과 q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속력은 각각 $\frac{5L}{2t_0}$, $\frac{4L}{t_0}$이다. p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속력과 순간 속력이 $\frac{5L}{2t_0}$로 같은 시간은 $t=t_0$이고, q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속력과 순간 속력이 $\frac{4L}{t_0}$로 같은 시간은 $t=\frac{5}{2}t_0$이다. 따라서 $a_{(가)}=\dfrac{\frac{4L}{t_0}-\frac{5L}{2t_0}}{\frac{5}{2}t_0-t_0}=\dfrac{\frac{3L}{2t_0}}{\frac{3}{2}t_0}=\frac{L}{{t_0}^2}$이다. (나)에서 p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속력과 q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속력은 각각 $\frac{5L}{4t_0}$, $\frac{4L}{3t_0}$이다. p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속력과 순간 속력이 $\frac{5L}{4t_0}$로 같은 시간은 $t=2t_0$이고, q에서 r까지 운동하는 동안 평균 속력과 순간 속력이 $\frac{4L}{3t_0}$로 같은 시간은 $t=\frac{11}{2}t_0$이다. 따라서

$$a_{(나)}=\dfrac{\frac{4L}{3t_0}-\frac{5L}{4t_0}}{\frac{11}{2}t_0-2t_0}=\dfrac{\frac{L}{12t_0}}{\frac{7}{2}t_0}=\frac{L}{42{t_0}^2}$$이고 $\frac{a_{(가)}}{a_{(나)}}=42$이다.

[별해] (가)에서 물체가 p를 지나는 순간의 속력을 v_1이라 하고 평균 속력을 이용하면

$$\frac{v_1+(v_1+2a_{(가)}t_0)}{2}=\frac{5L}{2t_0},\ \frac{(v_1+2a_{(가)}t_0)+(v_1+3a_{(가)}t_0)}{2}=\frac{4L}{t_0}$$

이고, 두 식을 연립하여 풀면 $a_{(가)}=\frac{L}{{t_0}^2}$이다. 마찬가지로 (나)에서 평균 속력을 이용하면 $a_{(나)}=\frac{L}{42{t_0}^2}$이므로 $\frac{a_{(가)}}{a_{(나)}}=42$다.

08 뉴턴 운동 법칙과 물체의 운동

A, B, C, D를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 물체의 가속도의 크기를 구할 수 있다.

④ D의 가속도의 크기를 a라 하고 A, B, C, D를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $3mg=4m\times a$가 되어 $a=\frac{3}{4}g$이다. 용수철이 A에 작용하는 탄성력의 크기를 F라 하고 A에 운동 방정식을 적용하면 $mg-F=m\times\frac{3}{4}g$가 되어 $F=\frac{1}{4}mg$이다.

09 뉴턴 운동 법칙과 물체의 운동

중력에 의해 A, B, C에 빗면과 나란한 방향으로 작용하는 힘의 크기는 물체의 질량에 비례한다.

㉠. (가)에서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $3\ \mathrm{kg}\times4\ \mathrm{m/s^2}=12\ \mathrm{N}$이다.

~~㉡~~. A, B, C를 한 덩어리로 생각하고 A에 작용하는 12 N의 힘이 없다고 가정할 때 A, B, C에 작용하는 알짜힘의 크기를 F라 하자. (가)에서 A, B, C를 한 덩어리로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $12\ \mathrm{N}+F=6\ \mathrm{kg}\times4\ \mathrm{m/s^2}$이 되어 $F=12\ \mathrm{N}$이다. 따라서 (가)와 (나)에서 A, B, C에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 각각 6 N, 2 N, 4 N이다. (나)에서 B의 가속도의 크기를 a라 하고 A, B, C를 한 덩어리로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $6\ \mathrm{N}+12\ \mathrm{N}=6\ \mathrm{kg}\times a$가 되어 $a=3\ \mathrm{m/s^2}$이다.

㉢. (가)와 (나)에서 B와 C 사이에 작용하는 힘의 크기를 각각 $F_{(가)}$, $F_{(나)}$라 하고 C에 운동 방정식을 적용하면 $F_{(가)}+4\ \mathrm{N}=2\ \mathrm{kg}\times4\ \mathrm{m/s^2}$, $F_{(나)}+4\ \mathrm{N}=2\ \mathrm{kg}\times3\ \mathrm{m/s^2}$이 되어 $F_{(가)}=4\ \mathrm{N}$, $F_{(나)}=2\ \mathrm{N}$이다.

10 뉴턴 운동 법칙

A의 가속도의 크기는 t일 때가 $\frac{5}{2}t$일 때의 $\frac{1}{2}$배이다.

㉠. C의 질량을 m_C라 하고, t일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $(m_C-4m)g=(6m+m_C)\times\frac{v}{2t}$

⋯ (ⅰ)이고, $\frac{5}{2}t$일 때 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $4mg=6m\times\frac{v}{t}$ ⋯ (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $m_C=9m$이다.

~~ㄱ~~. $4mg=6m\times\frac{v}{t}$이므로 $v=\frac{2}{3}gt$이다.

~~ㄴ~~. t일 때와 $\frac{5}{2}t$일 때 A의 가속도의 크기는 각각 $\frac{v}{2t}=\frac{1}{3}g$, $\frac{v}{t}=\frac{2}{3}g$이다. t일 때와 $\frac{5}{2}t$일 때 A와 연결된 실이 A를 당기는 힘의 크기를 각각 T, T'라 하고 t일 때와 $\frac{5}{2}t$일 때 A에 운동 방정식을 각각 적용하면 $T-4mg=4m\times\frac{1}{3}g$이고, $4mg-T'=4m\times\frac{2}{3}g$가 되어 $T=\frac{16}{3}mg$, $T'=\frac{4}{3}mg$이다. 따라서 A와 연결된 실이 A를 당기는 힘의 크기는 t일 때가 $\frac{5}{2}t$일 때의 4배이다.

11 뉴턴 운동 법칙

실과 연결되어 있지 않을 때 B, C에 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘에 의한 가속도의 크기를 각각 a_1, a_2라고 하면, 문제와 같은 상황에서 B, C에 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 각각 $3ma_1$, $4ma_2$이다.

ㄱ. 실과 연결되어 있지 않을 때 B, C에 작용하는 알짜힘에 의한 가속도의 크기를 각각 a_1, a_2라 하자. A가 정지해 있으므로 A, B, C를 한 물체로 생각하여 힘의 평형을 적용하면 $3mg=3ma_1+4ma_2$ ⋯ (ⅰ)이다. q만 끊어진 직후 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $3mg-3ma_1=6ma$ ⋯ (ⅱ)이고, p, q 모두 끊어진 직후 B에 운동 방정식을 적용하면 $3ma_1=3m\times\frac{1}{2}a$가 되어 $a_1=\frac{1}{2}a$이므로 (ⅱ)에 대입하면 $a=\frac{2}{5}g$이다.

ㄴ. $a_1=\frac{1}{2}a=\frac{1}{5}g$를 (ⅰ)에 대입하면 $a_2=\frac{3}{5}g$이다.

ㄷ. q만 끊어진 직후 p가 A를 당기는 힘의 크기를 T_p라 하고 A에 운동 방정식을 적용하면 $3mg-T_p=3m\times a=\frac{6}{5}mg$가 되어 $T_p=\frac{9}{5}mg$이다.

12 뉴턴 운동 법칙

경사각이 같을 때 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘에 의한 가속도의 크기는 물체의 질량에 관계없고, 경사각이 클수록 가속도의 크기는 크다.

~~ㄱ~~. 실과 연결되어 있지 않을 때 (가)에서 A, B, C에 작용하는 알짜힘에 의한 가속도의 크기를 각각 a_1, a_2, a_2라 하고 (가)에서 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $5ma_2-4ma_1=9ma$ ⋯ (ⅰ)이고, (나)에서 A, B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $4ma_1-2ma_2=6ma$ ⋯ (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $a_1=4a$, $a_2=5a$이다. (가)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기를 T_p라 하고 A에 운동 방정식을 적용하면 $T_p-4ma_1=4ma$가 되어 $T_p=20ma$이다.

ㄴ. (가)에서 q가 B를 당기는 힘의 크기를 T_q라 하면 q가 C를 당기는 힘의 크기도 T_q이다. (가)에서 C에 운동 방정식을 적용하면 $3ma_2-T_q=3ma$가 되어 $T_q=12ma$이다. (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기를 T_p'라 하고 B에 운동 방정식을 적용하면 $T_p'-2ma_2=2ma$가 되어 $T_p'=12ma$이다. 따라서 (가)에서 q가 B를 당기는 힘의 크기는 (나)에서 p가 B를 당기는 힘의 크기와 같다.

ㄷ. (나)에서 C에 작용하는 알짜힘의 크기는 $3ma_2=15ma$이다.

13 힘의 평형과 탄성력

(가)에서 용수철이 늘어나 있고, (나)에서 용수철은 압축되어 있다. 용수철이 변형된 길이는 탄성력의 크기에 비례한다.

ㄱ. (가)에서 추가 정지해 있으므로 추에 작용하는 알짜힘은 0이고, 실이 판을 당기는 힘의 크기는 $2mg$이다. 따라서 무게가 mg인 판에는 연직 아래 방향으로 크기가 mg인 탄성력이 작용한다.

ㄴ. (나)에서 판은 연직 아래 방향으로 크기가 $5mg$인 힘을 받고 연직 위 방향으로 크기가 $2mg$인 힘과 탄성력을 받는다. 따라서 탄성력의 크기는 $3mg$이다. (가)에서 용수철이 판에 작용하는 탄성력의 크기가 mg이므로 (나)에서 용수철의 압축된 길이는 $3x_0$이다.

~~ㄷ~~. (가)에서 용수철이 끊어진 후 판이 위로 등가속도 운동을 하는 동안 판의 가속도의 크기를 a, 실이 판을 당기는 힘의 크기를 T라 하고, 판과 추를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $mg=3ma$가 되어 $a=\frac{1}{3}g$이다. 판에 운동 방정식을 적용하면 $T-mg=\frac{1}{3}mg$가 되어 $T=\frac{4}{3}mg$이다.

14 등가속도 직선 운동과 운동 방정식

$t=t_0$일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하면 한 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 q가 끊어진 후 C에 작용하는 알짜힘의 크기와 B에 작용하는 중력의 크기의 차와 같다.

ㄱ. $t=5t_0$일 때 C의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이므로 C에 작용하는 알짜힘의 크기는 $3m\times\frac{1}{2}g=\frac{3}{2}mg$이다.

~~ㄴ~~. $t=t_0$일 때와 $t=3t_0$일 때의 C의 가속도의 크기를 각각 a_1, a_2라 하고, $t=t_0$일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $\frac{3}{2}mg-mg=6ma_1$이고, $t=3t_0$일 때 B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $\frac{3}{2}mg-mg=4ma_2$가 되어 $a_1=\frac{1}{12}g$이며, $a_2=\frac{1}{8}g$이다. 따라서 C의 가속도의 크기는 $t=3t_0$일 때가 $t=t_0$일 때의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄷ. $t=t_0$일 때 p가 A 또는 B를 당기는 힘의 크기를 T_{p}, q가 B 또는 C를 당기는 힘의 크기를 T_{q}라 하고 A, C에 운동 방정식을 각각 적용하면 $T_{\mathrm{p}}=2m\times\frac{1}{12}g=\frac{1}{6}mg$이고, $\frac{3}{2}mg-T_{\mathrm{q}}=\frac{1}{4}mg$가 되어 $T_{\mathrm{q}}=\frac{5}{4}mg$이다. $\frac{T_{\mathrm{q}}}{T_{\mathrm{p}}}=\frac{15}{2}$이므로 $t=t_0$일 때 q가 B를 당기는 힘의 크기는 p가 B를 당기는 힘의 크기의 $\frac{15}{2}$배이다.

15 힘의 평형과 작용 반작용 법칙

정지해 있는 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. (가)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 A와 B의 무게 합과 같고, (나)에서 수평면이 B를 떠받치는 힘의 크기는 A와 B의 무게 합에서 C의 무게를 뺀 값이며, (다)에서 수평면이 C를 떠받치는 힘의 크기는 B와 C의 무게 합에서 A의 무게를 뺀 값이다.

ㄱ. A, B, C의 질량을 각각 m_{A}, m_{B}, m_{C}라 하고, 중력 가속도를 g라고 하자. (가)에서 A, B를 한 물체로 생각하여 힘의 평형을 적용하면 $7F=m_{\mathrm{A}}g+m_{\mathrm{B}}g$ ⋯ (ⅰ), (나)에서 A가 B를 누르는 힘의 크기는 $2F$이므로 A와 C를 한 물체로 생각하여 힘의 평형을 적용하면 $2F=m_{\mathrm{A}}g-m_{\mathrm{C}}g$ ⋯ (ⅱ)이다.
(ⅰ)$-$(ⅱ)$=m_{\mathrm{B}}g+m_{\mathrm{C}}g=5F$이고, (다)에서 수평면이 C를 떠받치는 힘의 크기가 $2F$이므로 A, B, C를 한 물체로 생각하여 힘의 평형을 적용하면 $m_{\mathrm{B}}g+m_{\mathrm{C}}g-m_{\mathrm{A}}g=2F$가 되어 $m_{\mathrm{A}}g=3F$이다.
ㄴ. $m_{\mathrm{A}}g=3F$를 $7F=m_{\mathrm{A}}g+m_{\mathrm{B}}g$와 $2F=m_{\mathrm{A}}g-m_{\mathrm{C}}g$에 각각 대입하면 $m_{\mathrm{B}}g=4F$, $m_{\mathrm{C}}g=F$이다. 즉, 질량은 B가 C의 4배이다.
ㄷ. (다)에서 A와 C의 위치만 서로 바꾸었을 때 C가 정지해 있으면 B가 A를 누르는 힘의 크기는 $3F$이다.

16 뉴턴 운동 제2법칙

A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 (가)와 (나)에서 한 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 각각 C의 무게, C의 무게$-$A의 무게이다.

ㄱ. A, C의 질량을 각각 m_{A}, m_{C}, (가)와 (나)에서 B의 가속도의 크기를 각각 $2a$, a라 하자. (가), (나)에서 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 각각 적용하면 $m_{\mathrm{C}}g=(m_{\mathrm{A}}+2m+m_{\mathrm{C}})\times 2a$, $m_{\mathrm{C}}g-m_{\mathrm{A}}g=(m_{\mathrm{A}}+2m+m_{\mathrm{C}})\times a$가 되어 $m_{\mathrm{C}}=2m_{\mathrm{A}}$이다. (가)에서 p가 C를 당기는 힘의 크기는 $\frac{6}{5}mg$이므로 p가 B를 당기는 힘의 크기도 $\frac{6}{5}mg$이다. (가)에서 A와 B를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $\frac{6}{5}mg=(m_{\mathrm{A}}+2m)\times 2a$ ⋯ (ⅰ)이고 C에 운동 방정식을 적용하면 $m_{\mathrm{C}}g-\frac{6}{5}mg=m_{\mathrm{C}}\times 2a$ ⋯ (ⅱ)이다. $\frac{(\text{ⅰ})}{(\text{ⅱ})}=\frac{\frac{6}{5}m}{2m_{\mathrm{A}}-\frac{6}{5}m}=\frac{m_{\mathrm{A}}+2m}{2m_{\mathrm{A}}}$이 되어 $m_{\mathrm{A}}=m$이고, $m_{\mathrm{C}}=2m$이다.

ㄴ. $m_{\mathrm{A}}=m$을 (ⅰ)에 대입하면 $a=\frac{1}{5}g$이고, (나)에서 p가 C를 당기는 힘의 크기를 T_{p}라 하고, C에 운동 방정식을 적용하면 $2mg-T_{\mathrm{p}}=2m\times\frac{1}{5}g$가 되어 $T_{\mathrm{p}}=\frac{8}{5}mg$이다.
ㄷ. (나)에서 q가 A를 당기는 힘의 크기를 T_{q}라 하고, A에 운동 방정식을 적용하면 $T_{\mathrm{q}}-mg=m\times\frac{1}{5}g$가 되어 $T_{\mathrm{q}}=\frac{6}{5}mg$이다.

17 뉴턴 운동 제2법칙

$t=2t_0$일 때 p가 끊어지므로 $t=\frac{5}{2}t_0$일 때 A에 작용하는 알짜힘은 A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘이고, $t=3t_0$일 때 q가 끊어지므로 $t=3t_0$ 이후 B에 작용하는 알짜힘은 B에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘이다.

ㄱ. $t=\frac{5}{2}t_0$일 때 A에 작용하는 알짜힘의 크기를 F, $t=3t_0$ 이후 B에 작용하는 알짜힘의 크기를 $8F$라 하고 $t=t_0$일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $2mg-9F=5m\times\frac{v_0}{2t_0}$ ⋯ (ⅰ)이고, $t=\frac{5}{2}t_0$일 때 B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $2mg-8F=4m\times\frac{3v_0}{t_0}$ ⋯ (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $F=\frac{19}{88}mg$이고 $2mg-9F=\frac{5}{88}mg=5m\times\frac{v_0}{2t_0}$이 되어 $v_0=\frac{gt_0}{44}$이다.
ㄴ. p가 B를 당기는 힘의 크기를 T_{p}라 하고, A에 운동 방정식을 적용하면 $T_{\mathrm{p}}-F=m\times\frac{v_0}{2t_0}$이고 $T_{\mathrm{p}}-\frac{19}{88}mg=\frac{1}{88}mg$가 되어 $T_{\mathrm{p}}=\frac{5}{22}mg$이다.
ㄷ. $t=t_0$일 때 q가 C를 당기는 힘의 크기를 T_{q}라 하고, C에 운동 방정식을 적용하면 $2mg-T_{\mathrm{q}}=2m\times\frac{v_0}{2t_0}$이 되어 $T_{\mathrm{q}}=\frac{87}{44}mg$이다. $t=\frac{5}{2}t_0$일 때 q가 C를 당기는 힘의 크기를 T_{q}'라 하고, C에 운동 방정식을 적용하면 $2mg-T_{\mathrm{q}}'=2m\times\frac{3v_0}{t_0}$이 되어 $T_{\mathrm{q}}'=\frac{41}{22}mg$이다. 따라서 $\frac{T_{\mathrm{q}}'}{T_{\mathrm{q}}}=\frac{82}{87}$이다.

18 작용 반작용 법칙

작용 반작용 관계에 있는 두 힘의 크기는 같고, 방향은 서로 반대 방향이며, 두 힘은 상호 작용 하는 각각의 물체에 작용한다.
② (가)에서 정지해 있는 B에 작용하는 알짜힘은 0이므로 A가 B를 미는 힘의 크기는 F이다. (나)에서 정지해 있는 A, B에 작용하는 알짜힘은 모두 0이다. 중력 가속도를 g라 하면 A는 연직 위 방향으로 크기가 F, 연직 아래 방향으로 크기가 각각 F_1, mg인 힘을 받으므로 $F=F_1+mg$ ⋯ (ⅰ)이며, B는 연직 위 방향으로 크기가 $4F$, 연직 아래 방향으로 크기가 각각 F, $4mg$인 힘을

받으므로 $4F=F+4mg$ … (ii)가 되어 (i), (ii)에서 $F=\frac{4}{3}mg$, $F_1=\frac{1}{3}mg$이다. 따라서 $F_1=\frac{1}{4}F$이다.

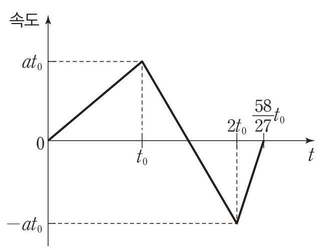
19 뉴턴 운동 제2법칙

B가 a에서 b까지 운동하는 동안 C에는 연직 아래 방향으로 크기가 $F+3mg$인 힘이 작용하고 A에는 연직 아래 방향으로 크기가 $5mg$인 힘이 작용하므로 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용할 때 한 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 $F-2mg$이다.

ㄱ. $t=\frac{1}{2}t_0$, $t=\frac{3}{2}t_0$일 때 A, B, C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 각각 적용하면 $F-2mg=9m\times a$, $2mg=9m\times 2a$가 되어 두 식을 연립하면 $F=3mg$이다.

ㄴ. B는 $\frac{3}{2}t_0$일 때 c에 도달한다. a부터 b까지와 b부터 c까지 B의 속도 변화량의 크기는 같으므로 평균 속력은 같고, 가속도의 크기는 b부터 c까지가 a부터 b까지의 2배이므로 걸린 시간은 a부터 b까지가 b부터 c까지의 2배이다. 따라서 a와 b 사이의 거리는 b와 c 사이의 거리의 2배이다.

ㄷ. p가 끊어진 순간부터 B가 정지할 때까지 B의 가속도의 크기를 a_B라 하고 B와 C를 한 물체로 생각하여 운동 방정식을 적용하면 $3mg=4m\times a_B$가 되어 $a_B=\frac{3}{4}g$이다. $a=\frac{1}{9}g$이므로 $a_B=\frac{27}{4}a$이고, $t=2t_0$인 순간부터 B가 정지할 때까지 걸린 시간은 $\frac{4}{27}t_0$이다. B가 a에서 출발하여 c에 도달하였다가 다시 정지할 때까지 B의 속도를 시간에 따라 나타내면 다음과 같다.



20 힘의 평형과 작용 반작용

작용 반작용 관계에 있는 두 힘은 크기가 같고 방향은 반대이며 힘을 받는 물체가 서로 다르다.

ㄱ. B에 작용하는 중력의 크기는 $2mg$이고 B가 C를 누르는 힘의 크기는 $5mg$이므로 A가 B에 작용하는 자기력의 크기는 $3mg$이다. 작용 반작용 법칙을 적용하면 B가 A에 작용하는 자기력의 크기는 $3mg$이다.

ㄴ. C는 연직 아래 방향으로 크기가 $4mg$인 중력과 크기가 $5mg$인 B가 C를 누르는 힘을 받으므로 수평면이 C를 떠받치는 힘의 크기는 $9mg$이다.

ㄷ. C가 B를 떠받치는 힘에 대한 반작용은 B가 C를 연직 아래 방향으로 누르는 힘이다.

02 운동량과 충격량

수능 2점 테스트

본문 35~37쪽

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

01 운동량과 충격량

A와 B가 충돌할 때 A가 받은 충격량의 크기와 B가 받은 충격량의 크기는 같고, 물체가 받은 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다.

ㄱ. A와 B가 충돌한 직후 B의 운동량의 크기는 A가 받은 충격량의 크기와 같으므로 $\left|m\times\left(-\frac{1}{4}v\right)-m\times v\right|=\frac{5}{4}mv$이다.

ㄴ. A와 충돌한 후 B의 운동량의 크기는 $\frac{5}{4}mv$이므로 B와 C가 충돌한 후 B와 C의 속력을 V라 하면 $\frac{5}{4}mv=3mV$에서 $V=\frac{5}{12}v$이다.

ㄷ. A와 충돌할 때 B가 받은 충격량의 크기는 $\frac{5}{4}mv$이고, C와 충돌할 때 B가 받은 충격량의 크기는 C의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $\frac{5}{12}mv$이다. 따라서 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기는 A와 충돌할 때가 C와 충돌할 때의 3배이다.

02 운동량과 충격량

시간에 따른 거리 그래프의 기울기는 물체의 속력과 같다. A는 Q와 2초~2.2초 동안 충돌하고, P와 5.2초~5.4초 동안 충돌한다.

ㄱ. A의 속력은 0초부터 2초까지 2 m/s, 2.2초부터 5.2초까지 $\frac{4}{3}$ m/s, 5.4초부터 8.4초까지 $\frac{2}{3}$ m/s이다. A의 운동량의 크기는 1초일 때 2 kg·m/s이고, 3초일 때 $\frac{4}{3}$ kg·m/s이므로 1초일 때가 3초일 때의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄴ. P, Q가 받은 충격량의 크기는 A가 P, Q와 충돌할 때 A의 운동량 변화량의 크기와 같다. A와 Q가 충돌할 때 A의 운동량 변화량의 크기는 $\left|-\frac{4}{3}\text{ kg·m/s}-2\text{ kg·m/s}\right|=\frac{10}{3}$ kg·m/s이고, A와 P가 충돌할 때 A의 운동량 변화량의 크기는 $\left|\frac{2}{3}\text{ kg·m/s}-\left(-\frac{4}{3}\text{ kg·m/s}\right)\right|=2$ kg·m/s이다. 따라서 A와 충돌하는 동안 P가 A로부터 받은 충격량의 크기는 Q가 A로부터 받은 충격량의 크기의 $\frac{3}{5}$배이다.

~~ㄷ~~. A가 P, Q와 각각 충돌하는 시간이 같을 때 A가 받은 평균 힘의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기에 비례한다. A가 P, Q와 충돌할 때 운동량 변화량의 크기는 Q와 충돌할 때가 P와 충돌할 때보다 크므로 A가 받은 평균 힘의 크기는 Q와 충돌할 때가 P와 충돌할 때보다 크다.

03 운동량과 충격량

물체에 크기가 F인 힘이 시간 t 동안 작용했을 때 물체가 받은 충격량의 크기는 Ft이고, Ft는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다.
④ 높이 $4h$인 지점에 가만히 놓은 물체가 수평면에 도달할 때 물체의 속력은 $2\sqrt{2gh}$이고, 마찰 구간을 지난 후 물체의 속력은 $\sqrt{2gh}$이다. 마찰 구간을 지나는 동안 물체가 받은 충격량의 크기는 Ft이고, 이는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같으므로
$Ft=|m\sqrt{2gh}-m(2\sqrt{2gh})|=m\sqrt{2gh}$에서
$F=\dfrac{m\sqrt{2gh}}{t}$이다.

04 운동량과 충격량

용수철이 A에 작용한 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같다. 용수철이 A에 작용한 평균 힘의 크기는 6 N이다.
ㄱ. 힘-거리 그래프에서 그래프 아래의 면적은 힘이 한 일이므로 0에서 0.03 m까지 그래프 아래의 면적은 용수철이 A에 한 일이다. 따라서 A가 용수철과 분리된 직후의 속력이 v일 때 $\frac{1}{2}\times12\times0.03=\frac{1}{2}\times1\times v^2$에서 $v=0.6\ \mathrm{m/s}$이고, 용수철과 분리된 직후 A의 운동량의 크기는 $0.6\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이다.
[별해] 용수철에서 분리된 직후 A의 운동량의 크기가 p일 때
$\frac{1}{2}\times12\times0.03=\frac{p^2}{2\times1}$에서 $p=0.6\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이다.
~~ㄴ~~. A가 B와 충돌하는 과정에서 A의 운동량 변화량의 크기는 $|1\ \mathrm{kg}\times(-0.1\ \mathrm{m/s})-0.6\ \mathrm{kg\cdot m/s}|=0.7\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이므로 A와 충돌한 직후 B의 운동량의 크기는 $0.7\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이고, B의 속력은 $\frac{7}{30}\ \mathrm{m/s}$이다.
~~ㄷ~~. A가 B와 충돌한 후 용수철을 다시 압축하여 분리될 때까지 용수철로부터 받은 충격량의 크기는 A가 용수철에 접촉한 순간부터 A가 용수철에서 분리되는 순간까지 A의 운동량 변화량의 크기와 같다. A가 용수철을 압축한 후 다시 분리된 직후의 속력은 0.1 m/s이므로 A의 운동량 변화량의 크기는 $0.2\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이다. 따라서 A가 용수철로부터 받은 충격량의 크기는 $0.2\ \mathrm{N\cdot s}$이다.

05 충돌과 충격 완화

물체가 받는 충격량의 크기가 같을 때 물체가 충돌하는 시간이 길수록 물체가 받는 평균 힘의 크기는 작다.
~~ㄱ~~. A는 같은 높이에서 착지하므로 착지하는 동안 A가 받은 충격량의 크기는 (가)에서와 (나)에서가 같다.
ㄴ. A가 착지하는 동안 받은 충격량의 크기는 같고, 착지하는 동안 A와 마루의 접촉 시간은 (나)에서가 (가)에서보다 길므로 A가 착지하는 동안 받은 평균 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
ㄷ. (나)와 같이 A가 받는 평균 힘의 크기를 작게 하여 충격으로부터 보호되는 원리는 자동차의 에어백과 승객이 충돌하는 시간을 길게 하여 승객이 받는 평균 힘의 크기를 작게 함으로써 승객을 보호하는 원리와 같다.

06 운동량 보존과 충격량

운동량 보존에 의해 A와 B가 용수철에서 분리될 때 A와 B의 운동량의 크기는 같으므로 B의 속력이 v일 때, A의 속력은 $2v$이다.
ㄱ. A와 B가 용수철에서 분리된 직후 B의 속력이 v일 때, A의 속력은 $2v$이고, Ⅰ, Ⅱ에서 A, B는 각각 등가속도 운동을 하므로 A가 Ⅰ에서 d만큼 운동하는 동안 A의 평균 속력은 v이고, B가 Ⅱ에서 x만큼 운동하는 동안 B의 평균 속력은 $\frac{1}{2}v$이다. 따라서 A가 Ⅰ에서 d만큼 운동하는 동안 A의 평균 속력은 B가 Ⅱ에서 x만큼 운동하는 동안 B의 평균 속력의 2배이다.
~~ㄴ~~. 용수철에서 분리된 직후 A와 B의 운동량의 크기는 같으므로 Ⅰ, Ⅱ에서 정지할 때까지 A와 B가 받은 충격량의 크기는 같다. A, B에 작용하는 마찰력의 크기는 같으므로 A가 Ⅰ에서 d만큼 운동하는 데 걸린 시간과 B가 Ⅱ에서 x만큼 운동하는 데 걸린 시간은 t_0으로 같다.
~~ㄷ~~. $d=vt_0$이고, $x=\frac{1}{2}vt_0$이므로 $x=\frac{1}{2}d$이다.

07 충격량과 운동량 변화량

물체가 충돌할 때, 물체가 받은 힘의 크기를 시간에 따라 나타낸 그래프에서 곡선과 시간 축이 만드는 면적은 충돌한 물체가 받은 충격량의 크기이고, 물체가 받은 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다.
ㄱ. (나)의 그래프에서 곡선과 시간 축이 만든 면적은 물체가 받은 충격량의 크기와 같고, 이는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 충돌 전후 물체의 운동량 변화량의 크기는 $12\ \mathrm{kg\cdot m/s}$이다.
ㄴ. $12\ \mathrm{kg\cdot m/s}=2\ \mathrm{kg}\times v-2\ \mathrm{kg}\times\left(-\frac{5}{2}\ \mathrm{m/s}\right)$에서 $v=\frac{7}{2}\ \mathrm{m/s}$이다.
~~ㄷ~~. $12\ \mathrm{N\cdot s}=40\ \mathrm{N}\times t_0$에서 $t_0=0.3$초이다.

08 충격량과 운동량 변화량

A와 B가 충돌하는 동안 A와 B가 받은 충격량의 크기는 같고, 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같다. A의 처음 운동량의 방향이 (+)방향이면, A와 B가 충돌한 직후 A의 운동량의 방향은 (−)방향이다.

ㄴ. B가 받은 충격량의 크기는 A가 받은 충격량의 크기와 같고, A가 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같다. A의 운동량 변화량의 크기는 $\left|-\frac{1}{2}p-3p_0\right|=\frac{7}{2}p_0$이다. 따라서 A와 B가 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 $\frac{7}{2}p_0$이다.

㉡. 충돌 전 A와 B의 운동량의 합은 충돌 후 A와 B의 운동량의 합과 같으므로 $3p_0+(-p_0)=\left(-\frac{1}{2}p_0\right)+$㉠에서 ㉠은 $\frac{5}{2}p_0$이다.

ㄷ. A와 B가 충돌하기 직전 A의 속력은 $\frac{3p_0}{m}$, A와 B가 충돌한 직후 B의 속력은 $\frac{5p_0}{4m}$이므로 A와 B가 충돌하기 직전 A의 속력은 A와 B가 충돌한 직후 B의 속력의 $\frac{12}{5}$배이다.

09 충격량

야구 방망이로 야구공을 칠 때 야구 방망이를 최대한 끝까지 휘두르는 까닭은 야구공이 야구 방망이로부터 힘을 받는 시간을 길게 하여 야구공이 받는 충격량의 크기를 크게(야구공의 속력을 크게) 하기 위해서이다.

㉠. 골프채를 끝까지 휘두르는 것은 골프공이 골프채로부터 힘을 받는 시간을 길게 하여 골프공이 받는 충격량의 크기를 크게 하기 위해서이다.

ㄴ. 에어 매트가 떨어지는 사람과 매트의 충돌 시간을 늘려주어 사람이 받는 평균 힘의 크기를 줄여준다.

㉢. 대포의 포신을 길게 하는 까닭은 포가 포신을 통과하는 시간을 길게 하여 포가 받는 충격량의 크기를 크게 하기 위해서이다.

10 운동량과 충격량

A와 B 사이의 거리를 시간에 따라 나타낸 그래프의 기울기는 A에 대한 B의 상대 속도이다.

㉠. A와 B가 충돌하기 직전 A의 운동량의 크기는 4 kg·m/s이므로 A의 속력은 4 m/s이고, A에 대한 B의 상대 속도는 −5 m/s이므로 B의 속력은 1 m/s이다. 따라서 A와 충돌하기 직전 B의 운동량의 크기는 3 kg·m/s이다.

㉡. A와 B가 충돌하는 동안 B가 A로부터 받은 충격량의 크기는 A가 B로부터 받은 충격량의 크기와 같다. A와 B는 충돌 후 서로 멀어지는 방향으로 운동한다. 따라서 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 |−1 kg·m/s−4 kg·m/s|=5 kg·m/s=5 N·s이다.

㉢. A와 B가 충돌한 직후 A의 운동량의 크기는 1 kg·m/s이므로 A의 속력은 1 m/s이고, A에 대한 B의 상대 속도는 $\frac{5}{3}$ m/s이므로 B의 속력은 $\frac{2}{3}$ m/s이다. 따라서 A와 B가 충돌한 직후 속력은 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이다.

11 운동량과 탄성 퍼텐셜 에너지

A와 B가 충돌하기 전 A의 운동량의 크기와 A와 B가 충돌한 직후 A와 B의 운동량의 합의 크기는 같고, A와 B의 최대 운동 에너지는 용수철의 최대 탄성 퍼텐셜 에너지와 같다.

② A가 B와 충돌하기 전 A의 운동량의 크기가 p이므로, 이때 A의 속력은 $\frac{p}{m}$이다. A와 B가 충돌한 직후 A와 B의 속력은 $\frac{p}{3m}$이다. A와 B가 충돌한 직후 한 덩어리가 된 A와 B의 최대 운동 에너지는 용수철의 최대 탄성 퍼텐셜 에너지와 같으므로 $\frac{1}{2}(3m)\left(\frac{p}{3m}\right)^2=\frac{1}{2}kx^2$에서 $x=\frac{\sqrt{3}p}{3\sqrt{km}}$이다.

12 충돌과 충격 완화

물체가 받는 충격량이 일정할 때, 물체가 충돌하는 시간이 길수록 물체에 작용하는 평균 힘이 작다.

㉠. 에어 챔버에는 압축된 공기가 채워져 있어서 자동차와 충돌할 때 충돌 시간을 늘려줌으로써 자동차가 받는 평균 힘의 크기를 줄여준다. 따라서 '시간'은 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 에어 챔버와 자동차가 충돌할 때 자동차에 작용하는 평균 힘의 크기가 감소하므로 '충격력' 또는 '평균 힘'은 ㉡으로 적절하다.

㉢. 에어백은 자동차가 충돌 시 운전자가 운전대에 충돌하지 않고 에어백과 충돌하여 충돌 시간을 늘려줌으로써 운전자가 받는 충격력의 크기를 줄여준다. 따라서 에어백은 에어 챔버와 같은 원리로 충돌 사고 시 운전자를 보호한다.

수능 3점 테스트

본문 38~42쪽

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

01 운동량 보존, 충격량과 운동량 변화량

A와 B가 충돌하기 전후, B와 C가 충돌하기 전후에 운동량의 합은 각각 보존되고, C는 B와 충돌 직후부터 정지할 때까지 마찰 구간에서 마찰력에 의한 충격량을 받는다.

㉠. A와 B가 충돌한 직후 B의 속력을 v_B라 하고, A와 B가 충돌하기 전후에 운동량 보존을 적용하면 1 kg×10 m/s =1 kg×(−2 m/s)+4 kg×v_B에서 v_B=3 m/s이다.

ㄴ. B와 C가 충돌한 직후 B가 처음 운동 방향과 반대 방향으로 $\frac{1}{2}$ m/s의 속력으로 등속도 운동을 하고 B가 C로부터 받은 충격량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같으므로

$\left|4\text{ kg}\times\left(-\frac{1}{2}\text{ m/s}\right)-4\text{ kg}\times3\text{ m/s}\right|=14\text{ N}\cdot\text{s}$이다.

ㄷ. B와 C가 충돌한 직후 C의 속력을 v_C라 하고, B와 C가 충돌하기 전후에 운동량 보존을 적용하면 $4\text{ kg}\times3\text{ m/s}=4\text{ kg}\times\left(-\frac{1}{2}\text{ m/s}\right)+6\text{ kg}\times v_C$에서 $v_C=\frac{7}{3}\text{ m/s}$이다. C가 B와 충돌한 후부터 정지할 때까지 마찰 구간에서 4초 동안 마찰력(f)에 의해 받은 충격량의 크기는 C의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $f\times4\text{ s}=6\text{ kg}\times\frac{7}{3}\text{ m/s}$에서 $f=\frac{7}{2}\text{ N}$이다.

02 운동량 보존과 충격량

B가 0초부터 0.2초까지 이동한 거리와 0.3 m의 합은 p에서 q까지의 거리이다. 0.2초일 때 B가 q에 충돌하고 0.5초일 때 B가 p에 충돌하므로 0.2초부터 0.5초까지 A와 B가 이동한 거리의 합은 0.9 m이다.

~~ㄱ~~. B의 질량을 m, B가 q에 충돌한 후 A의 속력을 v_A라 하면, 운동량 보존에 의해

$m\times3\text{ m/s}=m\times(-1\text{ m/s})+4\text{ kg}\times v_A$ … (ⅰ)이고, p에서 q까지의 거리는 0.9 m이다. B가 q에 충돌한 후 A와 B가 0.3초 동안 이동한 거리의 합이 0.9 m이므로

$v_A\times0.3\text{ s}+1\text{ m/s}\times0.3\text{ s}=0.9\text{ m}$에서 $v_A=2\text{ m/s}$이다. 이를 (ⅰ)에 대입하면 $m=2\text{ kg}$이다.

ㄴ. B가 q에 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 B의 운동량 변화량의 크기와 같다. B의 운동량 변화량의 크기는 $|2\text{ kg}\times(-1\text{ m/s})-2\text{ kg}\times3\text{ m/s}|=8\text{ kg}\cdot\text{m/s}$이므로 B가 q에 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 $8\text{ N}\cdot\text{s}$이다.

ㄷ. B가 p와 충돌한 후 A의 속력을 $v_A{}'$라 하면, 운동량 보존에 의해 $4\text{ kg}\times2\text{ m/s}+2\text{ kg}\times(-1\text{ m/s})=4\text{ kg}\times v_A{}'+2\text{ kg}\times\frac{3}{2}\text{ m/s}$에서 $v_A{}'=\frac{3}{4}\text{ m/s}$이다. 따라서 A의 속력은 0.3초일 때가 0.6초일 때의 $\dfrac{2\text{ m/s}}{\frac{3}{4}\text{ m/s}}=\frac{8}{3}$배이다.

03 운동량 보존과 탄성 퍼텐셜 에너지

(가)에서 p에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 p와 분리된 직후 A와 B의 운동 에너지의 합과 같고 A와 B의 운동량의 합은 0이다. (나)에서 p에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 p와 분리된 직후 A의 운동 에너지와 같다.

④ (가)에서 p와 분리된 직후 A, B의 속력을 각각 $2v$, v라 하고, p에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지를 E라고 하면 역학적 에너지 보존에 의해 $E=\frac{1}{2}m(2v)^2+\frac{1}{2}(2m)v^2=3mv^2$에서 $v=\sqrt{\frac{E}{3m}}$이므로 p와 분리된 직후 A의 운동량의 크기는 $m(2v)=\sqrt{\frac{4mE}{3}}$이다. (나)에서 p와 분리된 직후 A의 속력을 V라 하면 역학적 에너지 보존에 의해 $E=\frac{1}{2}mV^2$에서 $V=\sqrt{\frac{2E}{m}}$이므로 p와 분리된 직후 A의 운동량의 크기는 $mV=\sqrt{2mE}$이다. 따라서 (가)와 (나)에서 A의 운동량 변화량의 크기의 비, 즉 충격량의 크기의 비는 $I_1:I_2=2:\sqrt{6}$이다.

04 운동량 보존

A와 B는 버튼을 누른 후부터 용수철과 분리될 때까지 용수철로부터 같은 시간 동안 같은 크기의 탄성력을 받으므로 A와 B가 용수철로부터 받는 충격량의 크기는 같다. x_A, x_B는 A, B가 같은 시간 동안 이동한 거리이므로 A, B의 속력에 비례한다.

ㄱ. 버튼을 누른 후부터 용수철과 분리될 때까지 A, B가 용수철로부터 받은 충격량의 크기가 같으므로 용수철과 분리된 직후 운동량의 크기는 A와 B가 같다.

ㄴ. A와 B의 운동량의 크기가 같고, 질량은 B가 A보다 크므로 속력은 A가 B보다 크다. 따라서 ㉠은 0.51보다 작다.

ㄷ. A와 B의 운동량의 크기가 같으므로 $0.5\text{ kg}\times$ ㉡ $\text{m}=(0.5\text{ kg}+0.5\text{ kg})\times0.28\text{ m}$에서 ㉡은 0.56이다.

05 충격량

힘 – 시간 그래프에서 그래프와 시간 축이 이루는 면적은 B가 C 또는 A와 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기이고, B의 운동량 변화량의 크기와 같다.

ㄱ. B가 C와 충돌하는 동안 B가 받은 충격량의 크기가 $9\text{ N}\cdot\text{s}$이므로 충돌 후 B의 운동량의 크기를 p_B라 하면 $2\text{ kg}\times3\text{ m/s}+p_B=9\text{ kg}\cdot\text{m/s}$에서 $p_B=3\text{ kg}\cdot\text{m/s}$이다. 따라서 B와 C가 충돌한 직후 B의 속력은 $\frac{3}{2}\text{ m/s}$이다.

~~ㄴ~~. B가 A와 충돌할 때 A와 B가 받은 충격량의 크기는 $4\text{ N}\cdot\text{s}$로 같고, 충격량의 크기는 운동량 변화량의 크기와 같으므로 B와 A가 충돌한 후 A의 운동량의 크기는 $4\text{ kg}\cdot\text{m/s}$이다.

~~ㄷ~~. B가 A와 충돌하는 동안 받은 충격량의 크기는 $4\text{ N}\cdot\text{s}$이고, B가 C와 충돌하는 동안 받은 충격량의 크기는 $9\text{ N}\cdot\text{s}$이다. 따라서 B가 A와 충돌하는 동안 받은 충격량의 크기는 B가 C와 충돌하는 동안 받은 충격량의 크기의 $\frac{4}{9}$배이다.

06 역학적 에너지 보존과 충격량

충돌 전후 A와 B의 운동량의 합은 보존되며, A와 B가 충돌할 때 A와 B가 받은 충격량의 크기는 서로 같다.

ㄱ. 높이 $2h$인 평면에서 A와 B가 충돌하기 전 A의 속력은 $\sqrt{2g(8h)}=4\sqrt{gh}$이고, A와 B가 충돌한 후 A의 속력은 $\sqrt{2g(2h)}=2\sqrt{gh}$이다. A와 B가 충돌할 때 A와 B의 운동량의 합은 보존되므로 $4m\sqrt{gh}-4m\sqrt{gh}=-2m\sqrt{gh}+2mv_B$에서 $v_B=\sqrt{gh}$이다.

ㄴ. A와 B가 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $6m\sqrt{gh}$이다. 따라서

A와 B가 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 평균 힘의 크기는 $\dfrac{6m\sqrt{gh}}{t}$이다.

~~ㄷ~~. A와 충돌 전후 B의 운동 에너지 변화량은 $\dfrac{1}{2}(2m)(2\sqrt{gh})^2-\dfrac{1}{2}(2m)(\sqrt{gh})^2=3mgh$이다. 따라서 A와 B의 충돌 과정에서 B의 감소한 역학적 에너지는 $3mgh$이다.

07 운동량 보존과 충격량

A와 B가 충돌하기 전 운동량의 합은 A와 B가 충돌한 후 운동량의 합과 같다. $2t_0$일 때 A와 B가 충돌하고, $4t_0$일 때 B와 C가 충돌한다.

㉠. A와 B가 충돌하기 전 운동량의 크기는 p로 동일하고 B의 속력을 v라 하면 A의 속력은 $2v$이므로 $p=2mv$이다. 따라서 B의 질량은 $2m$이다.

㉡. A와 B가 충돌하기 전 A에 대한 B의 상대 속도는 $-v=-\dfrac{2d_0}{2t_0}$이므로 $v=\dfrac{d_0}{t_0}$이다. A와 B가 충돌한 직후 B의 운동량의 크기를 p_B라 하면 운동량 보존에 의해 $p_B=\dfrac{5}{3}p$이므로 충돌 직후 A의 속력은 $\dfrac{2}{3}v$, B의 속력은 $\dfrac{5}{3}v$이다. $4t_0$일 때 B와 C가 충돌한 직후 A에 대한 B의 상대 속도는 $-v$이므로 B의 운동 방향은 $-x$방향이고 속력은 $\dfrac{1}{3}v$이며 운동량의 크기는 $\dfrac{1}{3}p$이다. 따라서 운동량 보존에 의해 B와 C가 충돌한 직후 C의 운동량의 크기는 $2p$이다.

㉢. B의 속력은 A와 충돌한 직후 $\dfrac{5}{3}v$이고 C와 충돌한 직후 $\dfrac{1}{3}v$이므로 $3t_0$일 때가 $4.5t_0$일 때의 5배이다.

08 운동량 보존과 역학적 에너지 보존

(가)에서 A와 B가 충돌하기 전과 후에 운동량의 합이 보존되므로 A와 B가 한 물체가 되었을 때 운동량의 크기는 $2p$이다. (나)에서 A와 충돌한 후 C의 운동량의 크기는 $2p$이다. (가)에서 A와 B가 한 덩어리가 된 후 운동 에너지는 P의 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같고, (나)에서 A와 C가 충돌한 후 C의 운동 에너지는 Q의 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같다. 질량이 m이고 운동량의 크기가 p인 물체의 운동 에너지는 $\dfrac{p^2}{2m}$이다.

④ (가)에서 A와 B가 한 덩어리가 되었을 때 운동량의 크기는 $2p$이고 A와 B가 한 덩어리가 되었을 때 운동 에너지는 P의 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같으므로 $\dfrac{(2p)^2}{2(3m)}=\dfrac{1}{2}(2k)x_1^2$에서 $x_1=\sqrt{\dfrac{2p^2}{3mk}}$이다. (나)에서 A와 C가 충돌한 후 C의 운동량의 크기는 $2p$이고, C의 운동 에너지는 Q의 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같으므로 $\dfrac{(2p)^2}{2(3m)}=\dfrac{1}{2}(k)x_2^2$에서 $x_2=\sqrt{\dfrac{4p^2}{3mk}}$이다. 따라서 $\dfrac{x_1}{x_2}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}$이다.

09 역학적 에너지 보존과 충격량

A와 B가 용수철과 분리된 직후 A의 속력은 $4\sqrt{gh}$이고, A와 B의 운동량의 합은 0이므로 B의 속력은 $\sqrt{gh}$이다. 용수철과 분리된 직후 B의 운동 에너지와 마찰 구간에서 마찰력이 B에 한 일의 양은 같다.

~~ㄱ~~. 용수철과 분리된 직후 A의 속력을 v라 하면, $\dfrac{1}{2}mv^2=8mgh$에서 $v=4\sqrt{gh}$이므로 A의 운동량의 크기는 $4m\sqrt{gh}$이다.

㉡. 용수철과 분리된 직후 A와 B의 운동량의 합은 0이므로 B의 속력은 $\sqrt{gh}$이다. 용수철과 분리된 직후 A와 B의 운동 에너지의 합은 A와 B를 가만히 놓기 전 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 같으므로 $\dfrac{1}{2}m(4\sqrt{gh})^2+\dfrac{1}{2}(4m)(\sqrt{gh})^2=10mgh$이다.

㉢. 마찰 구간에서 B에 작용하는 마찰력의 크기를 F, B가 d만큼 이동하는 데 걸린 시간을 t라고 하면, $\dfrac{1}{2}(4m)(\sqrt{gh})^2=Fd$에서 $F=\dfrac{2mgh}{d}$이다. 마찰 구간에서 B의 운동량이 0이 될 때까지 B의 운동량 변화량의 크기는 마찰 구간에서 B가 받은 충격량의 크기와 같으므로 $4m\sqrt{gh}=Ft$에서 $t=\dfrac{2d}{\sqrt{gh}}$이다.

[별해] 마찰 구간에서 B의 평균 속력이 $\dfrac{\sqrt{gh}}{2}$이므로 $\dfrac{\sqrt{gh}}{2}\times t=d$에서 $t=\dfrac{2d}{\sqrt{gh}}$이다.

10 운동량 보존

A, B, C가 충돌하기 전 운동량의 합, A와 B가 충돌하여 한 덩어리가 되었을 때 A, B, C의 운동량의 합, A, B, C가 모두 한 덩어리가 되었을 때 A, B, C의 운동량의 합은 모두 같다.

~~ㄱ~~. B의 질량을 m_B라 하고, A와 B가 충돌하기 전과 후에 운동량 보존을 적용하면 $3m\times6v_0+m_B\times2v_0=(3m+m_B)\times4v_0$에서 $m_B=3m$이다.

~~ㄴ~~. C의 질량을 m_C라 하고, A와 한 덩어리가 된 B와 C가 충돌하기 전과 후에 운동량 보존을 적용하면 $6m\times4v_0+m_C\times v_0=(6m+m_C)\times3v_0$에서 $m_C=3m$이다. 따라서 C가 B와 충돌하기 전 C의 운동량의 크기는 $3mv_0$이다.

㉢. A가 B와 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 A의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $|3m\times4v_0-3m\times6v_0|=6mv_0$이고, C가 B와 충돌하는 동안 C가 B로부터 받은 충격량의 크기는 C의 운동량 변화량의 크기와 같으므로 $3m\times3v_0-3m\times v_0=6mv_0$이다. 따라서 A가 B와 충돌하는 동안 A가 B로부터 받은 충격량의 크기는 C가 B와 충돌하는 동안 C가 B로부터 받은 충격량의 크기와 같다.

03 역학적 에너지 보존

수능 2점 테스트 　　　　　　　　　　본문 51~53쪽

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

01 물체에 한 일

물체에 작용한 힘이 한 일은 물체의 이동 방향과 나란하게 작용한 힘의 크기와 물체가 이동한 거리를 곱한 값이다.

ㄱ. 힘이 한 일은 힘의 방향으로 이동한 거리와 힘의 크기를 곱한 값이므로 크기가 F인 힘이 물체에 한 일은 Fd이다.

ㄴ. 중력이 물체에 한 일은 $mg(-h)$이므로 중력이 물체에 한 일의 양은 mgh이다.

~~ㄷ~~. 물체는 등속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

02 물체에 한 일

마찰이 없는 빗면에 가만히 놓은 물체에는 운동 방향으로 알짜힘이 작용하고 물체는 등가속도 직선 운동을 한다. 물체에 운동 방향으로 힘이 작용하면 힘은 물체에 일을 한 것이고, 물체는 받은 일만큼 역학적 에너지가 증가한다.

④ (가)에서 A의 가속도의 크기를 a라 할 때, $a=\frac{5^2}{2\times2}=\frac{25}{4}(\mathrm{m/s^2})$이고, A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $\frac{25}{2}$ N이다. (나)에서 B에 운동 방향으로 작용한 힘 F의 크기는 $\frac{25}{2}$ N이고, 2 m를 이동하는 동안 F가 한 일은 25 J이다.

03 중력에 의한 역학적 에너지 보존

A와 B는 실로 연결되어 하나의 물체와 같이 운동하고, A와 B의 역학적 에너지는 보존된다.

ㄱ. A의 속력이 증가하므로 A의 운동 에너지는 증가한다.

~~ㄴ~~. A와 B의 질량이 같으므로 A가 놓인 빗면이 B가 놓인 빗면보다 더 가파르다. 따라서 s만큼 이동하는 동안 연직 방향으로 이동한 거리는 A가 B보다 크므로, s만큼 이동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 B의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량보다 크다.

ㄷ. A와 B의 역학적 에너지의 합이 보존되므로 A의 역학적 에너지 변화량의 크기와 B의 역학적 에너지 변화량의 크기는 같다.

04 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존

탄성력 이외에 다른 힘이 작용하지 않으므로 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 물체의 운동 에너지의 합은 항상 일정하다.

ㄱ. A가 P와 분리된 직후 운동 에너지는 P에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같다. A가 P와 분리된 직후 A의 속력을 v라 하면 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}k_1(3d)^2$에서 $v=3d\sqrt{\frac{k_1}{m}}$이다.

~~ㄴ~~. P와 Q에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값이 같으므로 $\frac{1}{2}k_1(3d)^2=\frac{1}{2}k_2(2d)^2$에서 $k_1=\frac{4}{9}k_2$이다.

~~ㄷ~~. A의 운동 에너지의 최댓값은 Q에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같으므로 $\frac{1}{2}k_2(2d)^2=2k_2d^2$이다.

05 중력에 의한 역학적 에너지 보존

물체의 역학적 에너지가 보존될 때, 물체의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지와 증가한 운동 에너지는 같다.

~~ㄱ~~. 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 물체의 높이에 비례하므로 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 q에서가 r에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄴ. q에서 물체의 운동 에너지는 $2E_0$이므로 $\frac{1}{2}mv_1{}^2=2E_0$에서 $v_1=\sqrt{\frac{4E_0}{m}}$이고, r에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{8}{3}E_0$이므로 $\frac{1}{2}mv_2{}^2=\frac{8}{3}E_0$에서 $v_2=\sqrt{\frac{16E_0}{3m}}$이다. 따라서 $v_1=\frac{\sqrt{3}}{2}v_2$이다.

~~ㄷ~~. 물체의 역학적 에너지는 보존되어 수평면에서 물체의 운동 에너지는 $4E_0$이므로 $\frac{1}{2}mv_3{}^2=4E_0$에서 $v_3=2\sqrt{\frac{2E_0}{m}}$이다.

06 중력에 의한 역학적 에너지 보존

중력 퍼텐셜 에너지는 물체의 높이에 비례한다. 물체가 a에서 c까지 운동하는 동안 물체의 감소한 중력 퍼텐셜 에너지만큼 물체의 운동 에너지는 증가하고, 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 운동 에너지의 합은 일정하다.

ㄱ. 물체의 역학적 에너지는 $12E_0$으로 일정하다. b에서 ㉠인 $E_\mathrm{p}=3E_0$이므로 ㉡인 $E_\mathrm{k}=9E_0$이다.

~~ㄴ~~. ㉠은 $3E_0$이고, ㉢은 $12E_0$이므로 ㉢은 ㉠의 4배이다.

~~ㄷ~~. 물체의 질량을 m이라 하면 a에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv_0{}^2=3E_0$이고, c에서 물체의 속력을 v_c라 하면 c에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv_\mathrm{c}{}^2=12E_0$이므로 $v_\mathrm{c}=2v_0$이다.

07 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존과 마찰력이 한 일

물체가 Ⅰ에 도달하기 전 탄성력에 의한 역학적 에너지는 보존된다. 물체가 Ⅰ, Ⅱ를 지나는 동안 마찰력이 한 일의 양은 Ⅰ, Ⅱ를 지나는 동안 감소한 물체의 운동 에너지와 같다.

ㄱ. Ⅱ를 지난 직후 물체의 운동 에너지가 $E_0=\frac{1}{2}mv^2$이므로 용수철에서 분리된 직후 물체의 운동 에너지는 $16E_0$이다. 용수

철의 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 $\frac{1}{2}kx^2=16\times\frac{1}{2}mv^2$에서 $x=4\sqrt{\frac{m}{k}}v$이다.

ㄴ. 물체가 Ⅰ을 지나기 전후에 $16E_0-W_1=9E_0$에서 $W_1=7E_0$이고, 물체가 Ⅱ를 지나기 전후에 $9E_0-W_2=E_0$에서 $W_2=8E_0$이다. 따라서 $W_2=\frac{8}{7}W_1$이다.

ㄷ. 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 $16E_0$이고, $W_2=8E_0$이므로 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 $2W_2$이다.

08 운동량 보존과 중력에 의한 역학적 에너지 보존

A, B가 용수철을 압축시켜 정지해 있을 때 A와 B의 운동량의 합이 0이므로 용수철에서 분리된 직후 A와 B의 운동량의 합은 0이어야 한다.

① 용수철에서 분리된 직후 A와 B의 운동량의 합은 0이어야 하므로 용수철에서 분리된 직후 A의 속력을 $2v$라 하면 B의 속력은 $3v$이다. 용수철과 분리된 후 A와 B의 역학적 에너지는 각각 보존되므로 중력 가속도가 g일 때, A는 $\frac{1}{2}(3m)(2v)^2=3mgh_1$에서 $h_1=\frac{2v^2}{g}$이고, B는 $\frac{1}{2}(2m)(3v)^2=2mgh_2$에서 $h_2=\frac{9v^2}{2g}$이다. 따라서 $\frac{h_1}{h_2}=\frac{4}{9}$이다.

09 마찰에 의한 에너지 손실과 역학적 에너지 보존

물체의 질량을 m이라 하면, 물체가 높이가 $10h$인 평면에서 수평면까지 내려오는 동안 감소한 물체의 역학적 에너지는 $4mgh$이고, 수평면에서 높이가 $8h$인 지점에서 속력이 0이 될 때까지 물체의 역학적 에너지는 보존된다.

③ 높이가 $10h$인 평면에서 물체의 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}mv_0^2+10mgh$이고, 마찰 구간에서 감소한 물체의 역학적 에너지는 $4mgh$이다. 수평면에서 물체의 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$이고, 높이가 $8h$인 지점에서 속력이 0이 된 물체의 역학적 에너지는 $8mgh$이다. 따라서 $\frac{1}{2}mv_0^2+10mgh-4mgh=\frac{1}{2}mv^2$, $\frac{1}{2}mv^2=8mgh$이므로 $v=2v_0$이다.

10 중력에 의한 역학적 에너지 보존

역학적 에너지 보존에 따라 B, C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A, B, C의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

~~ㄱ~~. B, C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $6E_0$이고, A의 중력 퍼텐셜 증가량은 $4E_0$이므로 A, B, C의 운동 에너지 증가량은 $2E_0$이다. A, B, C의 속력은 같으므로 운동 에너지는 질량에 비례한다. q에서 B의 운동 에너지를 E_k라 할 때 $2E_0=5E_k$에서 $E_k=\frac{2}{5}E_0$이므로 A의 운동 에너지 증가량은 $\frac{4}{5}E_0$이다.

ㄴ. B가 q에 도달하는 순간 B의 속력을 v_q라 하면 B가 q에 도달하는 순간 B의 운동 에너지는 $\frac{2}{5}E_0=\frac{1}{2}mv_q{}^2$에서 $v_q=2\sqrt{\frac{E_0}{5m}}$이다.

ㄷ. C의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 $5E_0$이고, C의 운동 에너지 증가량은 $\frac{4}{5}E_0$이므로 C의 역학적 에너지 감소량은 $5E_0-\frac{4}{5}E_0=\frac{21}{5}E_0$이다.

11 힘이 물체에 한 일

물체에는 중력, 실이 물체를 당기는 힘이 작용한다. 중력이 물체에 한 일은 음(−)이고, 실이 물체를 당기는 힘이 물체에 한 일은 양(+)이다.

~~ㄱ~~. 물체에 작용하는 중력의 크기는 10 N이고, 0초부터 2초까지 물체의 이동 거리는 (나)의 그래프 아래 면적인 3 m이다. 따라서 0초부터 2초까지 중력이 물체에 한 일의 양은 30 J이다.

ㄴ. 2초부터 4초까지 실이 물체를 당기는 힘의 크기를 T라 하면 그래프의 기울기로부터 물체의 가속도의 크기는 1 m/s²이므로 $T-10\text{ N}=1\text{ kg}\times1\text{ m/s}^2$에서 $T=11$ N이다. 2초부터 4초까지 물체의 이동 거리는 8 m이다. 따라서 2초부터 4초까지 실이 물체를 당기는 힘이 물체에 한 일은 88 J이다.

~~ㄷ~~. 2초부터 4초까지 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 1 N이고 물체의 이동 거리는 8 m이다. 따라서 2초부터 4초까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 8 J이다.

12 탄성력에 의한 역학적 에너지 보존과 마찰력이 한 일

접촉된 A와 B가 용수철을 압축하여 정지해 있을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 용수철이 원래 길이가 되는 순간 A와 B의 운동 에너지의 합과 같다.

ㄱ. (가)에서 A, B가 정지해 있을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 용수철이 원래 길이가 되는 순간의 A와 B의 운동 에너지의 합과 같으므로, 이 순간 A와 B의 속력을 V라 하면 $\frac{1}{2}k(2L)^2=\frac{1}{2}(2m+3m)V^2$에서 $V^2=\frac{4kL^2}{5m}$이다. 마찰 구간에서 B에 작용하는 마찰력의 크기를 F라고 할 때, B가 마찰 구간에서 $3L$만큼 운동하는 동안 마찰력이 한 일은 B의 운동 에너지 감소량과 같으므로 $F(3L)=\frac{1}{2}(3m)\left(\frac{4kL^2}{5m}\right)$에서 $F=\frac{2}{5}kL$이다.

~~ㄴ~~. B와 분리된 후 용수철이 원래 길이에서 변형된 최대 변위의 크기를 L'라 할 때, A의 최대 운동 에너지와 용수철이 변형된 길이가 L'일 때의 탄성 퍼텐셜 에너지가 같으므로

$\frac{1}{2}kL'^2=\frac{1}{2}(2m)\left(\frac{4kL^2}{5m}\right)$에서 $L'=\frac{2\sqrt{10}}{5}L$이다.

ㄷ. B가 A와 분리된 직후 B의 운동량의 크기는 마찰 구간에서 B가 $3L$만큼 이동하는 동안 마찰력에 의한 충격량의 크기와 같으므로, B가 마찰 구간에서 운동하는 데 걸린 시간을 t라고 하면, $(3m)\left(\sqrt{\frac{4kL^2}{5m}}\right)=\left(\frac{2}{5}kL\right)t$에서 $t=3\sqrt{\frac{5m}{k}}$이다.

수능 3점 테스트

본문 54~57쪽

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

01 역학적 에너지 보존

물체가 용수철을 d만큼 압축시켰을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 높이가 h인 평면에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지의 합은 수평면에서 물체의 운동 에너지와 같고, 높이가 H인 곳에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다.

② 용수철 상수를 k라 할 때, 물체가 용수철을 d만큼 압축시켰을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}kd^2=\frac{1}{2}m(2v)^2=2mv^2$에서 $d^2=\frac{4mv^2}{k}$이다. 높이가 h인 평면에서 물체의 역학적 에너지는 수평면에서 물체의 운동 에너지와 같으므로 $mgh+2mv^2=\frac{1}{2}m(3v)^2$에서 $mgh=\frac{5}{2}mv^2$이고 $d=\frac{1}{5}h$이다. 물체의 역학적 에너지는 $mgh+2\left(\frac{2}{5}mgh\right)=\frac{9}{5}mgh=mgH$이므로 $H=\frac{9}{5}h$이다. 따라서 $\frac{H}{d}=9$이다.

02 중력에 의한 역학적 에너지 보존

중력에 의한 역학적 에너지가 보존될 때 중력 퍼텐셜 에너지가 감소한 만큼 물체의 운동 에너지는 증가하고, 중력 퍼텐셜 에너지가 증가한 만큼 물체의 운동 에너지는 감소한다.

④ 물체의 질량을 m, 중력 가속도를 g, a의 높이를 H라 하면, a에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지는 mgH이고, b에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}m(4v_0)^2$이므로 $mgH=8mv_0^2$이다. a와 c에서 역학적 에너지는 보존되므로 $mgH=mgh_1+\frac{1}{2}m(2v_0)^2$에서 $h_1=\frac{3}{4}H$이다. a와 d에서 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 $mgH=mgh_2+\frac{1}{2}m(3v_0)^2$에서 $h_2=\frac{7}{16}H$이다. 따라서 $\frac{h_1}{h_2}=\frac{12}{7}$이다.

03 마찰력이 한 일

(가)에서 평균 속도를 이용하여 물체가 이동한 시간을 구하여 물체의 운동 방향으로의 가속도의 크기를 구할 수 있다. (나)에서 A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기를 구할 수 있다.

ㄱ. 물체가 2.5 m만큼 이동하는 데 걸린 시간을 t라 하고 평균 속도를 이용하면 $\frac{5}{2}\times t=2.5$에서 $t=1$초이다. 따라서 (가)에서 물체의 가속도의 크기는 5 m/s^{2}이다.

ㄴ. (나)에서 A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 4 kg×5 m/s^2=20 N이다. A와 B를 실로 연결하여 A를 빗면에 가만히 놓았을 때 A와 B가 정지해 있으므로 B의 질량은 2 kg이다.

ㄷ. A는 마찰 구간에서 속력이 일정하므로 A에 작용하는 마찰력의 크기는 20 N이고, 마찰력이 한 일은 A의 역학적 에너지 변화량과 같으므로 20 N×4 m=80 J이다.

04 마찰력이 한 일

A와 B가 Q에서 분리된 직후 A의 속력은 B의 속력의 2배이다. A와 B가 각각 Ⅰ, Ⅱ를 지난 직후 운동 에너지는 각각 P_1, P_2에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값과 같다.

② Q와 분리된 직후 B의 속력을 v라 하면 A의 속력은 $2v$이고, A의 운동 에너지 $\frac{1}{2}m(2v)^2=2mv^2$은 A의 역학적 에너지의 최댓값이므로 높이가 h인 평면에서 $mgh=\frac{3}{4}mv^2$이다. Q에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 Q와 분리된 직후 A와 B의 운동 에너지의 합과 같으므로 $\frac{1}{2}m(2v)^2+\frac{1}{2}(2m)v^2=3mv^2$이고, P_1, P_2에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 최댓값은 각각 $\frac{1}{3}mv^2$, $\frac{1}{2}mv^2$이다. A에 에너지 보존 법칙을 적용하면 $\frac{1}{2}m(2v)^2=mgh+W_{\mathrm{I}}+\frac{1}{3}mv^2$에서 $W_{\mathrm{I}}=\frac{11}{12}mv^2$이고, B에 에너지 보존 법칙을 적용하면 $\frac{1}{2}(2m)v^2=W_{\mathrm{II}}+\frac{1}{2}mv^2$에서 $W_{\mathrm{II}}=\frac{1}{2}mv^2$이다. 따라서 $\frac{W_{\mathrm{I}}}{W_{\mathrm{II}}}=\frac{11}{6}$이다.

05 역학적 에너지 보존

용수철이 p를 당기는 힘(탄성력)의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기에서 A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기를 뺀 것과 같다. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 A와 B의 역학적 에너지는 보존되므로 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같다.

ㄱ. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 A의 운동 에너지 증가량은 A에 작용하는 알짜힘이 한 일과 같다. 용수철이 p를 당기는 힘의 크기는 $100\ \mathrm{N/m} \times 0.3\ \mathrm{m} = 30\ \mathrm{N}$이고, A에 작용하는 중력에 의해 빗면 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기는 $50\ \mathrm{N} - 30\ \mathrm{N} = 20\ \mathrm{N}$이다. p를 끊은 후 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 30 N이므로 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 20 N이다. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 알짜힘이 한 일은 $20\ \mathrm{N} \times 0.8\ \mathrm{m} = 16\ \mathrm{J}$이므로 A의 운동 에너지 증가량은 16 J이다.

ㄴ. A의 운동 에너지가 16 J이므로 $16 = \frac{1}{2} \times 10 \times v^2$에서 $v = \frac{4\sqrt{5}}{5}\ \mathrm{m/s}$이다.

~~ㄷ~~. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 B의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A와 B의 운동 에너지 증가량과 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같으므로 $5 \times 10 \times 0.8 = \frac{1}{2} \times 15 \times \frac{16}{5} + 10 \times 10 \times h$에서 $h = 0.16\ \mathrm{m}$이다.

06 역학적 에너지 보존과 충격량

물체가 빗면에서 수평면에 도달할 때까지 물체의 역학적 에너지는 보존되고, 크기가 F인 힘이 작용하는 P에서 (나)의 그래프 아래 면적만큼의 충격량을 받아 속력이 감소한다. P를 지난 후 물체의 운동 에너지는 용수철을 압축하여 정지할 때 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지로 전환된다.

③ 물체가 수평면에 도달하는 순간 물체의 속력은 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = 10(\mathrm{m/s})$이다. 물체가 P를 지나는 동안 물체가 받는 충격량의 크기는 14 N·s이므로 P를 지난 직후 물체의 운동량의 크기는 $20 - 14 = 6(\mathrm{kg \cdot m/s})$이다. P를 지난 직후 물체의 운동 에너지는 $\frac{6^2}{2 \times 2} = 9(\mathrm{J})$이고, 물체가 용수철을 원래 길이에서 d만큼 압축하여 정지할 때 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2} \times 200 \times d^2 = 9$이므로 $d = 0.3\ \mathrm{m}$이다.

07 역학적 에너지 보존

연결된 물체의 속력이 같을 때 운동 에너지는 질량에 비례하고, 역학적 에너지가 보존될 때 운동 에너지가 증가한 만큼 중력 퍼텐셜 에너지는 감소한다.

④ A의 질량을 m_A, 중력 가속도를 g라 하자. A가 a에서 b까지 운동하는 동안 C의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 $E_{\mathrm{pC}} = mg(2d)$이고, b에서 A의 운동 에너지는 $E_{\mathrm{kA}} = \frac{5}{6}E_{\mathrm{pC}}$이다. a와 b 사이의 높이 차를 $2h$, b와 c 사이의 높이 차를 h라 할 때, b에서 c까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량($\varDelta E_{\mathrm{pA}}$)은 A의 운동 에너지 증가량($\varDelta E_{\mathrm{kA}}$)과 같으므로 $\varDelta E_{\mathrm{pA}} = \varDelta E_{\mathrm{kA}} = \frac{11}{5}E_{\mathrm{kA}} - E_{\mathrm{kA}} = \frac{6}{5}E_{\mathrm{kA}} = E_{\mathrm{pC}}$에서 $m_\mathrm{A}gh = 2mgd$ … (ⅰ)이다.

A, B, C의 속력이 같으므로 A, B, C의 운동 에너지의 비는 질량의 비와 같아 A가 b에 도달하는 순간 B, C의 운동 에너지는 각각 $E_{\mathrm{kB}} = \frac{m}{m_\mathrm{A}}E_{\mathrm{kA}}$, $E_{\mathrm{kC}} = \frac{m}{m_\mathrm{A}}E_{\mathrm{kA}}$이다. a에서 b까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 b에서 c까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량의 2배이고, a에서 b까지 운동하는 동안 A의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량은 A, B, C의 운동 에너지 증가량과 C의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 합과 같으므로 역학적 에너지 보존 법칙을 적용하면, $2m_\mathrm{A}gh = E_{\mathrm{kA}} + E_{\mathrm{kB}} + E_{\mathrm{kC}} + E_{\mathrm{pC}} = \frac{11}{6}E_{\mathrm{pC}} + 2\left(\frac{m}{m_\mathrm{A}}\right)\frac{5}{6}E_{\mathrm{pC}}$ … (ⅱ)이다.

(ⅰ), (ⅱ)에서 $m_\mathrm{A} = 10m$이다.

08 역학적 에너지 보존과 마찰력이 한 일

(나)의 그래프로부터 (가)의 용수철의 용수철 상수는 $\frac{f_0}{L}$임을 알 수 있다. A와 B가 접촉하여 용수철을 원래 길이에서 $2L$만큼 압축시켰을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{1}{2}\left(\frac{f_0}{L}\right)(2L)^2 = 2f_0L$이다.

ㄱ. A와 B가 분리되는 순간 A와 B의 운동 에너지의 합은 A와 B가 접촉하여 용수철을 원래 길이에서 $2L$만큼 압축시켰을 때 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지와 같으므로 $2f_0L$이다.

~~ㄴ~~. B가 A에서 분리된 직후 B의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}(3m)(3v)^2$이고, 이는 $\frac{3}{2}f_0L$과 같으므로 $f_0 = \frac{9mv^2}{L}$이다.

~~ㄷ~~. B는 마찰 구간을 지나면서 증가한 중력 퍼텐셜 에너지 $3mgh$만큼 역학적 에너지가 감소한다. 높이가 $3h$인 평면에서 B의 역학적 에너지는 $(3m)g(3h) + \frac{1}{2}(3m)v^2 = \frac{1}{2}(3m)(3v)^2 - (3m)gh$이므로 $mgh = mv^2$이다. 따라서 높이가 $3h$인 평면에서 B의 역학적 에너지는 $\frac{21}{2}mgh$이다.

04 열역학 법칙

수능 2점 테스트

본문 68~69쪽

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

01 단열 팽창 과정

열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$ (Q: 기체가 흡수한 열량, $\varDelta U$: 기체의 내부 에너지 변화량, W: 기체가 외부에 한 일)에서 단열 과정은 $Q=0$이므로 $W=-\varDelta U$이다.

ㄱ. (가) → (나) 과정에서 기체는 단열 팽창하여 외부에 일을 하였으므로 $W>0$이고 $\varDelta U<0$이 되어 기체의 온도는 낮아진다. 따라서 기체의 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

ㄴ. 기체가 단열 팽창하는 과정에서 온도는 낮아지고 부피는 증가하였으므로 압력은 감소한다. 따라서 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

ㄷ. 열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에서 $Q=0$이므로 $W=-\varDelta U$가 되어 (가) → (나) 과정에서 기체가 외부에 한 일($W>0$)은 기체의 내부 에너지 감소량($-\varDelta U$)과 같다.

02 열의 이동

A 내부의 기체는 물로 열을 방출하고 부피가 감소하며 외부로부터 일을 받고, B 내부의 기체는 물로부터 열을 흡수하여 부피가 증가하며 외부에 일을 한다.

ㄱ. 열은 온도가 높은 물질에서 온도가 낮은 물질로 이동한다. 따라서 A가 놓인 물의 온도는 A 내부 기체의 온도보다 낮고, B가 놓인 물의 온도는 B 내부 기체의 온도보다 높으므로 $T_1<T_2$이다.

ㄴ. 열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에 의해 A 내부의 기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 기체가 외부로부터 받은 일의 합과 같다. 따라서 A 내부의 기체가 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량보다 크다.

~~ㄷ~~. 열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에 의해 B 내부의 기체가 흡수한 열량은 B 내부 기체의 내부 에너지 증가량과 B 내부의 기체가 외부에 한 일의 합과 같다. 따라서 B 내부의 기체가 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일보다 크다.

03 단열 과정과 등온 과정

열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에 의해 기체가 단열 팽창($Q=0$, $W>0$, $\varDelta U<0$)하면 기체가 외부에 한 일만큼 기체의 내부 에너지는 감소하여 기체의 온도는 낮아진다. 기체의 절대 온도는 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다($T\propto PV$).

ㄱ. A → B 과정은 압력이 일정한 과정으로 열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에 의해 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 기체가 외부에 한 일의 합과 같다. 따라서 A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일보다 크다.

~~ㄴ~~. C와 D에서 부피가 서로 같고 압력은 C에서가 D에서보다 보다 크므로 온도는 C에서가 D에서보다 높다. 기체가 단열 팽창 과정을 거치면 온도가 낮아지므로 B → C 과정은 등온 과정, B → D 과정은 단열 과정이다.

ㄷ. B → D 과정은 단열 팽창 과정으로 기체의 온도가 낮아지고, 기체의 내부 에너지는 기체의 절대 온도에 비례하므로 B → D 과정에서 기체의 내부 에너지는 감소한다.

04 등적 과정과 단열 과정

(가) → (나) 과정은 부피가 일정한 과정이다. 열역학 제1법칙 $Q=\varDelta U+W$에서 $W=0$이므로 기체가 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다($Q=\varDelta U$). (나) → (다) 과정은 단열 압축 과정이므로 $Q=\varDelta U+W$에서 $Q=0$이므로 기체가 외부로부터 받은 일($W<0$)은 기체의 내부 에너지 증가량($\varDelta U>0$)과 같다.

~~ㄱ~~. (가) → (나) 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 기체에 공급된 열량 Q와 같다.

~~ㄴ~~. (나) → (다) 과정에서 기체의 부피가 감소하였으므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.

ㄷ. (가) → (나) 과정, (나) → (다) 과정에서 모두 기체의 온도가 높아지므로 기체의 온도는 (가)에서가 (다)에서보다 낮다.

05 열역학 과정

A → B 과정은 일정한 부피에서 압력이 증가하므로 기체의 내부 에너지 증가량만큼 열을 흡수하고, B → C 과정은 등온 팽창 과정으로 기체가 외부에 한 일만큼 열을 흡수한다. C → A 과정은 일정한 압력에서 부피가 감소하므로 기체가 외부로부터 받은 일과 기체의 내부 에너지 감소량의 합만큼 열을 방출한다.

ㄱ. A, B에서 부피가 같고, 압력은 B에서가 A에서보다 크므로 기체의 온도는 B에서가 A에서보다 높다.

~~ㄴ~~. B → C 과정은 등온 과정으로 기체의 내부 에너지 변화가 없으므로 이 과정에서 기체가 외부에 한 일은 기체가 흡수한 열량 90 J과 같다. 또한 A → B 과정에서 기체의 온도 증가량과 C → A 과정에서 기체의 온도 감소량이 같고, A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 기체가 흡수한 열량 60 J과 같으므로 C → A 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 60 J이다. 따라서 C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 방출한 열량과 내부 에너지 감소량의 차와 같은 40 J이므로 B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일(90 J)은 C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일(40 J)보다 50 J만큼 크다.

~~ㄷ~~. 열기관의 열효율 $e=1-\frac{Q_{방출}}{Q_{흡수}}$ ($Q_{방출}$: 기체가 방출한 열량, $Q_{흡수}$: 기체가 흡수한 열량)이다. 열기관의 기체가 한 번 순환하는 동안 기체가 흡수한 열량 $Q_{흡수}=Q_{A\to B}+Q_{B\to C}=60\text{ J}+90\text{ J}=150\text{ J}$이고, 기체가 방출한 열량 $Q_{방출}=Q_{C\to A}=100\text{ J}$이므로 열기관의 열효율 $e=1-\frac{100\text{ J}}{150\text{ J}}=\frac{1}{3}$이다.

06 열역학 과정

A → B 과정은 단열 압축 과정으로, 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에서 $Q=0$이므로 기체가 외부로부터 받은 일($W<0$)과 기체의 내부 에너지 증가량($\Delta U>0$)이 같다($W=-\Delta U$). B → C 과정에서 기체의 내부 에너지 변화가 없으므로 B → C 과정은 등온 팽창 과정이고, 이 과정에서 $\Delta U=0$이므로 기체가 흡수한 열량과 기체가 외부에 한 일은 같다($Q=W$).

~~ㄱ~~. A → B 과정에서 기체의 온도 증가량과 C → A 과정에서 기체의 온도 감소량이 같으므로 A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량과 C → A 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 같다. 따라서 ㉠은 60이다.

ㄴ. B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일과 C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일을 각각 $4W$, W라 할 때, 기체가 한 번 순환하는 동안 기체가 한 일은 $3W-60(\text{J})$이다. 또한 B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일과 기체가 흡수한 열량이 같으므로 기체가 한 번 순환하는 동안 외부로부터 흡수한 열량은 $4W$이다. 열기관의 열효율 $e=\frac{W_{외부}}{Q_{흡수}}=\frac{3W-60}{4W}=\frac{3}{8}$이므로 $W=40\text{ J}$이고, B → C 과정에서 기체가 흡수한 열량은 $4W=160\text{ J}$이다.

ㄷ. A → B 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같은 60 J이고, C → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 $W=40\text{ J}$이므로 기체가 외부로부터 받은 일은 A → B 과정에서가 C → A 과정에서보다 크다.

07 열기관의 열효율

열기관의 열효율 $e=1-\frac{Q_{방출}}{Q_{흡수}}$ ($Q_{방출}$: 기체가 방출한 열량, $Q_{흡수}$: 기체가 흡수한 열량)이다.

ㄱ. 열기관은 고열원에서 열을 흡수하여 외부에 일을 하고, 저열원으로 열을 방출한다. 따라서 온도는 열기관으로 열을 공급하는 Ⅰ이 열기관으로부터 열을 공급받는 Ⅱ보다 높다.

ㄴ. A는 Ⅰ에서 30 kJ의 열을 흡수하고, Ⅱ로 18 kJ의 열을 방출하므로 A의 열효율 $e_A=1-\frac{18\text{ kJ}}{30\text{ kJ}}=0.4$이다.

ㄷ. 열효율은 A가 B의 2배이므로 B의 열효율은 0.2이다. 따라서 $e_B=1-\frac{㉠}{40\text{ kJ}}=0.2$에서 ㉠$=32\text{ kJ}$이다.

08 열역학 제2법칙

어떤 현상이 한쪽 방향으로는 자발적으로 일어나지만, 반대 방향으로 저절로 일어나지 않는 현상을 비가역 현상이라고 한다. 대표적인 예로 열은 저절로 고온에서 저온으로 이동하지만 그 반대 방향으로의 현상은 저절로 일어나지 않는다.

ㄱ. 열은 저절로 고온에서 저온으로 이동하므로 (가)에서 P와 Q를 접촉시킬 때 열은 온도가 높은 P에서 온도가 낮은 Q로 이동한다.

~~ㄴ~~. 열이 고온에서 저온으로 이동하는 것은 비가역 현상으로 P와 Q의 온도는 자연적으로 열평형이 이루어진 (나)에서 (가)로 될 수 없다.

~~ㄷ~~. 자연적으로 일어나는 비가역 현상은 무질서도가 증가하는 방향으로 일어난다. 따라서 P와 Q로 이루어진 계의 무질서도는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

수능 3점 테스트

본문 70~73쪽

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

01 열역학 제1법칙

(가), (나)에서 각각 피스톤이 정지해 있으므로 (가), (나)에서 B와 C의 압력은 서로 같고, (가) → (나) 과정에서 C는 단열 압축을 하므로 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에서 $Q=0$이 되어 C가 B로부터 받은 일은 C의 내부 에너지 증가량과 같다.

~~ㄱ~~. (나)에서 A가 흡수한 열량 Q에 의해 A의 온도는 높아지고, 열전달이 잘 되는 금속판에 의해 A와 B 사이에 열이 이동하여 A와 B의 온도는 서로 같다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 A와 B의 온도 증가량이 같고, 기체의 내부 에너지 증가량은 온도 증가량에 비례하므로 (가) → (나) 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 A와 B가 같다.

ㄴ. (가)에서 A와 B의 온도와 부피가 같으므로 A와 B의 압력은 서로 같고, B와 C 사이의 피스톤이 정지해 있으므로 B와 C의 압력이 서로 같다. 따라서 (가)에서 A, B, C의 압력은 서로 같다. (나)에서 A와 B의 온도는 서로 같고, 부피는 A가 B보다 작으므로 압력은 A가 B보다 크다. 또한 B와 C 사이의 피스톤은 정지해 있으므로 압력은 B와 C가 서로 같다. 따라서 (나)에서 압력은 A가 C보다 크므로 (가) → (나) 과정에서 기체의 압력 증가량은 A가 C보다 크다.

ㄷ. (가) → (나) 과정에서 B가 C에 한 일(또는 C가 B로부터 받은 일)을 W라 하고, A, B, C의 내부 에너지 증가량을 각각 ΔU_A, ΔU_B, ΔU_C라 할 때 C는 단열 압축을 하므로 $W=\Delta U_C$가 되어

$Q=\Delta U_A+\Delta U_B+W=\Delta U_A+\Delta U_B+\Delta U_C$이다. 또한 (나)에서 압력은 B와 C가 같고 부피는 B가 C보다 크므로 온도는 B가 C보다 높다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량의 관계는 $\Delta U_A=\Delta U_B>\Delta U_C$이므로 A, B의 내부 에너지 증가량 ΔU_A, ΔU_B는 각각 $\frac{1}{3}Q$보다 크고, B가 C에 한 일 $W=\Delta U_C<\frac{1}{3}Q$이다.

02 열역학 과정

(가) → (나) 과정은 단열 압축 과정으로 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에서 $Q=0$이므로 기체가 외부로부터 받은 일($W<0$)과 기체의 내부 에너지 증가량($\Delta U>0$)이 같다. (나) → (다) 과정은 부피가 일정한 과정이므로 열역학 제1법칙 $Q=\Delta U+W$에서 $W=0$이므로 기체가 방출한 열량($Q<0$)과 기체의 내부 에너지 감소량($\Delta U<0$)이 같다.

ㄱ. (나) → (다) 과정에서 기체의 온도가 낮아지고 부피는 (나)와 (다)에서 서로 같으므로 압력은 (나)에서가 (다)에서보다 크다.

ㄴ. (가) → (나) 과정은 단열 압축 과정이므로 기체의 압력이 증가하고 기체의 온도는 높아진다. 또한 (가)와 (라)에서 기체의 압력은 같고, 부피는 (가)에서가 (라)에서보다 크므로 기체의 온도는 (가)에서가 (라)에서보다 높다. 따라서 기체의 온도는 (나) > (가) > (라)이므로 (나)에서가 (라)에서보다 높다.

~~ㄷ~~. (가) → (나) 과정은 단열 압축 과정이므로 이 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. 또한, (나) → (다) 과정은 부피가 일정한 과정으로 이 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 기체에서 방출한 열량 Q와 같다. 기체의 온도가 (나) > (가) > (다)이므로 (가) → (나) 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량이 (나) → (다) 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량보다 작다. 따라서 (가) → (나) 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일은 Q보다 작다.

03 열역학 과정

(가) → (나) 과정에서 기체가 용수철이 연결된 피스톤에 작용하는 힘의 크기가 2배로 증가하므로 용수철이 압축된 길이는 (나)에서가 (가)에서의 2배이고, 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지 $U_S=\frac{1}{2}kx^2$ (k: 용수철 상수, x: 용수철이 압축된 길이)는 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

② (가) → (나) 과정에서 기체가 외부에 한 일 W는 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 증가량과 같고, 이 과정에서 용수철이 압축된 길이가 2배가 되므로 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지는 4배가 된다. 따라서 (가), (나)에서 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지를 각각 E, $4E$라 할 때, $W=4E-E=3E$이다. 또한 (가) → (나) 과정에서 기체의 압력과 부피의 곱이 P_0V_0에서 $4P_0V_0$으로 4배가 되므로 기체의 내부 에너지는 (나)에서가 (가)에서의 4배이고, (가)에서 기체의 내부 에너지는 용수철에 저장된 탄성 퍼텐셜 에너지의 3배이므로 (가), (나)에서 기체의 내부 에너지는 각각 $U_{(가)}=3E=W$, $U_{(나)}=4U_{(가)}=4W$가 되어 (가) → (나) 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량은 $\Delta U=U_{(나)}-U_{(가)}=3W$이다. 열역학 제1법칙에 의해 (가) → (나) 과정에서 기체에 공급된 열량 $Q=\Delta U+W=4W$이다.

04 열역학 과정과 열효율

열기관에서 기체가 한 번 순환하는 동안 흡수한 열량을 $Q_{흡수}$, 방출한 열량을 $Q_{방출}$, 한 일을 W라 할 때, 열기관의 열효율 $e=\frac{W}{Q_{흡수}}=1-\frac{Q_{방출}}{Q_{흡수}}$이다.

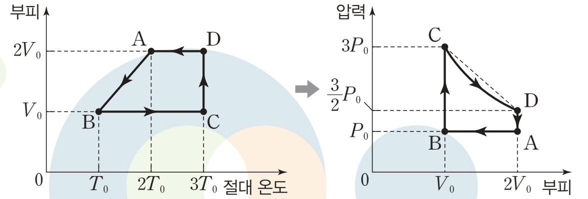
ㄱ. 기체가 A → B 과정에서 흡수한 열량과 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일을 각각 W라 할 때, 기체가 흡수한 열량 $Q_{흡수}=Q_{A\to B}+Q_{B\to C}=W+750(\text{J})$이다. 따라서 열기관의 열효율 $e=\frac{W}{W+750}=0.4$이므로 $W=500$ J이다.

ㄴ. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 A → B 과정과 B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일과 C → D 과정과 D → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일의 차와 같다. 따라서 $W=500\text{ J}=W_{A\to B}+W_{B\to C}-W_{C\to D}-W_{D\to A}=200\text{ J}+750\text{ J}-300\text{ J}-$㉠ 이므로 ㉠$=150(\text{J})$이다.

ㄷ. 기체가 한 번 순환하는 동안 열을 흡수하는 과정은 A → B 과정과 B → C 과정이고, 열을 방출하는 과정은 C → D 과정이다. C → D 과정에서 방출한 열량을 $Q_{C\to D}$라 할 때, A → B 과정과 B → C 과정에서 각각 500 J, 750 J의 열을 흡수하였으므로 $Q_{C\to D}=500\text{ J}+750\text{ J}-W$이고 $W=500$ J이므로 $Q_{C\to D}=750$ J이다.

05 열역학 과정과 열효율

부피 – 절대 온도 그래프를 압력 – 부피 그래프로 변환하면 그림과 같다.



ㄱ. B → C 과정에서 기체가 흡수한 열량 Q_1은 B → C 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량과 같다. A → B 과정에서 온도 감소량이 B → C 과정에서 온도 증가량의 $\frac{1}{2}$배이므로 A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 B → C 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량의 $\frac{1}{2}$배인 $\frac{1}{2}Q_1$이고, A → B 과정에서 기체가 방출한 열량 ㉠은 기체의 내부 에너지 감소량 $\frac{1}{2}Q_1$과 기체가 외부로부터 받은 일의 합과 같으므로 ㉠$>\frac{1}{2}Q_1$이다.

✕. 기체가 D → A 과정에서 방출한 열량은 기체의 내부 에너지 감소량과 같고, B → C 과정에서 온도 증가량이 D → A 과정에서 온도 감소량의 2배이므로 기체가 D → A 과정에서 방출한 열량은 $\frac{1}{2}Q_1$이다. 또한 기체가 한 번 순환하는 동안 흡수한 열량은 B → C 과정에서 흡수한 열량 Q_1과 C → D 과정에서 흡수한 열량 Q_2의 합과 같고, 방출한 열량은 A → B 과정에서 방출한 열량 ㉠과 D → A 과정에서 방출한 열량 $\frac{1}{2}Q_1$의 합과 같다. 따라서 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 $W=Q_1+Q_2-\frac{1}{2}Q_1-$㉠$=\frac{1}{2}Q_1+Q_2-$㉠$<Q_2$이므로 열기관의 열효율 $e=\frac{W}{Q_1+Q_2}<\frac{Q_2}{Q_1+Q_2}$이다.

✕. 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 압력-부피 그래프에서 A → B → C → D → A를 연결한 선으로 둘러싸인 면적과 같다. 압력-부피 그래프에서 C → D를 직선으로 연결하였을 때, A → B → C → D → A를 연결한 직선으로 둘러싸인 면적이 $\frac{5}{4}P_0V_0$이므로 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 $\frac{5}{4}P_0V_0$보다 작다.

06 열기관의 열효율

B가 고열원에서 흡수한 열량은 외부에 한 일 $2W$와 저열원으로 방출한 열량 Q의 합인 $Q+2W$이다. 따라서 A, B, C의 열효율은 각각 $e_A=\frac{W}{Q}$, $e_B=\frac{2W}{Q+2W}$, $e_C=\frac{3W}{2Q}$이다.

✕. $\frac{4}{3}e_A=e_B$이므로 $Q=4W$이다.

ㄴ. A는 고열원에서 $Q=4W$의 열을 흡수하고 외부에 W의 일을 하므로 저열원으로 $3W$의 열을 방출하고, C는 고열원에서 $2Q=8W$의 열을 흡수하고 외부에 $3W$의 일을 하므로 저열원으로 $5W$의 열을 방출한다. 따라서 저열원으로 방출하는 열량은 A가 C의 $\frac{3}{5}$배이다.

ㄷ. $e_B=\frac{2W}{Q+2W}=\frac{2W}{6W}=\frac{1}{3}$, $e_C=\frac{3W}{2Q}=\frac{3W}{8W}=\frac{3}{8}$이므로 열효율은 C가 B의 $\frac{9}{8}$배이다.

07 열기관의 열효율

A와 D, D와 F에서의 온도 차는 서로 같으므로 기체가 D → A 과정에서 흡수한 열량과 F → D 과정에서 흡수한 열량은 서로 같고, 기체가 B → C 과정에서 방출한 열량과 C → E 과정에서 방출한 열량은 서로 같다.

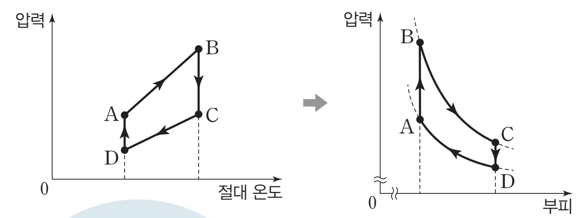
ㄱ. Ⅰ의 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량 $5Q_0$과 C → D 과정에서 기체가 방출한 열량 $4Q_0$의 차와 같으므로 Ⅰ의 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일 $W_{\mathrm{I}}=Q_0$이다. Ⅱ의 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 A → B 과정에서 기체가 흡수한 열량 $5Q_0$과 E → F 과정에서 기체가 방출한 열량 $3Q_0$의 차와 같으므로 Ⅱ의 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일 $W_{\mathrm{II}}=2Q_0$이다. 따라서 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 Ⅰ이 Ⅱ의 $\frac{1}{2}$배이다.

ㄴ. 기체가 D → A 과정, F → D 과정에서 흡수한 열량과 B → C 과정, C → E 과정에서 방출한 열량을 모두 Q라 할 때, Ⅰ의 열효율 $e_{\mathrm{I}}=\frac{Q_0}{Q+5Q_0}=\frac{1}{6}$이므로 $Q=Q_0$이다.

✕. Ⅱ의 열효율 $e_{\mathrm{II}}=\frac{2Q_0}{2Q+5Q_0}=\frac{2Q_0}{7Q_0}=\frac{2}{7}$이다.

08 열기관의 열효율

스털링 기관의 압력-절대 온도 그래프를 압력-부피 그래프로 변환하면 그림과 같다.



ㄱ. A, D에서의 온도가 같고 압력은 A에서가 D에서보다 크므로 부피는 A에서가 D에서보다 작다. C와 D에서 기체의 부피가 같으므로 기체의 부피는 A에서가 C에서보다 작다.

ㄴ. A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량과 C → D 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량은 서로 같다. 또한 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일과 D → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일의 차와 같다. A → B 과정에서 기체의 내부 에너지 증가량과 C → D 과정에서 기체의 내부 에너지 감소량을 각각 $\varDelta U$, B → C 과정에서 기체가 외부에 한 일을 $2W_0$, D → A 과정에서 기체가 외부로부터 받은 일을 W_0이라 할 때 $\varDelta U=2W_0$이고, 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일 $W=2W_0-W_0=W_0$이다.

ㄷ. A → B 과정은 부피가 일정한 과정이므로 이 과정에서 흡수한 열량은 기체의 내부 에너지 증가량과 같은 $2W_0$이고, B → C 과정은 등온 과정이므로 이 과정에서 흡수한 열량은 기체가 외부에 한 일과 같은 $2W_0$이다. 따라서 기체가 한 번 순환하는 동안 흡수한 열량은 $4W_0$이다. 또한 기체가 한 번 순환하는 동안 한 일은 W_0이므로 스털링 기관의 열효율 $e=\frac{W_0}{4W_0}=\frac{1}{4}$이다.

05 시간과 공간

수능 2점 테스트 본문 82~84쪽

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

01 특수 상대성 이론의 가정

특수 상대성 이론의 두 가지 가정은 상대성 원리와 광속 불변 원리이다.

~~ㄱ~~. 관성계 Ⅰ에서, Ⅰ에 대해 상대적인 운동을 하는 관성계 Ⅱ의 시간은 느리게 흐른다. 이것을 시간 팽창(시간 지연)이라고 한다.

ㄴ. 광속 불변 원리에 따라 모든 관성계에서 진공 속을 진행하는 빛의 속력은 광원이나 관찰자의 속력에 관계없이 광속 c로 일정하다.

~~ㄷ~~. 상대성 원리에 따라 모든 관성계에서는 물리 법칙이 동일하게 성립한다.

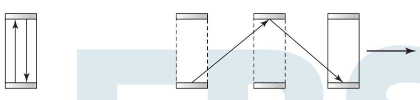
02 특수 상대성 이론

특수 상대성 이론에 의해 시간 팽창(시간 지연), 길이 수축이 나타난다. 따라서 관찰자에 대해 운동하는 관성계의 시간은 느리게 가고, 운동 방향으로의 길이는 감소한다.

ㄱ. A의 관성계에서 우주선의 길이는 고유 길이이고, B의 관성계에서 우주선의 길이는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 작다. 따라서 우주선의 길이는 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

~~ㄴ~~. 광속 불변 원리에 의해 레이저 빛의 속력은 A의 관성계와 B의 관성계에서 모두 광속 c로 같다.

~~ㄷ~~. A의 관성계에서와 B의 관성계에서 빛 시계의 빛이 한 번 왕복 운동하는 동안 진행한 경로는 그림과 같다.



따라서 빛 시계에서 빛이 한 번 왕복 운동하는 동안 진행한 경로의 길이는 B의 관성계에서가 A의 관성계에서보다 크다.

03 시간 팽창과 길이 수축

뮤온의 관성계에서, 뮤온이 생성될 때부터 붕괴될 때까지의 시간은 짧지만 길이 수축에 의해 생성된 지점부터 지표면까지의 길이가 짧다. 반면 A의 관성계에서, 시간 팽창(시간 지연)에 의해 뮤온이 생성될 때부터 붕괴될 때까지 걸리는 시간이 길다.

~~ㄱ~~. 뮤온의 관성계에서, A는 광속에 가까운 속력으로 운동한다.

ㄴ. 시간 팽창(시간 지연)에 의해 뮤온이 생성될 때부터 붕괴될 때까지 걸리는 시간은 A의 관성계에서가 뮤온의 관성계에서보다 길다.

ㄷ. 뮤온의 관성계에서, 뮤온이 생성된 지점에서 지표면까지의 거리는 길이 수축에 의해 고유 길이 h보다 작다.

04 시간 팽창과 길이 수축

B의 관성계에서 A가 탄 우주선의 길이는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 작고, 길이 수축은 우주선의 속력이 클수록 더 크게 나타난다.

ㄱ. $L_1 < L_2$이므로 길이 수축은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크게 나타난다. 따라서 $v_1 > v_2$이고, 등가속도 직선 운동 구간에서 우주선의 속력이 작아졌으므로 이 구간에서 우주선의 가속도 방향은 운동 방향과 반대이다.

ㄴ. 시간 팽창(시간 지연)에 의해 한 관성계에 대해 상대적으로 운동하는 다른 관성계의 시간은 느리게 간다. 따라서 A의 관성계에서, B의 시간은 A의 시간보다 느리게 간다.

~~ㄷ~~. A의 관성계에서, 우주선의 길이 L_0은 고유 길이이므로 길이 수축에 의한 L_1보다 크다.

05 동시성의 상대성

A의 관성계에서 B, C가 탄 우주선의 길이는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 작고, 길이 수축은 우주선의 속력이 클수록 더 크게 나타난다.

ㄱ. A의 관성계에서, 우주선의 길이는 B가 탄 우주선이 C가 탄 우주선보다 크므로 길이 수축은 C가 탄 우주선에서 더 크게 나타난다. 따라서 B의 속력이 C의 속력보다 작으므로 $v_B < v_C$이다.

ㄴ. A의 관성계에서, 시간 팽창(시간 지연)은 속력이 큰 C에서가 더 크게 나타난다. 따라서 A의 관성계에서, B의 시간은 C의 시간보다 빠르게 간다.

ㄷ. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달하는 동안 p, q는 B의 운동 방향과 반대 방향으로 운동한다. 따라서 B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p까지 진행하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이는 빛이 q까지 진행하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이보다 크므로 광원에서 동시에 방출된 빛은 p보다 q에 먼저 도달한다.

06 시간 팽창과 길이 수축

A의 관성계에서, A의 운동 방향과 수직인 방향으로는 길이 수축이 일어나지 않으므로 광원과 거울 사이의 거리는 고유 길이와 같다. 또한 빛이 빛 시계에서 진행하는 동안 광원, 거울은 A의 운동 방향과 반대 방향으로 운동한다.

ㄱ. 광원과 거울 사이의 길이에는 길이 수축이 일어나지 않는다. 따라서 광원과 거울 사이의 거리는 고유 길이와 같은 L이다.
ㄴ. 광속 불변 원리에 따라 광원에서 방출된 빛의 속력은 A의 관성계에서와 B의 관성계에서 광속 c로 같다.
ㄷ. A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 거울까지 진행하는 동안 거울이 A의 운동 방향과 반대 방향으로 운동하므로 빛이 진행하는 경로의 길이는 L보다 크다. 따라서 A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 거울까지 진행하는 데 걸린 시간은 $\frac{L}{c}$보다 크다.

07 동시성의 상대성

A의 관성계에서, 광원에서 p, q를 향해 동시에 방출된 빛이 p, q에 동시에 도달하므로 광원과 p 사이의 거리, 광원과 q 사이의 거리는 L로 같다.
ㄱ. B의 관성계에서, 광원에서 p, q를 향해 방출된 빛의 속력은 광속 불변 원리에 따라 c로 같다.
ㄴ. A의 관성계에서, 광원과 p 사이의 거리는 L이다. 따라서 B의 관성계에서, 광원과 p 사이의 거리는 길이 수축에 의해 L보다 작다.
ㄷ. B의 관성계에서, 광원과 p 사이의 거리와 광원과 q 사이의 거리는 서로 같고, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q까지 진행하는 동안 p, q는 A의 운동 방향과 같은 방향으로 운동한다. 따라서 B의 관성계에서, 빛이 광원에서 p까지 진행하는 경로의 길이는 광원에서 q까지 진행하는 경로의 길이보다 작으므로 광원에서 동시에 방출된 빛은 q보다 p에 먼저 도달한다.

08 동시성의 상대성

동일한 지점에서 동시에 발생한 사건은 모든 관성계에서 동시에 발생한다. A의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q에 동시에 도달하므로 광원과 p 사이의 거리와 광원과 q 사이의 거리는 L로 같다.
ㄱ. B의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p보다 q에 먼저 도달하므로 빛이 광원에서 p까지 진행하는 경로의 길이가 광원에서 q까지 진행하는 경로의 길이보다 크다. 따라서 B의 관성계에서, 빛이 진행하는 동안 p, q는 $-x$방향으로 운동하므로 A가 탄 우주선의 운동 방향은 $-x$방향이다.
ㄴ. A의 관성계에서, B의 시간은 시간 팽창(시간 지연)에 의해 A의 시간보다 느리게 간다.
ㄷ. B의 관성계에서, 광원과 q 사이의 거리는 길이 수축에 의해 L보다 작다.

09 핵분열

핵발전소의 원자로에서는 질량수가 큰 원자핵이 크기가 비슷한 2개의 원자핵으로 쪼개지는 핵분열에 의해 에너지가 발생한다.
ㄱ. 핵반응 과정에서 질량수가 큰 우라늄(U) 원자핵 ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$이 질량수가 작은 바륨(Ba) 원자핵 ${}^{141}_{56}\mathrm{Ba}$과 크립톤(Kr) 원자핵 ${}^{92}_{36}\mathrm{Kr}$으로 쪼개지므로 원자로에서 일어나는 반응은 핵분열 반응이다.
ㄴ. 핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다. ㉠의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 x, y라 할 때,
[전하량 보존] $92+x=56+36+3x$
[질량수 보존] $235+y=141+92+3y$
에 의해 $x=0$, $y=1$이므로 ㉠은 중성자(${}^{1}_{0}\mathrm{n}$)이다.
ㄷ. 질량 에너지 동등성에 의해 핵반응에서 발생하는 에너지는 질량 결손에 의해 발생한다.

10 핵융합

핵융합로에서는 질량수가 작은 원자핵이 융합하여 질량수가 큰 원자핵이 되는 핵융합에 의해 에너지가 발생한다.
ㄱ. 핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다. ㉠의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 x, y라 할 때,
[전하량 보존] $x+1=2+0$
[질량수 보존] $y+3=4+1$
에 의해 $x=1$, $y=2$이므로 ㉠은 질량수가 2인 중수소 원자핵(${}^{2}_{1}\mathrm{H}$)이다.
ㄴ. 원자핵 X를 표현할 때, ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$에서 A는 질량수, Z는 양성자수이며 질량수는 양성자수와 중성자수의 합과 같다. 따라서 ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$와 ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$의 중성자수는 2로 서로 같다.
ㄷ. 핵반응에서 에너지는 질량 결손에 의해 생기므로 반응 전 원자핵들의 질량 합은 반응 후 원자핵들의 질량 합보다 크다. 따라서 ㉠(${}^{2}_{1}\mathrm{H}$)과 ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$의 질량 합은 ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$과 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$의 질량 합보다 크다.

11 핵반응

핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다. X의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 a, b라 하고, Y의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 c, d라 할 때,
[전하량 보존]
(가) $a+a=2+0$
(나) $2+2=2+c+c$
에서 $a=1$, $c=1$이고,
[질량수 보존]
(가) $b+b=3+1$
(나) $3+3=4+d+d$
에서 $b=2$, $d=1$이므로
X, Y는 각각 ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$, ${}^{1}_{1}\mathrm{H}$이다.
ㄱ. 질량수는 X가 Y의 2배이다.
ㄴ. X, Y의 양성자수는 1로 같다.
ㄷ. (가)에서 반응 전 X와 X의 질량 합은 반응 후 ${}^{3}_{2}\mathrm{He}$과 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$의 질량 합보다 크다. 따라서 ${}^{3}_{2}\mathrm{He}$과 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$의 질량의 합은 X의 질량의 2배보다 작다.

12 핵반응과 질량 결손

㉠, ㉡, ㉢, ㉣은 각각 ${}^{1}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$, ${}^{3}_{1}H$, ${}^{3}_{2}He$이므로 (가), (나)의 핵반응식은 다음과 같다.

(가) ${}^{1}_{1}H+{}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He+5.49\ MeV$

(나) ${}^{2}_{1}H+{}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{1}H+{}^{3}_{1}H+4.1\ MeV$

㉠. (가)는 질량수가 작은 ${}^{1}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$가 결합하여 질량수가 큰 ${}^{3}_{2}He$이 생성되는 핵반응이므로 핵융합 반응이다.

~~ㄴ~~. 원자핵 X를 표현할 때, ${}^{A}_{Z}X$에서 A는 질량수, Z는 양성자수이며 질량수는 양성자수와 중성자수의 합과 같다. 따라서 ㉡(${}^{2}_{1}H$)과 ㉣(${}^{3}_{2}He$)의 중성자수는 1로 서로 같다.

㉢. 핵반응에서 발생하는 에너지 $E=\Delta mc^2$ (Δm: 질량 결손, c: 빛의 속력)으로 질량 결손에 비례한다. 따라서 질량 결손은 방출하는 에너지가 큰 (가)에서가 방출하는 에너지가 작은 (나)에서보다 크다.

수능 3점 테스트

본문 85~90쪽

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

01 특수 상대성 이론

B의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q, r까지 진행하는 동안 p, q, r는 A의 운동 방향과 같은 $+x$방향으로 운동하므로 광원에서 p까지 빛이 진행하는 경로의 길이는 광원과 p 사이의 길이보다 짧아지고, 광원에서 q, r까지 빛이 진행하는 경로의 길이는 광원에서 q 사이의 길이, 광원에서 r 사이의 길이보다 길어진다.

~~ㄱ~~. A의 관성계에서, 광원과 p 사이의 거리는 고유 길이이다. B의 관성계에서, 광원과 p 사이의 거리는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 작다. 따라서 광원과 p 사이의 거리는 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 크다.

㉡. B의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p와 r에 도달하는 데 걸린 시간이 t_3으로 같으므로 광원과 p 사이의 고유 길이는 광원과 r 사이의 고유 길이보다 크다. 따라서 A의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛은 p보다 r에 먼저 도달하므로 $t_1>t_2$이다.

㉢. A의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q에 도달하는 데 걸린 시간이 t_1로 같으므로 광원에서 방출된 빛이 p(또는 q)에서 반사되어 광원으로 되돌아오는 데 걸린 시간은 $2t_1$이고, 이 시간이 고유 시간이다. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p, q에 도달하는 데 걸린 시간의 합 ㉠$+t_3$은 광원에서 방출된 빛이 p(또는 q)에서 반사되어 광원으로 되돌아오는 데 걸린 시간과 같다. 시간 팽창(시간 지연)에 의해 B의 관성계에서 측정한 시간 ㉠$+t_3$은 A의 관성계에서 측정한 고유 시간 $2t_1$보다 크므로 ㉠$+t_3>2t_1$이다.

02 동시성의 상대성

A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p, q, r로 진행하는 동안 p, q, r는 A의 운동 방향과 반대 방향인 $-x$방향으로 운동한다. 따라서 A의 관성계에서, 광원에서 p, q까지 빛의 진행 경로의 길이는 광원과 p 사이의 거리, 광원과 q 사이의 거리보다 각각 커지고, 광원에서 r까지 빛의 진행 경로의 길이는 광원과 r 사이의 거리보다 작아진다.

㉠. A의 관성계에서, 광원에서 p까지 빛의 진행 경로의 길이는 광원에서 r까지 빛의 진행 경로의 길이보다 크다. 따라서 A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛은 p보다 r에서 먼저 반사된다.

㉡. A의 관성계에서, A의 운동 방향과 나란한 방향인 광원과 p 사이의 거리, 광원과 r 사이의 거리는 길이 수축에 의해 L보다 작고, A의 운동 방향과 수직인 방향으로의 광원과 q 사이의 거리는 길이 수축이 일어나지 않으므로 B의 관성계에서와 같은 L이다. 따라서 A의 관성계에서, 광원과 q 사이의 거리는 광원과 r 사이의 거리보다 크다.

㉢. B의 관성계에서, 빛이 광원과 r 사이를 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L}{c}$이고, 이 시간은 고유 시간이다. 따라서 A의 관성계에서, 시간 팽창(시간 지연)에 의해 빛이 광원과 r 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 고유 시간 $\frac{2L}{c}$보다 크다.

[별해] B의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q, r에서 반사되어 광원에 동시에 돌아오므로 A의 관성계에서도 빛은 광원에서 동시에 방출되어 광원으로 동시에 돌아온다. B의 관성계에서 빛이 광원과 q 사이를 왕복하는 데 걸리는 시간은 $\frac{2L}{c}$이다. A의 관성계에서 빛이 광원과 q 사이를 왕복하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이가 $2L$보다 크므로 빛이 광원과 q 사이를 왕복하는 데 걸린 시간은 $\frac{2L}{c}$보다 크고, 이 시간은 A의 관성계에서 빛이 광원과 r 사이를 왕복하는 데 걸린 시간과 같다.

03 동시성의 상대성

한 지점에서 동시에 일어난 사건은 A와 B의 관성계에서 각각 동시에 일어난다. B의 관성계에서, X, Y에서 동시에 방출된 빛이 P, Q에 동시에 도달하므로 X, Y에서 동시에 방출된 빛은 X → P, Y → Q를 각각 진행하는 빛의 경로 길이의 $\frac{1}{2}$배의 지점인 O를 동시에 지난다.

~~ㄱ~~. B의 관성계에서 X, Y에서 방출된 빛이 O를 동시에 지나므로 A의 관성계에서도 X, Y에서 방출된 빛은 O를 동시에 지난다.
ㄴ. B의 관성계에서, X, Y에서 동시에 방출한 빛이 O에 동시에 도달하므로 빛이 X에서 O로 진행하는 경로의 길이와 빛이 Y에서 O로 진행하는 경로의 길이가 같고, 빛이 진행하는 동안 O는 B의 운동 방향과 반대 방향인 $-x$방향으로 운동한다. 따라서 B의 관성계에서 X와 O 사이의 거리는 Y와 O 사이의 거리보다 크므로 A의 관성계에서 X와 O 사이의 고유 길이 L_1은 Y와 O 사이의 고유 길이 L_2보다 크다. 따라서 $L_1 > L_2$이다.
~~ㄷ~~. A의 관성계에서, O를 동시에 지난 빛이 P까지 진행하는 경로의 길이 L_1이 Q까지 진행하는 경로의 길이 L_2보다 크다. 따라서 A의 관성계에서 빛은 P보다 Q에 먼저 도달한다.

04 특수 상대성 이론

A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p, q에 도달하는 데 걸린 시간이 t_1로 같으므로 광원과 p 사이의 거리는 광원과 q 사이의 거리보다 작다. 또한 A의 관성계에서 길이 수축은 A의 운동 방향과 나란한 광원과 q 사이의 거리에서만 나타난다.
ㄱ. C의 관성계에서, 광원과 p 사이의 고유 길이는 광원과 q 사이의 고유 길이보다 작다. 따라서 C의 관성계에서, 광원에서 동시에 방출된 빛은 q보다 p에 먼저 도달한다.
ㄴ. 광원에서 방출된 빛이 p에 도달하는 데 걸린 시간이 A의 관성계에서와 B의 관성계에서가 t_1로 같으므로 A의 관성계에서와 B의 관성계에서 광원에서 방출된 빛이 p에 도달하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이가 같다. 따라서 B의 관성계에서, 빛이 p에 도달하는 동안 p는 빛의 진행 방향과 같은 방향인 $+y$방향으로 운동하여야 하므로 C의 관성계에서 B가 탄 우주선의 운동 방향은 $-y$방향이다.
~~ㄷ~~. A의 관성계에서 광원과 q 사이의 거리는 A의 운동 방향과 나란하므로 길이 수축에 의해 고유 길이보다 짧고, B의 관성계에서 광원과 q 사이의 거리는 B의 운동 방향과 수직이므로 고유 길이와 같다. 또한 광원에서 방출된 빛이 q에 도달하는 동안 A의 관성계에서 q는 $-x$방향으로 이동하여 빛이 진행하는 경로의 길이가 광원과 q 사이의 거리보다 짧아지고, B의 관성계에서 q는 $+y$방향으로 이동하여 빛이 진행하는 경로의 길이가 광원과 q 사이의 거리보다 길어진다. 따라서 광원에서 방출된 빛이 q에 도달하는 데 걸린 시간은 A의 관성계에서가 B의 관성계에서보다 작으므로 $t_1 <$ ㉠이다.

05 특수 상대성 이론

A의 관성계에서 광원에서 동시에 방출된 빛이 p, q에서 동시에 반사하여 광원에 동시에 도달하므로, B의 관성계에서도 광원에서 동시에 방출된 빛은 광원에 동시에 도달한다.
ㄱ. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p에 도달하는 데 걸린 시간이 광원에서 방출된 빛이 q에 도달하는 데 걸리는 시간보다 작으므로 광원에서 방출한 빛이 p에 도달하는 동안 p는 빛이 진행하는 방향과 반대 방향으로 운동한다. 따라서 A가 탄 우주선의 운동 방향은 $-x$방향이다.
~~ㄴ~~. B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 q에 도달하는 데 걸린 시간과 q에서 반사된 빛이 광원에 도달하는 데 걸린 시간이 서로 같으므로 광원에서 방출된 빛이 q에서 반사하여 다시 광원에 도달하는 데까지 걸린 시간은 광원에서 방출된 빛이 q에 도달하는 데 걸린 시간의 2배인 t_0이다. 또한 B의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p에서 반사하여 다시 광원에 도달하는 데 걸린 시간은 광원에서 방출된 빛이 q에서 반사하여 다시 광원에 도달하는 데 걸린 시간과 같다. 따라서 광원에서 방출된 빛이 p에 도달하는 데 걸린 시간 $0.4t_0$과 p에서 반사된 빛이 광원에 도달하는 데 걸린 시간 ㉠의 합은 t_0이 되어 $0.4t_0+$㉠$=t_0$이므로 ㉠$=0.6t_0$이다.
~~ㄷ~~. A의 관성계에서, 광원에서 방출된 빛이 p(또는 q)에서 반사되어 광원에 다시 도달하는 데 걸린 시간은 고유 시간으로 $\frac{2L}{c}$이다. 시간 팽창(시간 지연)에 의해 B의 관성계에서 광원에서 방출된 빛이 p(또는 q)에서 반사되어 광원에 다시 도달하는 데 걸린 시간 t_0은 A의 관성계에서의 고유 시간보다 크다. 따라서 $t_0 > \frac{2L}{c}$이다.

06 특수 상대성 이론

B의 관성계에서, P의 광원과 Q의 광원에서 동시에 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달하고, P, Q의 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달하는 데 걸린 시간은 8년으로 같다.
~~ㄱ~~. 광속 불변 원리에 따라 P의 광원과 Q의 광원에서 방출한 빛의 속력은 A의 관성계에서와 B의 관성계에서 광속 c로 같다.
ㄴ. A의 관성계에서, 길이 수축 현상에 의해 P와 Q 사이의 거리는 16광년보다 작다. 따라서 A의 관성계에서 P가 우주선을 지나는 순간부터 Q가 우주선을 지나는 순간까지 걸린 시간은 20년$\left(=\frac{16\text{광년}}{0.8c}\right)$보다 작다.
ㄷ. B의 관성계에서, P의 광원과 Q의 광원에서 동시에 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달한다. 같은 지점에서 동시에 일어난 사건은 다른 관성계에서도 동시에 일어나므로, A의 관성계에서 P의 광원과 Q의 광원에서 방출된 빛은 검출기에 동시에 도달한다. 또한 A의 관성계에서 P의 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달할 때까지 빛이 진행하는 경로의 길이는 Q의 광원에서 방출된 빛이 검출기에 도달할 때까지 빛이 진행하는 경로의 길이보다 작으므로 빛은 P의 광원에서보다 Q의 광원에서 먼저 방출된다.

07 특수 상대성 이론

C의 관성계에서, A의 시간이 B의 시간보다 빠르게 가므로 시간 팽창(시간 지연)은 B의 관성계에서가 A의 관성계에서보다 크게 나타난다.

ㄱ. C의 관성계에서, 시간 팽창(시간 지연)에 의해 시간이 더 느리게 가는 B가 A보다 큰 속력으로 운동한다. 따라서 $v_A < v_B$이다.
ㄴ. B의 관성계에서, P와 X 사이의 거리는 길이 수축에 의해 고유 길이보다 짧고, Q와 Y 사이의 거리는 고유 길이이다. 따라서 B의 관성계에서 P와 X 사이의 거리가 Q와 Y 사이의 거리보다 크므로 A의 관성계에서 P와 X 사이의 고유 길이는 B의 관성계에서 Q와 Y 사이의 고유 길이보다 크다. 또한 C의 관성계에서 더 큰 속력으로 운동하는 B가 탄 우주선의 Q와 Y 사이의 거리가 A가 탄 우주선의 P와 X 사이의 거리보다 길이 수축이 더 크게 나타나므로 P와 X 사이의 거리는 Q와 Y 사이의 거리보다 크다.
~~ㄷ~~. C의 관성계에서, X에서 방출된 빛이 P에 도달하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이는 Y에서 방출된 빛이 Q에 도달하는 동안 빛이 진행하는 경로의 길이보다 크다. C의 관성계에서, X, Y에서 방출된 빛이 P, Q에 동시에 도달하므로 빛은 Y에서보다 X에서 먼저 방출된다.

08 특수 상대성 이론

A의 관성계에서, 속력은 B가 탄 우주선이 C가 탄 우주선보다 크고 우주선의 운동 방향으로의 길이는 L로 서로 같다.
~~ㄱ~~. 시간 팽창(시간 지연)은 한 관성계에 대한 상대 속도의 크기가 클수록 크게 나타나므로 A의 관성계에 대해 더 큰 속력으로 운동하는 B의 시간이 C의 시간보다 느리게 간다.
ㄴ. 길이 수축은 한 관성계에 대한 상대 속도의 크기가 클수록 크게 나타난다. A의 관성계에서, B가 탄 우주선의 길이가 C가 탄 우주선의 길이보다 길이 수축 현상이 더 크게 나타나고, 길이 수축에 의한 우주선의 길이가 L로 서로 같으므로 우주선의 고유 길이는 B가 탄 우주선이 C가 탄 우주선보다 크다.
~~ㄷ~~. B의 관성계에서 B가 탄 우주선의 길이는 고유 길이로 L보다 크고, R와 S 사이의 거리는 길이 수축에 의해 L보다 작다. 따라서 B의 관성계에서 R가 우주선의 뒤를 지나는 순간 S는 우주선의 앞을 지난 후이므로 S가 우주선의 앞을 지나고 난 후 R가 우주선의 뒤를 지난다.

09 핵반응

핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다. X의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 a, b라 하고, Y의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 c, d라 할 때,
[전하량 보존]
(가) $a+1=c+0$
(나) $a+3=c+c$
에서 $a=1$, $c=2$이고,
[질량수 보존]
(가) $b+3=d+1$
(나) $b+6=d+d$
에서 $b=2$, $d=4$이므로 X, Y는 각각 $^{2}_{1}\mathrm{H}$, $^{4}_{2}\mathrm{He}$이다.
ㄱ. (가)는 핵반응 과정에서 질량수가 작은 $^{2}_{1}\mathrm{H}$, $^{3}_{1}\mathrm{H}$가 융합하여 질량수가 큰 $^{4}_{2}\mathrm{He}$이 생성되므로 핵융합 반응이다.
~~ㄴ~~. (나)에서 ㉠, ㉡은 각각 $^{2}_{1}\mathrm{H}$, $^{4}_{2}\mathrm{He}$이다. 따라서 ㉠은 X이고, ㉡은 Y이다.
~~ㄷ~~. 핵반응에서 발생하는 에너지 $E=\Delta mc^2$ (Δm: 질량 결손, c: 빛의 속력)으로 질량 결손에 비례한다. 따라서 질량 결손은 방출하는 에너지가 작은 (가)에서가 방출하는 에너지가 큰 (나)에서보다 작다.

10 핵융합

핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다. X의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 a, b라 하고, Y의 전하량(양성자수)과 질량수를 각각 c, d라 하며, Z의 전하량(양성자수)와 질량수를 각각 e, f라 할 때
[전하량 보존]
(가) $a+c=2+1+0$
(나) $e+e=c+0$
[질량수 보존]
(가) $b+d=4+1+1$
(나) $f+f=d+1$
이고, X와 Y의 질량수가 같으므로 $b=d$이고, c는 2의 배수이고, $2\leq c\leq 3$이므로 $a=1$, $b=3$, $c=2$, $d=3$, $e=1$, $f=2$이다. 따라서 X, Y, Z는 각각 $^{3}_{1}\mathrm{H}$, $^{3}_{2}\mathrm{He}$, $^{2}_{1}\mathrm{H}$이다.
ㄱ. (가)는 핵반응 과정에서 질량수가 작은 $^{3}_{1}\mathrm{H}$, $^{3}_{2}\mathrm{He}$이 융합하여 질량수가 큰 $^{4}_{2}\mathrm{He}$이 생성되므로 핵융합 반응이다.
ㄴ. $^{4}_{2}\mathrm{He}$과 X($^{3}_{1}\mathrm{H}$)의 중성자수는 2로 서로 같다.
ㄷ. 핵반응에서 발생하는 에너지 $E=\Delta mc^2$ (Δm: 질량 결손, c: 빛의 속력)으로 (가), (나)에서 질량 결손이 각각 $\Delta m_{(가)}=(m_3+m_4)-(m_1+m_5+m_n)$, $\Delta m_{(나)}=2m_2-(m_4+m_n)$ (m_n: 중성자의 질량)이다. 핵반응에서 발생하는 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 질량 결손도 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 $\Delta m_{(가)}>\Delta m_{(나)}$이므로 $m_3+2m_4>m_1+2m_2+m_5$이다.

11 핵반응

핵반응에서 전하량(양성자수)과 질량수는 핵반응 전과 후가 같다.
[전하량 보존]
(가) 1+1=㉡
(나) 1+2=㉡+1
[질량수 보존]
(가) ㉠+㉠=4+2
(나) ㉠+㉢=4+2
에서 ㉠=3, ㉡=2, ㉢=3이므로 X, Y, Z는 각각 $^{3}_{1}\mathrm{H}$, $^{4}_{2}\mathrm{He}$, $^{3}_{2}\mathrm{He}$이다.

ㄱ. ㉠+㉡+㉢=3+2+3=8이다.
ㄴ. X($^{3}_{1}$H), Z($^{3}_{2}$He)의 중성자수는 각각 2, 1이므로 X가 Z보다 1만큼 크다.
ㄷ. 핵반응에서 발생하는 에너지 $E=\Delta mc^2$ (Δm: 질량 결손, c: 빛의 속력)으로 질량 결손에 비례한다. 따라서 질량 결손은 방출하는 에너지가 작은 (가)에서가 방출하는 에너지가 큰 (나)에서보다 작다.

12 핵반응의 활용

원자핵 X를 표현할 때, $^{A}_{Z}$X에서 A는 질량수, Z는 양성자수이며, 중성자수는 질량수와 양성자수의 차인 $A-Z$이다. 핵반응 전과 후 전하량(양성자수)과 질량수는 보존된다.
ㄱ. (가)의 핵반응식 $^{10}_{5}$B+㉠ $\longrightarrow$ $^{7}_{3}$Li+$^{4}_{2}$He+에너지에서 ㉠의 양성자수와 질량수를 각각 a, b라 할 때
[전하량 보존] $5+a=3+2$
[질량수 보존] $10+b=7+4$
에서 $a=0$, $b=1$이므로 ㉠은 중성자($^{1}_{0}$n)이다.
ㄴ. $^{10}_{5}$B, $^{7}_{3}$Li의 중성자수는 각각 5, 4이므로 중성자수는 $^{10}_{5}$B가 $^{7}_{3}$Li보다 1만큼 크다.
ㄷ. (나)에서 양전자와 전자가 만나면 함께 소멸하여 질량이 없어지므로, 그 질량이 모두 에너지로 변환되어 한 쌍의 감마(γ)선을 생성한다. 따라서 '질량 결손'은 ㉡으로 적절하다.

06 물질의 전기적 특성

수능 2점 테스트

본문 104~108쪽

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

01 여러 가지 원자 모형

톰슨은 음극선 실험을 통해 음극선이 음(−)전하를 띠는 입자인 전자의 흐름이라는 것을 알아내었고, 러더퍼드는 알파(α) 입자 산란 실험을 통해 원자의 중심에는 원자 질량의 대부분을 차지하고 양(+)전하를 띠고 있는 원자핵이 존재한다는 것을 알아내었다.
ㄱ. 음극선은 음(−)전하를 띤 전자의 흐름이므로 '전자'는 ㉠으로 적절하다.
ㄴ. 양(+)전하인 알파(α) 입자가 산란되는 현상을 통해 원자핵의 존재를 알아내었으므로 '원자핵'은 ㉡으로 적절하다.
ㄷ. 러더퍼드의 원자 모형에 따르면 전자는 원자핵을 중심으로 회전 운동을 한다.

02 보어의 수소 원자 모형

보어의 수소 원자 모형에서는 원자핵 주위를 전자가 특정 궤도에서 원운동하고, 전자의 에너지 준위는 불연속적이다. 전자가 전이할 때는 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출한다.
ㄱ. 원자핵은 양(+)전하이고 전자는 음(−)전하이므로 원자핵과 전자 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.
ㄴ. 보어의 수소 원자 모형에서 수소 원자 내 전자의 에너지 준위는 불연속적이다.
ㄷ. 전자가 에너지 준위가 낮은 $n=1$인 궤도에서 에너지 준위가 높은 $n=2$인 궤도로 전이하려면 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 흡수해야 한다.

03 전기력

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.
④ 작용 반작용 법칙에 의해 A가 B에 작용하는 전기력과 B가 A에 작용하는 전기력은 크기가 같고 방향은 반대이므로 B가 받는 전기력의 방향은 $+x$방향이다. 또한 A와 B 사이의 거리는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{1}{2}$배이므로 (나)에서 B가 받는 전기력의 크기는 $4F$이다.

04 전기력

C에 작용하는 전기력이 0이므로 A와 B가 각각 C에 작용하는 전기력의 크기는 같고 방향은 반대이다.

② C의 전하의 종류에 관계없이 B가 C에 작용하는 전기력의 방향과 A가 C에 작용하는 전기력의 방향이 반대이어야 C에 작용하는 전기력이 0이다. 따라서 A는 음(−)전하이다. 또한 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 C에 작용하는 전기력이 0이려면 $q_A > q_B$이어야 한다.

05 전기력

두 전하의 종류가 같으면 서로 미는 전기력이 작용하고, 두 전하의 종류가 다르면 서로 당기는 전기력이 작용한다.

~~ㄱ~~. (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$방향이므로 작용 반작용 법칙에 의해 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다. 따라서 서로 미는 전기력이 작용하므로 전하의 종류는 A와 B가 같다. 또한 (나)에서 C로 인해 B에 작용하는 전기력의 방향이 $-x$방향으로 바뀌므로 전하의 종류는 B와 C가 다르다.

ㄴ. (나)에서 A가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이고 크기는 F이다. 따라서 C가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이고 크기는 $2F$이므로 B가 C에 작용하는 전기력의 크기는 $2F$이다.

~~ㄷ~~. 두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. A가 B에 작용하는 전기력의 크기는 F이고 A와 B 사이의 거리는 $2d$이다. 또한 C가 B에 작용하는 전기력의 크기는 $2F$이고 C와 B 사이의 거리는 d이다. 따라서 A의 전하량의 크기를 q라 하면 C의 전하량의 크기는 $\frac{1}{2}q$이므로 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

06 전기력

(가)에서 A에 작용하는 전기력이 0이면 B와 C가 각각 A에 작용하는 전기력의 크기는 같고 방향은 반대이며, 전하량의 크기는 C가 B보다 크다.

ㄱ. (가)에서 A에 작용하는 전기력이 0이므로 C는 음(−)전하이고, 전하량의 크기는 C가 B보다 크다. (나)에서 B에 작용하는 전기력이 0이므로 전하의 종류는 X, Y가 다르고 전하량의 크기는 Y가 X보다 크다. 전하량의 크기는 A, B가 같으므로 X는 A이고 양(+)전하이며, Y는 C이다.

~~ㄴ~~. X는 A이고, Y는 C이므로 전하량의 크기는 B가 Y보다 작다.

~~ㄷ~~. B는 양(+)전하이고 X는 양(+)전하이므로 B와 X 사이에는 서로 미는 전기력이 작용한다.

07 전기력

전하의 종류가 다른 고정된 두 점전하 사이에 또 다른 점전하가 놓일 때, 고정된 두 점전하 사이에서 또 다른 점전하에 작용하는 전기력이 0이 되는 지점은 없다.

ㄱ. $0 < x < 2d$에서 P에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$방향이므로 A와 B는 다른 종류의 전하이다. A에 가까울수록 전기력의 크기가 커지므로 A는 음(−)전하이고, B에 가까울수록 전기력의 크기가 커지므로 B는 양(+)전하이다.

ㄴ. P에 작용하는 전기력의 크기가 $x=d$에서 최솟값을 가지므로 전하량의 크기는 A와 B가 같다.

~~ㄷ~~. A는 음(−)전하이고 B는 양(+)전하이므로 A가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

08 스펙트럼의 종류

스펙트럼에는 연속 스펙트럼, 흡수 스펙트럼, 선 스펙트럼이 있다.

ㄱ. 백열등에서 나오는 빛에서는 색의 띠가 모든 파장에서 연속적으로 나타나는 연속 스펙트럼을 관찰할 수 있다. 따라서 '연속'은 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 연속 스펙트럼을 나타내는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시키면 기체가 특정한 파장의 빛을 흡수하여 연속 스펙트럼에 검은색 선이 나타나는 흡수 스펙트럼이 관찰된다.

ㄷ. 수소 기체 방전관에서 선 스펙트럼이 관찰되므로 수소 원자의 에너지 준위는 불연속적이다.

09 보어의 수소 원자 모형

전자가 전이할 때 흡수하거나 방출하는 광자 1개의 에너지 E는 빛의 진동수 f에 비례하고 빛의 파장 λ에 반비례한다.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \ (h\text{: 플랑크 상수, } c\text{: 빛의 속력})$$

ㄱ. 파장이 λ_1인 빛이 방출될 때 광자 1개의 에너지는 파장이 λ_2, λ_3인 빛이 각각 방출될 때 광자 1개의 에너지의 합과 같다. 따라서 $5E_0 = 4E_0 + E_0$이고 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례하므로 $\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}$이다.

ㄴ. 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로 $f_1 = f_2 + f_3$이다.

ㄷ. $\frac{E_0}{h} = f_3$이고 $\frac{c}{\lambda_1} = f_1$이며 $\frac{c}{\lambda_2} = f_2$이다. $f_3 = f_1 - f_2$이므로 $\frac{E_0}{h} = \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)c$이다.

10 보어의 수소 원자 모형

전자가 전이할 때는 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출한다. 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례하고 빛

의 파장에 반비례한다.

ㄱ. a, b에서 에너지 준위 차는 각각 2.55 eV, 10.2 eV이다. 따라서 에너지 준위 차는 b에서가 a에서의 4배이므로 b에서 방출되는 빛의 진동수는 $4f_0$이다.

ㄴ. 빛의 진동수는 빛의 파장에 반비례하므로 방출되는 빛의 파장은 a에서가 b에서보다 길다.

ㄷ. 전자가 $n=4$에서 $n=1$로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 12.75 eV이고 b에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 10.2 eV이므로 전자가 $n=4$에서 $n=1$로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 b에서 방출되는 광자 1개의 에너지의 $\frac{5}{4}$배이다.

11 보어의 수소 원자 모형

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 또한 전자가 전이할 때는 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출한다.

ㄱ. 파장이 λ_a, λ_b인 빛을 흡수하거나 방출할 때 에너지 준위 차는 각각 1.89 eV, 12.09 eV이다. 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례하므로 $\lambda_a > \lambda_b$이다.

ㄴ. 원자핵과 전자 사이의 거리는 $n=2$일 때가 $n=1$일 때보다 크므로 전자가 원자핵으로부터 받는 전기력의 크기는 $n=2$일 때가 $n=1$일 때보다 작다.

ㄷ. $n=2$에서 전자의 에너지는 -3.40 eV이고 $n=1$에서 전자의 에너지는 -13.6 eV이므로 전자가 $n=2$에서 $n=1$로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는

$(-3.40\ \mathrm{eV})-(-13.6\ \mathrm{eV})=10.2\ \mathrm{eV}$이다.

12 보어의 수소 원자 모형

라이먼 계열은 자외선 영역이고 발머 계열은 가시광선을 포함하는 영역이며, 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례하고 빛의 파장에 반비례한다.

ㄱ. a에서가 b에서보다 파장이 짧으므로 진동수는 a에서가 b에서보다 크다.

ㄴ. 진동수가 a에서가 b에서보다 크므로 라이먼 계열은 자외선 영역이다.

ㄷ. 진동수가 a에서가 b에서보다 크므로 광자 1개의 에너지는 a에서가 b에서보다 크다.

13 에너지띠의 구조

전도띠와 원자가 띠 사이의 간격인 띠 간격에는 전자가 존재할 수 없다.

ㄱ. 원자의 가장 바깥쪽에 있는 원자가 전자가 차지하는 에너지띠로 전자가 채워진 에너지가 가장 높은 에너지띠는 원자가 띠이다. 따라서 '원자가 띠'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 원자가 띠와 전도띠 사이의 간격이므로 '띠 간격'은 A로 적절하다.

ㄷ. 원자가 띠에 있는 전자가 전도띠로 전이할 때 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 한다.

14 고체의 에너지띠

띠 간격은 절연체가 가장 크고, 전기 전도성은 도체가 가장 좋다.

ㄱ. 띠 간격은 C가 가장 크고 B는 띠 간격이 없으므로 A는 반도체, B는 도체, C는 절연체이다.

ㄴ. B는 도체이므로 전기 전도성이 가장 좋다.

ㄷ. 원자가 띠에 있는 전자는 같은 에너지를 가질 수 없으므로 C의 원자가 띠에 있는 전자의 에너지는 모두 다르다.

15 고체의 에너지띠와 전기 전도성

띠 간격은 절연체가 도체보다 크고, 전기 전도성은 도체가 절연체보다 좋다.

ㄱ. (가)에서 전류가 흘렀으므로 A는 도체이다.

ㄴ. A는 도체이고 B는 절연체이므로 전기 전도성은 A가 B보다 좋다.

ㄷ. A는 도체이고 B는 절연체이므로 띠 간격은 B가 A보다 크다.

16 불순물 반도체

n형 반도체는 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 5개인 인(P), 비소(As) 등을 첨가하여 만들고, p형 반도체는 원자가 전자가 4개인 규소(Si)에 원자가 전자가 3개인 붕소(B), 알루미늄(Al) 등을 첨가하여 만든다.

ㄱ. X는 주된 전하 운반자가 전자이므로 n형 반도체이다.

ㄴ. X는 n형 반도체이므로 ㉠은 4보다 크다.

ㄷ. Y는 p형 반도체이므로 주된 전하 운반자가 양공이다. 즉, '양공'은 ㉡으로 적절하다.

17 p–n 접합 다이오드

p–n 접합 다이오드의 p형 반도체가 전원의 (+)극에 연결되고 n형 반도체가 전원의 (−)극에 연결되면 p–n 접합 다이오드에는 순방향 전압이 걸리고 회로에 전류가 흐른다.

ㄱ. 스위치를 a에 연결하였을 때 저항에 전류가 흘렀으므로 X는 n형 반도체이다.

ㄴ. 스위치를 b에 연결하면 $\frac{3}{2}t$일 때 저항에 전류가 흐르므로 A에 순방향 전압이 걸린다. 따라서 $\frac{1}{2}t$일 때에는 A에 역방향 전압이 걸리므로 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

ㄷ. A는 순방향 전압이 걸릴 때만 전류를 흐르게 하는 정류 작용을 한다.

18 p-n 접합 다이오드

p-n 접합 다이오드에 순방향 전압이 걸리면 n형 반도체에 있는 전자와 p형 반도체에 있는 양공은 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

ㄱ. 스위치를 a에 연결하면 A의 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동하므로 A에는 순방향 전압이 걸리고 B에는 역방향 전압이 걸린다.

ㄴ. 스위치를 a에 연결하면 A에는 순방향 전압이 걸리므로 X는 p형 반도체이다.

~~ㄷ~~. 스위치를 b에 연결하면 B에는 순방향 전압이 걸리므로 p형 반도체에 있는 양공이 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

19 p-n 접합 발광 다이오드

p-n 접합 발광 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 빛을 방출하고 역방향 전압이 걸리면 빛을 방출하지 않는다.

ㄱ. S_2만 닫았을 때 LED에서 빛이 방출되므로 LED와 B에는 순방향 전압이 걸린다. 또한 S_1만 닫았을 때 LED에서 빛이 방출되지 않았으므로 A에는 역방향 전압이 걸린다.

~~ㄴ~~. S_2만 닫았을 때 B에는 순방향 전압이 걸리므로 ㉠은 (+)극이다.

~~ㄷ~~. S_1과 S_2를 모두 닫았을 때 A에는 역방향 전압이, B에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 B의 n형 반도체에 있는 전자는 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

20 p-n 접합 발광 다이오드

띠 간격은 절연체가 도체보다 크고 p-n 접합 발광 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 빛을 방출한다.

ㄱ. P는 띠 간격이 없으므로 도체이고, Q는 절연체이다. 따라서 전기 전도성은 도체인 P가 절연체인 Q보다 좋다.

ㄴ. 전기 전도성은 도체인 P가 절연체인 Q보다 좋으므로 스위치를 a에 연결할 때 LED에서 빛이 방출된다.

ㄷ. 스위치를 a에 연결할 때 LED에서 빛이 방출되므로 LED에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 X는 n형 반도체이고, n형 반도체는 주로 전자가 전류를 흐르게 한다.

수능 3점 테스트

본문 109~117쪽

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

01 전기력

(나)에서 C에 작용하는 전기력이 0이므로 A와 B가 각각 C에 작용하는 전기력의 크기는 같고 방향은 반대이다.

ㄱ. (나)에서 C에 작용하는 전기력이 0이므로 B는 양(+)전하이고 전하량의 크기는 A와 B가 같다.

~~ㄴ~~. B는 양(+)전하이고, C는 음(−)전하이므로 B와 C 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

~~ㄷ~~. B는 양(+)전하이므로 (가)에서 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이다. 따라서 (가)에서 A에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이어야 하므로 C가 A를 당기는 전기력의 크기보다 B가 A를 미는 전기력의 크기가 더 커야 한다.

02 전기력

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다.

⑤ A는 음(−)전하이므로 A가 B에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이다. 하지만 B에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$방향이므로 C가 B에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$방향이어야 한다. 따라서 C는 음(−)전하이다. 또한 A, B 각각에 작용하는 전기력의 크기를 F, A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AB}, A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AC}, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{BC}라 하면, $F_{AB}-F_{AC}=-F$ … (ⅰ)이고, $-F_{AB}+F_{BC}=F$ … (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $F_{AC}=F_{BC}$이므로 C에 작용하는 전기력은 0이다. 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례하므로 $q_A : q_B=9 : 4$이다.

03 전기력

두 전하의 종류가 같으면 서로 미는 전기력이 작용하고, 두 전하의 종류가 다르면 서로 당기는 전기력이 작용한다.

④ P의 위치가 $x=2d$일 때 A에 작용하는 전기력이 0이므로 B는 음(−)전하이고, 전하량의 크기는 B가 P의 4배이다. 또한 P의 위치가 $x=d$일 때 A에 작용하는 전기력의 방향이 $+x$방향이므로 A는 음(−)전하이다. P의 위치가 $x=2d$일 때 A와 P 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AP}, A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AB}라 하면, P의 위치가 $x=2d$일 때 $F_{AP}-F_{AB}=0$ … (ⅰ)이고, P의 위치가 $x=d$일 때 $4F_{AP}-F_{AB}=F$ … (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $3F_{AP}=3F_{AB}=F$이다. 전하량

의 크기는 B가 P의 4배이므로 P의 위치가 $3d$일 때 B와 P 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{BP}라 하면 $F_{\mathrm{BP}}=16F_{\mathrm{AP}}$이다. 따라서 $F_{\mathrm{AB}}-16F_{\mathrm{AB}}=-15F_{\mathrm{AB}}=-5F$이므로 P의 위치가 $x=3d$일 때, B에 작용하는 전기력의 크기는 $5F$이다.

04 전기력

고정된 두 점전하 사이에 놓인 또 다른 점전하에 작용하는 전기력이 0이면 고정된 두 점전하의 전하의 종류는 같다.

ㄱ. (가)에서 B에 작용하는 전기력이 0이므로 A는 음(−)전하이다. (나)에서 음(−)전하인 D를 고정시켰을 때 C에 작용하는 전기력이 0이므로 B는 양(+)전하이다. 따라서 전하의 종류는 A와 B가 다르다.

ㄴ. 전하량의 크기는 A와 B가 같으므로, (가)에서 C의 전하량의 크기는 A의 4배이다. (나)에서 B가 C에 작용하는 전기력의 방향은 $-x$방향이고, B가 C에 작용하는 전기력의 크기를 F라 하면 A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{4}{9}F$이고 방향은 $+x$방향이다. 따라서 D가 C에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이고 크기는 $\frac{5}{9}F$이어야 하므로 A가 C에 작용하는 전기력의 크기는 D가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 작다.

ㄷ. (나)에서 B가 C에 작용하는 전기력의 크기가 F일 때 D가 C에 작용하는 전기력의 크기는 $\frac{5}{9}F$이다. C로부터 떨어진 거리가 B가 D보다 크므로 전하량의 크기는 B가 D보다 크다.

05 전기력

전하량의 크기는 A와 B가 같으므로 B의 위치가 $x=3d$일 때 A가 C에 작용하는 전기력의 크기보다 B가 C에 작용하는 전기력의 크기가 더 크다.

ㄱ. 전하량의 크기는 A와 B가 같으므로 B의 위치가 $x=3d$일 때 C에 작용하는 전기력은 0이 될 수 없다. 따라서 X는 A이다.

ㄴ. B의 위치가 $x=3d$일 때 A에 작용하는 전기력이 0이므로 전하량의 크기는 B가 C의 $\frac{1}{4}$배이고, 전하량의 크기는 A와 B가 같으므로 전하량의 크기는 A가 C보다 작다.

ㄷ. B의 위치가 $x=2d$일 때 A와 B 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AB}, A와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{AC}, B와 C 사이에 작용하는 전기력의 크기를 F_{BC}라 하면,

$F_{\mathrm{AB}}-F_{\mathrm{AC}}=F$ ⋯ (ⅰ)이고, $\frac{4}{9}F_{\mathrm{AB}}-F_{\mathrm{AC}}=0$ ⋯ (ⅱ)이다. (ⅰ), (ⅱ)를 연립하면 $F_{\mathrm{AB}}=\frac{9}{5}F$, $F_{\mathrm{AC}}=\frac{4}{5}F$이다. 또한 전하량의 크기가 C가 B의 4배이므로 B의 위치가 $x=2d$일 때

$F_{\mathrm{BC}}=\frac{9}{4}\times F_{\mathrm{AC}}=\frac{9}{5}F$이다. 따라서 B의 위치가 $x=2d$일 때

$F_{\mathrm{AC}}-F_{\mathrm{BC}}=\frac{4}{5}F-\frac{9}{5}F=-F$이므로 C에 작용하는 전기력의 크기는 F이다.

06 보어의 수소 원자 모형

에너지 준위 차가 클수록 전자가 전이할 때 흡수 또는 방출되는 빛의 파장은 짧다.

ㄱ. 양자수가 n_{B}일 때 에너지 준위가 가장 낮으므로 원자핵과 전자 사이의 거리가 가장 가깝다. 따라서 n_{B}는 $n=1$이고, n_{A}는 $n=2$이며, n_{C}는 $n=3$이다.

ㄴ. n_{B}는 $n=1$이고 n_{C}는 $n=3$이므로 전자는 $n=1$에서 $n=3$으로 전이할 때 빛을 흡수한다.

ㄷ. $n=2$에서 $n=1$로 전자가 전이할 때는 $\left(-\frac{1}{4}E_0\right)-(-E_0)=\frac{3}{4}E_0$만큼의 빛에너지를 방출하고, $n=2$에서 $n=3$으로 전자가 전이할 때는 $\left(-\frac{1}{9}E_0\right)-\left(-\frac{1}{4}E_0\right)=\frac{5}{36}E_0$만큼의 빛에너지를 흡수한다. 에너지 준위 차가 클수록 전자가 전이할 때 흡수 또는 방출되는 빛의 파장은 짧으므로 흡수 또는 방출되는 빛의 파장은 n_{A}에서 n_{B}로 전자가 전이할 때가 n_{A}에서 n_{C}로 전이할 때보다 짧다.

07 보어의 수소 원자 모형

전자가 전이할 때 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 흡수하거나 방출한다. 광자 1개의 에너지 E는 빛의 진동수 f에 비례하고 빛의 파장 λ에 반비례한다.

$$E=hf=\frac{hc}{\lambda}\ (h\text{: 플랑크 상수, }c\text{: 빛의 속력})$$

ㄱ. 에너지 준위 차가 가장 큰 전이는 c이고, 가장 작은 전이는 b이므로 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 c에서 가장 짧고 b에서 가장 길다. 따라서 ㉠은 c에 의해 나타난 스펙트럼선이고 ㉡은 b에 의해 나타난 스펙트럼선이다.

ㄴ. $E_{\mathrm{c}}=E_{\mathrm{a}}+E_{\mathrm{b}}$이고 방출되는 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례하므로 $\frac{1}{\lambda_{\mathrm{c}}}=\frac{1}{\lambda_{\mathrm{a}}}+\frac{1}{\lambda_{\mathrm{b}}}$이다.

ㄷ. ㉠에 해당하는 에너지는 $(-0.85\ \mathrm{eV})-(-13.6\ \mathrm{eV})=12.75\ \mathrm{eV}$이고 ㉡에 해당하는 에너지는 $(-0.85\ \mathrm{eV})-(-3.40\ \mathrm{eV})=2.55\ \mathrm{eV}$이다. 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로 ㉠에 해당하는 빛의 진동수는 ㉡에 해당하는 빛의 진동수의 5배이다.

08 보어의 수소 원자 모형

전자가 양자수가 작아지는 방향으로 전이하면 빛을 방출하고 양자수가 커지는 방향으로 전이하면 빛을 흡수한다.

ㄱ. 전자의 전이에서 E_1과 E_2를 방출하므로 두 전이는 모두 양자수가 작아지는 방향이다. 따라서 ㉠은 3보다 크다.

ㄴ. ㉠이 3보다 크므로 E_2가 E_1보다 크다. 방출되는 광자 1개의 에너지는 빛의 파장에 반비례하므로 방출되는 빛의 파장은 전자

가 n=㉠에서 n=3으로 전이할 때가 n=㉠에서 n=2로 전이할 때보다 길다.
~~ㄷ~~. 전자가 n=㉠에서 n=2로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지가 E_2이고 n=㉠에서 n=3으로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지가 E_1이므로 전자가 n=3에서 n=2로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 E_2-E_1이다.

09 보어의 수소 원자 모형

전자가 양자수가 작아지는 방향으로 전이할 때 에너지 준위 차에 해당하는 에너지를 방출한다. 또한 광자 1개의 에너지 E는 빛의 파장 λ에 반비례한다.

$$E=\frac{hc}{\lambda}\ (h\text{: 플랑크 상수, } c\text{: 빛의 속력})$$

ㄱ. 에너지 준위 차는 a에서가 b에서보다 크므로 전자가 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 a에서가 b에서보다 짧다. 따라서 a에서 방출되는 빛의 파장은 λ_1이다.
ㄴ. b에서 방출되는 광자 1개의 에너지는 $(-3.40\text{ eV})-(-13.6\text{ eV})=10.2\text{ eV}$이다.
ㄷ. 전자가 n=3에서 n=2로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지는 n=3에서 n=1로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지와 n=2에서 n=1로 전이할 때 방출되는 광자 1개의 에너지의 차와 같다. 따라서 n=3에서 n=2로 전이할 때 방출되는 빛의 진동수는 $\frac{c}{\lambda_1}-\frac{c}{\lambda_2}=\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)c$이다.

10 보어의 수소 원자 모형

전자가 전이할 때 양자수가 작아지면 빛에너지를 방출하고, 전자가 전이할 때 양자수가 커지면 빛에너지를 흡수한다.
ㄱ. A에서는 에너지 준위 차인 10.2 eV의 빛에너지를 흡수하고 B에서는 에너지 준위 차인 1.89 eV의 빛에너지를 방출한다.
ㄴ. 광자 1개의 에너지는 빛의 진동수에 비례하므로 흡수 또는 방출되는 빛의 진동수는 A에서가 B에서보다 크다.
ㄷ. 전자가 n=1에서 n=3으로 전이할 때 흡수하는 광자 1개의 에너지는 $(-1.51\text{ eV})-(-13.6\text{ eV})=12.09\text{ eV}$이다.

11 에너지띠

원자가 1개인 기체의 에너지 준위는 불연속적으로 분포하고, 원자가 매우 많은 고체의 에너지 준위는 미세하게 나누어져 에너지띠를 이룬다.
ㄱ. 기체 상태에 있는 원자의 에너지는 불연속적이므로 원자 내의 전자는 전이할 때 특정한 파장의 빛만 흡수하거나 방출할 수 있다.
~~ㄴ~~. 고체 상태에서는 원자 사이의 거리가 매우 가까워 인접한 원자들의 에너지 준위는 미세하게 차이가 난다. 따라서 에너지띠에 있는 전자의 에너지는 모두 같지 않다.
~~ㄷ~~. 원자가 띠의 전자가 전도띠로 전이하려면 띠 간격 이상의 에너지를 흡수해야 한다. 따라서 전자가 전이할 때 흡수한 에너지는 E_0 이상이다.

12 고체의 에너지띠와 전기 전도도

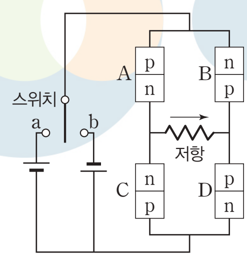
전기 전도도는 도체가 반도체보다 크고, 띠 간격은 반도체가 도체보다 크다.
~~ㄱ~~. B가 A보다 전기 전도도가 크므로 B는 도체이고 A는 반도체이다.
~~ㄴ~~. 띠 간격은 반도체가 도체보다 크므로 ㉠은 E_0보다 작다.
ㄷ. 상온에서 단위 부피당 전도띠에 있는 전자의 수는 도체가 반도체보다 많다.

13 고체의 에너지띠와 전기 전도도

전기 전도도를 σ, 고체의 길이를 l, 고체의 단면적을 S, 고체의 저항값을 R라 할 때, $\sigma=\frac{l}{RS}$이다.
④ A, B, C는 길이가 동일하므로 저항값과 단면적의 곱이 클수록 전기 전도도는 작다. 또한 (다)에서 띠 간격이 Y가 가장 크고 Z가 가장 작으므로 전기 전도도는 Z가 가장 크고 Y가 가장 작다. 따라서 X는 C, Y는 A, Z는 B이다.

14 p-n 접합 발광 다이오드

p-n 접합 발광 다이오드의 p형 반도체가 전원의 (+)극에 연결되고 n형 반도체가 전원의 (−)극에 연결되면 p-n 접합 발광 다이오드에는 순방향 전압이 걸리고 회로에 전류가 흐른다.
ㄱ. X는 주된 전하 운반자가 전자이므로 n형 반도체이다.
ㄴ. X는 n형 반도체이고 저항에 흐르는 전류의 방향은 스위치를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 같으므로 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흘러야 한다. 따라서 스위치를 a에 연결하면 A와 D에 순방향 전압이 걸리고, 스위치를 b에 연결하면 B와 C에 순방향 전압이 걸리므로 빛이 방출되는 LED의 개수는 스위치를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 같다.

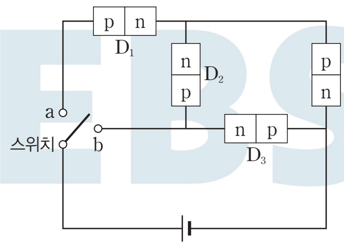


~~ㄷ~~. 스위치를 b에 연결하면 C에는 순방향 전압이 걸리므로 Y는 p형 반도체이다. 따라서 Y에서 양공은 p-n 접합면 쪽으로 이동한다.

15 p－n 접합 발광 다이오드

p－n 접합 발광 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 빛을 방출하고 역방향 전압이 걸리면 빛을 방출하지 않는다.

~~ㄱ~~. 스위치를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때 모두 D_4에서 빛이 방출되려면 다이오드의 구성은 그림과 같다. 따라서 X는 p형 반도체이므로 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.



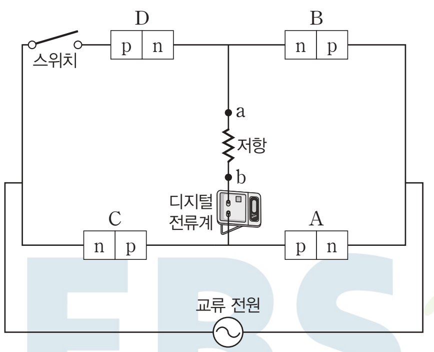
㉡. 스위치를 a에 연결하면 D_2에는 역방향 전압이 걸리므로 빛이 방출되지 않는다.

㉢. 스위치를 a에 연결하면 D_1, D_4에 순방향 전압이 걸려 빛이 방출되고, 스위치를 b에 연결하면 D_2, D_4에 순방향 전압이 걸려 빛이 방출된다. 따라서 빛이 방출되는 LED의 개수는 스위치를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때가 같다.

16 p－n 접합 다이오드

교류 전원에 의한 전류의 방향은 주기적으로 바뀌지만 저항에는 한쪽 방향으로 전류가 흐른다.

㉠. 스위치를 닫기 전 전류 그래프에서 스위치를 닫은 후 전류 그래프가 되기 위해서는 다이오드의 구성이 그림과 같아야 한다. 따라서 X는 p형 반도체이다.



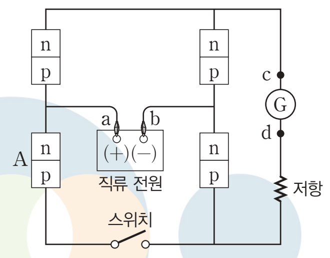
~~ㄴ~~. 스위치를 닫기 전 $\frac{1}{2}t$일 때 B와 C에는 순방향 전압이 걸려 저항에 전류가 흐르고 A에는 역방향 전압이 걸린다.

㉢. 스위치를 닫은 후, D와 A에 순방향 전압이 걸릴 때와 B와 C에 순방향 전압이 걸릴 때 모두 전류의 방향은 'a → 저항 → b'이다.

17 p－n 접합 다이오드

p－n 접합 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 전류가 흐르고 역방향 전압이 걸리면 전류가 흐르지 않는다.

㉠. (가)와 (다)의 결과 전류가 c → Ⓖ → d 방향으로 흐르므로 직류 전원의 극과 다이오드의 구성은 그림과 같다. 따라서 ㉠은 (＋)극이다.



~~ㄴ~~. a, b를 직류 전원의 (＋), (－)단자에 서로 바꾸어 연결하면 검류계에는 전류가 흐르지 않는다.

~~ㄷ~~. a, b를 직류 전원의 (＋), (－)단자에 서로 바꾸어 연결하고 스위치를 닫으면 A에는 순방향 전압이 걸린다. 따라서 (다)에서 A의 n형 반도체에 있는 전자는 p－n 접합면 쪽으로 이동한다.

18 p－n 접합 발광 다이오드

전기 전도성은 도체가 절연체보다 좋고 p－n 접합 발광 다이오드는 순방향 전압이 걸리면 빛을 방출한다.

㉠. S_1을 a에 연결하고, S_2를 닫으면 LED에서는 빛이 방출되고 S_2를 열면 LED에서는 빛이 방출되지 않으므로 P는 절연체이고 Q는 도체이다. 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격은 절연체인 P가 도체인 Q보다 크다.

㉡. S_1을 a에 연결하고, S_2를 닫으면 LED에서는 빛이 방출되므로 X는 p형 반도체이고 p형 반도체는 주로 양공이 전류를 흐르게 한다.

㉢. S_1을 b에 연결하고, S_2를 닫으면 LED에는 역방향 전압이 걸리므로 p형 반도체에 있는 양공이 p－n 접합면에서 멀어진다.

07 물질의 자기적 특성

수능 2점 테스트

본문 131~135쪽

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

01 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.

ㄱ. q에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 0이므로 B에 흐르는 전류의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례하므로 $I_{B}=2I_{A}$이다.

ㄴ. p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향으로 서로 같으므로 p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향이다.

~~ㄷ~~. r에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 반대이고, s에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 같다. 따라서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 s에서가 r에서보다 크다.

02 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 앙페르 법칙에 따라 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이다.

~~ㄱ~~. p에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 0이므로 A의 전류에 의한 자기장의 방향과 B의 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다.

ㄴ. A, B로부터 같은 거리만큼 떨어진 p에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 서로 같다. 따라서 A, B에 흐르는 전류의 세기는 서로 같다.

~~ㄷ~~. q에서 A의 전류에 의한 자기장과 B의 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 같고, r에서 A의 전류에 의한 자기장과 B의 전류에 의한 자기장의 방향은 서로 반대이다. 따라서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 q에서가 r에서보다 크다.

03 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

원형 도선의 중심에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 원형 도선을 감아쥐는 방향이다.

④ A, B에 흐르는 전류의 세기와 방향이 서로 같으므로 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기를 B_1이라 하면 t_1일 때 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_1+\frac{1}{2}B_1+B_{C}=0$이므로 O에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_{C}=\frac{3}{2}B_1$이고, 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다. t_2일 때 C에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이고 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이므로 $B_0=3B_1=2B_{C}$이다. 따라서 t_1일 때 O에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기 $B_{C}=\frac{1}{2}B_0$이다.

04 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 앙페르 법칙에 따라 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. A, B, C의 전류에 의한 자기장은 p에서는 $+y$방향이고, q에서는 0이므로 A와 C에 흐르는 전류의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄴ. q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장이 0이고, A와 B에 흐르는 전류의 세기가 같으므로 전류의 세기는 C에서가 B에서보다 크다.

~~ㄷ~~. q에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 C의 전류에 의한 자기장의 세기와 같으므로 r에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기가 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기보다 크다. 따라서 r에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 $+y$방향이다.

05 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다.

ㄱ. p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0이고 p, q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{5}{3}B_0$으로 같으므로 B, C에 흐르는 전류의 방향은 각각 $-y$방향, $+y$방향이다.

ㄴ. B에 흐르는 전류는 $-y$방향으로 세기가 I이고 C에 흐르는 전류는 $+y$방향으로 세기가 I이므로, q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄷ. A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 I로 같고, 방향은 각각 $+y$방향, $-y$방향, $+y$방향이다. p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기가 B_0이므로 r에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{B_0}{5}-\frac{B_0}{3}+B_0=\frac{13}{15}B_0$이고, 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

06 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

각 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향이 같으면 자기장의 세기가 증가하고, 자기장의 방향이 반대이면 자기장의 세기가 감소한다.

ㄱ. A, C에는 각각 $+x$방향, $+y$방향으로 세기가 I인 전류가 흐르고 p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 B_0, p와 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{6}B_0$으로 같으므로 B에 흐르는 전류의 세기는 I이고, 방향은 $-x$방향이다.

ㄴ. A, B에 흐르는 전류의 세기는 I로 같고, 방향은 각각 $+x$방향, $-x$방향이므로 p, q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다.

ㄷ. q, r에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이고, 세기는 $\frac{2}{3}B_0$으로 같다. 따라서 r에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이고, 세기는 $\frac{7}{6}B_0$이다.

07 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기 B는 도선에 흐르는 전류의 세기 I에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리 d에 반비례한다. 비례 상수를 k라고 하면 $B=k\frac{I}{d}$이다.

~~ㄱ~~. q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 0이므로 B에 흐르는 전류의 방향이 $-y$방향이면 $I_A=0$이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다.

ㄴ. q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 0이므로 xy평면에 수직으로 들어가는 자기장의 방향을 (+)라 하면 $k\frac{I_A}{3d}+k\frac{I}{d}+k\frac{2I}{2d}=0$이다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이고 세기는 $I_A=6I$이다.

~~ㄷ~~. A, B, C의 전류에 의한 자기장은 p에서 $-k\frac{6I}{d}-k\frac{I}{d}+k\frac{2I}{4d}=-k\frac{13I}{2d}$이고, r에서 $-k\frac{6I}{4d}+k\frac{I}{2d}+k\frac{2I}{d}=k\frac{I}{d}$이다. 따라서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서가 r에서의 $\frac{13}{2}$배이다.

08 직선 도선과 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

원형 도선 중심에서 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 앙페르 법칙에 따라 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 원형 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. (가)의 O에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이고, O에서 A의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이므로 O에서 B의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다.

ㄴ. (나)의 O에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 0이므로 C의 전류에 의한 자기장의 방향은 A의 전류에 의한 자기장의 방향과 같은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

~~ㄷ~~. (나)의 O에서, A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기를 각각 B_A, B_B, B_C라 하면 $B_A+B_C=B_B=2B_C$이므로 O에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기는 C의 전류에 의한 자기장의 세기와 같다.

09 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

~~ㄱ~~. (가)에서 A의 왼쪽 면이 자석의 N극에 해당하므로 자석과 A 사이에는 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다.

ㄴ. (나)에서 A를 자기화되지 않은 철 클립에 가까이 가져갔을 때 철 클립이 A에 달라붙으므로 A는 강자성체이다.

~~ㄷ~~. (나)에서 철 클립이 A에 달라붙으므로 철 클립은 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.

10 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

ㄱ. (나), (다)에서 A와 B 사이에는 서로 당기는 방향의 자기력이, B와 C 사이에는 서로 미는 방향의 자기력이 작용하므로 B는 강자성체, A는 상자성체, C는 반자성체이다.

~~ㄴ~~. B는 강자성체이므로 외부 자기장이 사라져도 자기화된 상태가 오래 유지된다.

~~ㄷ~~. C는 반자성체이므로 외부 자기장과 반대 방향으로 자기화된다.

11 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되어 자석과 서로 당기는 방향의 자기력이 작용하고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화되어 자석과 서로 미는 방향의 자기력이 작용한다. 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 즉시 자성을 잃는다.

ㄱ. (가)에서 A에 자석의 N극을 가까이 했을 때 A가 밀려났으므로 유리 막대는 반자성체이다.

~~ㄱ~~. 유리 막대는 반자성체이므로 (가)에서 A 부분에 자석의 S극을 가까이 가져가면 A는 밀려난다.
ㄷ. B 부분에 N극을 가까이 가져갔을 때 B가 끌려오므로 B에는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되는 물질이 있다.

12 물질의 자성

상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되어 자석과 서로 당기는 방향의 자기력이 작용하고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화되어 자석과 서로 미는 방향의 자기력이 작용한다.
ㄱ. A를 자석의 S극에 가까이 했을 때 A가 자기화된 방향은 외부 자기장의 방향과 같으므로 A는 상자성체이다.
~~ㄴ~~. A는 상자성체이므로 S극 대신 N극을 가까이 해도 A와 자석 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.
~~ㄷ~~. 상자성체와 반자성체는 외부 자기장이 사라지면 자기화된 상태가 바로 사라진다. 따라서 (가), (나)에서 자석을 제거하고 A를 B에 가까이 해도 A와 B 사이에는 자기력이 작용하지 않는다.

13 물질의 자성

강자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 외부 자기장이 제거되어도 자성을 오래 유지한다. 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화되고, 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃는다.
~~ㄱ~~. A가 q를 지날 때 검류계에는 유도 전류가 흐르므로 A는 강자성체이고, B는 반자성체이다. A의 검게 칠해진 부분은 N극, 반대편은 S극이므로 A가 q를 지날 때 검류계에는 a 방향으로 유도 전류가 흐른다.
ㄴ. B는 반자성체이므로 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.
ㄷ. 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성을 잃으므로 B가 p에서 q까지 운동하는 동안 유도 전류가 흐르지 않는다. 따라서 $v_2 > v_1$이다.

14 전자기 유도

전자기 유도는 코일을 통과하는 자기 선속의 변화에 의해 코일에 유도 전류가 흐르는 현상이다.
(가) 무선 충전 장치에서 무선 충전을 할 때 충전 패드의 1차 코일에 변하는 전류가 흘러 스마트폰 내부의 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 시간에 따라 변하고, 전자기 유도에 의해 2차 코일에 유도 전류가 흘러 스마트폰이 충전된다.
(나) 전기 기타는 영구 자석에 의해 자기화된 기타 줄이 진동하면 기타 줄 아래에 있는 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 코일에 유도 전류가 흐르게 되고, 이 전기 신호를 증폭하여 스피커로 보내 소리가 난다. 즉, 전기 기타는 전자기 유도를 이용한다.
(~~다~~) 전자석 기중기는 전류가 흐르면 자석의 성질이 나타나고 전류가 흐르지 않으면 자석의 성질이 사라지는 성질을 이용하여 고철을 옮긴다.

15 전자기 유도

코일과 자석 사이의 상대적인 운동에 의해 코일을 통과하는 자기 선속이 변하면 전자기 유도에 의해 이를 방해하는 방향으로 코일에 유도 전류가 흐른다.
ㄱ. 전자기 유도는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 일어나므로 자석의 운동을 방해하는 방향으로 자기력이 발생한다. 따라서 자석이 p를 지날 때는 솔레노이드에 접근하므로 코일과 자석 사이에는 서로 미는 방향의 자기력이 작용한다.
ㄴ. 자석이 q를 지날 때는 자석의 운동 방향이 솔레노이드로부터 멀어지는 방향이므로 솔레노이드와 자석 사이에는 서로 당기는 방향으로 자기력이 작용한다. 따라서 솔레노이드에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 오른쪽 방향이므로 유도 전류의 방향은 b → G → a 방향이다.
ㄷ. 유도 전류의 세기는 솔레노이드를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량에 비례한다. 자석의 속력이 클수록 솔레노이드를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 크므로, 솔레노이드에 흐르는 유도 전류의 세기는 자석이 p를 지날 때가 q를 지날 때보다 크다.

16 전자기 유도

단위 시간당 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.
ㄱ. 0초부터 1초까지 금속 고리는 자기장 영역 Ⅰ로 들어가고 있으므로 금속 고리를 통과하는 자기 선속은 증가한다.
~~ㄴ~~. 1.5초일 때와 2.5초일 때 시간에 따른 자기장의 변화량이 같으므로 유도 전류의 방향은 서로 같다.
~~ㄷ~~. 0.5초일 때와 4.5초일 때 금속 고리를 통과하는 시간에 따른 자기 선속의 변화량이 같으므로 유도 전류의 세기는 서로 같다.

17 전자기 유도

금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다. 금속 고리를 통과하는 자기장의 세기가 증가하면 감소시키는 방향으로 유도 전류가 흐르고, 감소하면 증가시키는 방향으로 유도 전류가 흐른다.
ㄱ. t_0일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다. 이때 Ⅰ에서 종이면에 수직으로 들어가는 자기장의 세기 증가는 시계 반대 방향으로 유도 전류를 흐르게 하므로, Ⅱ에서 자기장의 세기가 감소하여 시계 방향으로 유도 전류를 흐르게 해야 한다. 따라서 Ⅱ에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다.
ㄴ. $2t_0$부터 $4t_0$까지 Ⅰ에서 자기장의 세기는 일정하고, Ⅱ에서 자기장의 세기는 증가하므로 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 증

가한다. 따라서 $3t_0$일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.

ㄷ. 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 변화량은 $0\sim 2t_0$일 때와 $4t_0\sim 6t_0$일 때가 같다. 따라서 유도 전류의 세기는 $5t_0$일 때와 t_0일 때가 서로 같다.

18 전자기 유도

금속 고리가 $\theta=0$에서 $\theta=90°$까지 회전하는 동안 금속 고리를 통과하는 자기 선속은 증가하고, $\theta=90°$에서 $\theta=180°$까지 회전하는 동안 금속 고리를 통과하는 자기 선속은 감소한다.

ㄱ. 금속 고리가 $\theta=0$에서 $\theta=90°$까지 회전하는 동안 자기장이 통과하는 면적은 증가하므로 금속 고리를 이루는 면을 통과하는 자기 선속은 $\theta=60°$일 때가 $\theta=30°$일 때보다 크다.

ㄴ. 금속 고리가 $\theta=0$에서 $\theta=90°$까지 회전하는 동안 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 증가하므로 자기 선속을 감소시키는 방향으로 유도 전류가 흐른다. 따라서 $\theta=45°$일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 c → b → a 방향이다.

ㄷ. $\theta=135°$일 때 금속 고리를 통과하는 자기 선속은 감소하므로 유도 전류의 방향은 a → b → c 방향이고, $\theta=225°$일 때 금속 고리를 통과하는 자기 선속은 증가하므로 유도 전류의 방향은 a → b → c 방향이다. 따라서 $\theta=135°$일 때와 $\theta=225°$일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 a → b → c 방향으로 같다.

19 전자기 유도

단위 시간당 X를 통과하는 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ에 의한 자기 선속의 변화량이 클수록 X에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.

⑤ $t=t_0$일 때, X에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이고 세기는 I_0이므로, $t=3t_0$일 때 Ⅰ, Ⅱ에 의해 X에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이고 세기는 $3I_0$이다. 자기장이 통과하는 면적은 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이므로 $t=3t_0$일 때 Ⅲ에 의해 X에 흐르는 유도 전류의 세기는 Ⅰ에 의해 흐르는 유도 전류의 세기의 8배이므로 $8I_0$이고, 방향은 시계 방향이다. 따라서 $t=3t_0$일 때 X에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이고, 세기는 $5I_0$이다.

20 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역에 진입할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흐르고, 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.

ㄱ. 균일한 자기장 영역 Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 세기는 같고, t_2일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_0이므로 자기장의 방향은 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 서로 반대이다.

ㄴ. t_2일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_0이므로 t_3일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 $\frac{1}{2}I_0$이고, t_1일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 I_0이다.

ㄷ. Ⅰ에서 자기장의 방향을 종이면에 수직으로 들어가는 방향이라 하면 Ⅱ에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 t_1일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향을 시계 반대 방향이라 하면 t_3일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향도 시계 반대 방향이므로 t_1일 때와 t_3일 때 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 같다.

수능 3점 테스트

본문 136~144쪽

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

01 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다. 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 앙페르 법칙에 따라 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 도선을 감아쥐는 방향이다.

ㄱ. p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 0이므로 p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기와 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 같고, 방향은 반대이다. 따라서 B와 C에 흐르는 전류의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향으로 서로 같다.

ㄴ. p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 0이므로 p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기와 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 같다. 따라서 $I_B=\frac{7}{4}I_0$이므로 $I_B<2I_0$이다.

ㄷ. r에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기를 B_0이라 하면, r에서 A, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{11}{8}B_0$이다. 따라서 r에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

02 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기 B는 도선에 흐르는 전류의 세기 I에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리 d에 반비례한다. 비례 상수를 k라고 하면 $B=k\frac{I}{d}$이다.

ㄱ. C에 흐르는 전류의 세기를 I_C라 하고 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기장의 방향을 (+)라 할 때, p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 t_1일 때 0이므로

$-k\frac{I}{d}+k\frac{2I}{d}-k\frac{I_C}{3d}=0$이다. 따라서 C의 전류에 의한 자기장

의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이므로 C에는 A와 반대 방향(↑)으로 세기가 $3I$인 전류가 흐른다.

ㄴ. p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 t_2일 때 B_0이므로 $B_0=k\frac{I}{d}+k\frac{2I}{d}+k\frac{3I}{3d}=k\frac{4I}{d}$이다. t_1일 때, q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_q=k\frac{I}{3d}+k\frac{2I}{d}+k\frac{3I}{d}=k\frac{16I}{3d}=\frac{4}{3}B_0$이다.

~~ㄷ~~. q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 t_1일 때와 t_2일 때가 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 같다.

03 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.

④ t_1일 때 p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장이 0이므로 B에 $+y$방향으로 세기가 I_0인 전류가 흐르면 A에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이고, B에 $-y$방향으로 세기가 I_0인 전류가 흐르면 A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다. 따라서 t_1일 때, A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.

t_1일 때 p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장이 0이고, t_1, t_2일 때 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 반대이므로 A, B에 흐르는 전류의 세기와 방향에 따른 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 다음과 같다.

xy평면에 수직으로 들어가는 자기장의 방향: (+)

시간	A	B	C	p	q
t_1	$\downarrow I_A$	$\uparrow I_0$	$\downarrow I_0$	$k\frac{I_A}{d}-k\frac{I_0}{2d}+k\frac{I_0}{4d}=0$ $\therefore I_A=\frac{1}{4}I_0$	$-k\frac{I_A}{2d}+k\frac{I_0}{d}+k\frac{I_0}{d}=k\frac{15I_0}{8d}$
t_2	$\downarrow I_A$	$\uparrow 2I_0$	$\downarrow I_0$		$-k\frac{I_A}{2d}+k\frac{2I_0}{d}+k\frac{I_0}{d}=k\frac{23I_0}{8d}$
t_1	$\uparrow I_A$	$\downarrow I_0$	$\downarrow I_0$	$-k\frac{I_A}{d}+k\frac{I_0}{2d}+k\frac{I_0}{4d}=0$ $\therefore I_A=\frac{3}{4}I_0$	$k\frac{I_A}{2d}-k\frac{I_0}{d}+k\frac{I_0}{d}=k\frac{3I_0}{8d}$
t_2	$\uparrow I_A$	$\downarrow 2I_0$	$\downarrow I_0$		$k\frac{I_A}{2d}-k\frac{2I_0}{d}+k\frac{I_0}{d}=-k\frac{5I_0}{8d}$

따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이고, 세기는 $\frac{3}{4}I_0$이다.

04 직선 도선과 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

④ Ⅰ, Ⅱ에서 I_A의 세기가 $4I$로 같을 때 B_p의 크기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크므로 Ⅰ의 p에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 방향과 A의 전류에 의한 자기장의 방향이 서로 반대이다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ에서 A에 흐르는 전류의 방향은 반대이다. xy평면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 양(+)이라 하고, p에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기를 x, p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기를 B_A라고 하면 $x-B_A=-B_0$, $x+B_A=5B_0$이므로 $x=2B_0$, $B_A=3B_0$이다. 따라서 p에서 C의 전류에 의한 자기장의 세기는 A의 전류에 의한 자기장의 세기의 $\frac{1}{2}$배이므로 $B_C=\frac{3}{2}B_0$이고, B의 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_B=\frac{1}{2}B_0$이므로 $\frac{B_C}{B_B}=\frac{\frac{3}{2}B_0}{\frac{1}{2}B_0}=3$이다.

05 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터 떨어진 거리에 반비례한다.

ㄱ. q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장이 0이므로 A에 흐르는 전류의 방향을 $+y$방향이라 하면 q에서 A, B의 전류에 의한 자기장은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이고, C에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이다. 하지만 p에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이므로 A와 C에 흐르는 전류의 방향은 $-y$방향이다.

ㄴ. q에서 B의 전류에 의한 자기장의 세기를 $B=k\frac{I}{d}$라 하면 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I}{2d}+k\frac{I}{d}-k\frac{I_C}{3d}=0$이므로 $I_C=\frac{9}{2}I$이다.

ㄷ. p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기를 B, xy평면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)라 하면 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 p에서 $B+\frac{1}{2}B-\frac{9}{8}B=\frac{3}{8}B$, r에서 $\frac{1}{4}B-B-\frac{9}{2}B=-\frac{21}{4}B$이므로 $\frac{21}{4}B$이다. 따라서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 r에서가 p에서보다 크다.

06 직선 도선과 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 세기는 원형 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다. 원형 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장의 방향은 앙페르 법칙에 따라 전류가 흐르는 방향으로 오른손의 엄지손가락을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 원형 도선을 감아쥐는 방향이다.

⑤ A와 C에 흐르는 전류의 세기는 같고 p와 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 방향은 같으며, 세기는 q에서가 p에서보다

크다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $-x$방향이고, C에 흐르는 전류의 방향이 $-y$방향이면 p와 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 같으므로 C에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다. p에서 A의 전류에 의한 자기장의 세기를 B라고 하면 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{B}{3}$이고, xy평면에서 수직으로 나오는 방향이므로 D에 흐르는 전류의 세기가 I_0일 때, D의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{B}{3}$이고, D에 흐르는 전류의 방향은 시계 방향이다. r에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B$이고 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이므로, D의 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B$가 되어야 한다. 따라서 D에 흐르는 전류의 세기는 $6I_0$이고, 방향은 시계 반대 방향이다.

07 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장

두 직선 도선에 흐르는 전류의 세기와 방향이 같으면 두 직선 도선에 흐르는 전류에 의한 자기장이 0인 지점은 두 도선 사이의 중앙에 위치한다. 반면 두 직선 도선에 흐르는 전류의 방향이 반대이면 두 직선 도선 사이에 자기장이 0인 지점은 존재하지 않는다.

④ $I_A=2I$일 때 p에서 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, $I_A=0$일 때 p에서 B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $3B_0\left(=k\frac{3I}{2d}\right)$이고 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 A, B, C에 흐르는 전류의 방향은 각각 $+y$방향, $-y$방향, $+y$방향이고, C에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{1}{2}I$이다.

전류의 세기가 I일 때 직선 도선으로부터 떨어진 거리가 d인 지점에서 자기장의 세기가 $2B_0$이므로, xy평면에서 수직으로 나오는 방향을 (+)로 하면 $I_A=2I$일 때 q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장은 $B_q=-k\frac{2I}{4d}+k\frac{I}{3d}-k\frac{I}{2d}=-k\frac{2I}{3d}=-\frac{4}{3}B_0$이다. 따라서 $I_A=2I$일 때, q에서 A, B, C의 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{4}{3}B_0$이다.

08 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

Ⓐ. 강자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 외부 자기장을 제거하여도 자기화된 상태가 오래 유지된다.

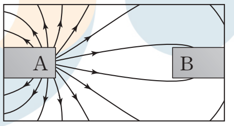
Ⓑ. 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되므로, 자석을 가까이 하면 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다.

Ⓒ. 반자성체는 외부 자기장이 없을 때 물질을 구성하는 각 원자들의 총 자기장이 0이고, 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

09 물질의 자성

자기화된 강자성체를 상자성체에 가까이 가져가면 강자성체와 상자성체 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다. 강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화된다.

⑤ X를 자기화되어 있지 않은 Y에 가져갔더니 X와 Y 사이에 서로 당기는 자기력이 작용하므로 X는 강자성체이고, Y는 상자성체이다. (가)에서 X를 통과하는 자기장의 방향은 오른쪽이므로 A에서 자기장은 나가는 방향이고, Y는 상자성체이므로 B에서 자기장은 들어가는 방향이다.



10 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다.

㉠. 수평면이 A를 떠받치는 힘의 크기는 (나)에서가 (다)에서보다 크므로 A와 B 사이에는 서로 미는 방향의 자기력이 작용하고, A와 C 사이에는 서로 당기는 방향의 자기력이 작용한다. 따라서 A는 강자성체이므로 B는 반자성체, C는 상자성체이다.

㉡. C는 상자성체이므로 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.

㉢. C는 상자성체이므로 (다)에서 A와 C 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

11 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다. 또한 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 오래 유지하지만 상자성체와 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라진다.

㉠. (나)에서 A를 실에 매달고, B를 A에 가까이 하며 A를 관찰했을 때 A는 움직이지 않았으므로 A, B는 각각 상자성체와 반자성체 중 하나이고 C는 강자성체이다. (다)에서 C를 A에 가까이 하며 A를 관찰했을 때 A가 왼쪽으로 움직였으므로 A는 반자성체, B는 상자성체이다.

㉡. C는 강자성체이므로 균일한 자기장에서 꺼낸 C는 자기화되어 있다.

㉢. B는 상자성체이므로 강자성체인 C를 가까이 하면 B는 오른쪽으로 움직인다. 따라서 'B가 오른쪽으로 움직인다.'는 ㉠으로 적절하다.

12 물질의 자성

강자성체와 상자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다. 자석을 가까이 했을 때 반자성체는 미는 방향으로 자기력이 작용하고, 상자성체와 강자성체는 당기는 방향으로 자기력이 작용한다.

~~ㄱ~~. $F_A > F_B > F_C$이므로 A는 반자성체, B는 상자성체, C는 강자성체이다.

ㄴ. B는 상자성체이므로 (나)에서 자석과 B 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용한다.

~~ㄷ~~. (다)에서 C는 강자성체이고, 자석과 강자성체 사이에는 서로 당기는 자기력이 작용하므로 C의 윗면은 S극으로 자기화된다.

13 물질의 자성

강자성체는 외부 자기장의 방향과 같은 방향으로 자기화되고, 반자성체는 외부 자기장의 방향과 반대 방향으로 자기화된다. 또한 강자성체는 외부 자기장을 제거해도 자성을 오래 유지하지만 반자성체는 외부 자기장을 제거하면 자성이 사라진다.

~~ㄱ~~. q에서의 속력은 A가 B보다 크므로 A는 반자성체, B는 강자성체이다.

ㄴ. B는 강자성체이므로 (다)에서 B가 q를 지나는 순간 금속 고리에는 유도 전류가 흐른다.

~~ㄷ~~. 강자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화되므로 B는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기화된다.

14 전자기 유도

금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 렌츠 법칙에 의해 금속 고리를 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이고, 유도 전류의 세기는 패러데이 법칙에 의해 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 크다.

~~ㄱ~~. A를 통과하는 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, A에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이므로 A를 통과하는 자기장의 세기는 증가한다. 따라서 P는 Ⅰ에서 자기장을 시간에 따라 나타낸 것이다.

ㄴ. B를 통과하는 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 자기장의 세기는 감소한다. 따라서 유도 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이므로 t_0일 때 B에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 방향이다.

~~ㄷ~~. A, B를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 B에서가 A에서보다 크므로 t_0일 때 유도 전류의 세기는 B에서가 A에서보다 크다.

15 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역에 진입할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흐르고, 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.

ㄱ. a에 흐르는 유도 전류의 방향은 $+y$방향이 양(+)이고, a가 $2d$까지 운동하는 동안 a에 흐르는 유도 전류의 방향은 $-y$방향이므로 유도 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 Ⅰ에서 자기장의 방향은 xy평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. 유도 전류의 세기는 a가 $x=3d$인 지점을 지날 때가 $x=d$인 지점을 지날 때보다 크므로 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크고, Ⅱ에서 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄷ. a가 $x=3d$인 지점을 지날 때는 Ⅱ를 지나고, a가 $x=5d$인 지점을 지날 때는 a의 맞은편이 Ⅰ을 지나므로 a에 흐르는 유도 전류의 세기는 a가 $x=3d$인 지점을 지날 때가 $x=5d$인 지점을 지날 때보다 크다.

16 전자기 유도

원형 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.

ㄱ. P, Q를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 원형 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크므로 $I \propto \frac{\Delta(BS)}{\Delta t}$의 관계가 성립한다. 자기장이 통과하는 면적은 Q가 P의 2배이므로 $3t_0$일 때 시간에 따른 자기장의 세기 변화량은 P가 Q의 2배이다. 따라서 X는 Ⅰ이다.

ㄴ. $3t_0$일 때 P, Q에 흐르는 유도 전류의 세기는 같고 방향은 반대이다. 따라서 Ⅰ의 방향을 종이면에 수직으로 들어가는 방향이라고 하면 $2t_0$부터 $4t_0$까지 Ⅰ의 자기장 세기가 감소하므로 P에는 시계 방향으로 유도 전류가 흐르고, Ⅱ의 방향을 종이면에 수직으로 들어가는 방향이라고 하면 $2t_0$부터 $4t_0$까지 Ⅱ의 자기장 세기가 증가하므로 Q에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다. 그러므로 $3t_0$일 때 Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 방향은 같다.

~~ㄷ~~. 자기장이 통과하는 면적은 Q가 P의 2배이고, $2t_0$부터 $4t_0$까지 P를 통과하는 자기장의 세기 변화량은 0에서 $2t_0$까지 Q를 통과하는 자기장의 세기 변화량의 2배이다. 따라서 $3t_0$일 때 P에 흐르는 유도 전류의 세기는 t_0일 때 Q에 흐르는 유도 전류의 세기와 같다.

17 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역에 진입할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐르고, 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 유도 전류의 세기가 크다.

~~ㄱ~~. LED에 순방향 전압이 걸리면 LED에는 p형 반도체에서 n형 반도체를 향하는 방향으로 전류가 흐르고, LED에 역방향 전압이 걸리면 LED에는 전류가 흐르지 않는다. t_1일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이어야 한다. 따라서 t_1일 때 LED에서 빛이 방출되므로 A는 n형 반도체이다.
ㄴ. 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 2배이고, t_2일 때는 LED에서 빛이 방출되지 않으므로 Ⅱ에서 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.
~~ㄷ~~. t_3일 때는 금속 고리를 통과하는 자기 선속이 감소하므로 t_1일 때와 같이 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향이어야 한다. 따라서 t_3일 때는 LED에서 빛이 방출된다.

18 전자기 유도

금속 고리가 자기장 영역에 진입할 때 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 금속 고리에 유도 전류가 흐르고, 금속 고리를 통과하는 단위 시간당 자기 선속의 변화량이 클수록 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기가 크다.
~~ㄱ~~. 금속 고리의 중심 p가 $x=0$인 지점을 지날 때와 $x=4$ m인 지점을 지날 때, 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향은 같으므로 Ⅰ에서 자기장의 방향을 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이라고 하면 Ⅱ에서 자기장의 방향도 Ⅰ에서와 같은 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
ㄴ. 자기장의 세기를 B, 자기장이 통과하는 면적을 S라고 하면 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기는 $I \propto B\dfrac{\Delta S}{\Delta t}$이다. p가 $x=0$인 지점을 지날 때와 $x=4$ m인 지점을 지날 때, 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 세기와 방향이 같으려면 자기장의 방향은 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같고, 자기장의 세기는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 4배가 되어야 한다.
~~ㄷ~~. Ⅰ, Ⅱ의 자기장의 방향은 서로 같으므로 금속 고리에 흐르는 유도 전류의 방향은 p가 $x=0$을 지날 때와 $x=8$ m를 지날 때 서로 반대이다.

08 파동의 성질과 활용

수능 2점 테스트

본문 157~162쪽

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

01 파동의 진행

파장이 λ, 진동수가 f, 주기가 T인 파동의 진행 속력 v는 다음과 같다.

$$v=\frac{\lambda}{T}=f\lambda$$

ㄱ. 파동의 진행 속력이 2 cm/s이고 파장이 8 cm이므로, $2=\dfrac{8}{T}$에서 파동의 주기는 $T=4$초이다.
ㄴ. 파동이 $-x$방향으로 진행하므로 $t=0$ 이후 $x=4$ cm에 파동의 골이 마루보다 먼저 도착한다. 따라서 $t=0$일 때 $x=4$ cm에서 매질의 운동 방향은 $-y$방향이다.
~~ㄷ~~. $t=3$초일 때 $x=3$ cm에서 마루가 되므로, y의 크기는 $x=2$ cm에서와 $x=4$ cm에서가 같다.

02 파동의 진행

파동의 진동수가 f, 주기가 T, 파장이 λ이면, 파동의 진행 속력 v는 다음과 같다.

$$v=f\lambda=\frac{\lambda}{T}$$

~~ㄱ~~. $t=0$ 이후 $x=0$에 횡파의 마루가 골보다 먼저 도착한다. 따라서 횡파의 진행 방향은 $-x$방향이다.
ㄴ. $\dfrac{1}{4}T$ 동안 파동이 $2d$만큼 진행한다. 따라서 횡파의 진행 속력은 $v=\dfrac{2d}{\dfrac{1}{4}T}=\dfrac{8d}{T}$이다.
~~ㄷ~~. 파장이 $8d$이므로 $x=d$와 $x=5d$에서 파동의 위상은 반대이다. 따라서 (나)의 $x=d$와 $x=5d$에서 매질의 운동 방향은 반대이다.

03 파동의 진행

진동 중심으로부터 마루와 골까지 거리가 h_0이므로 파동의 진폭은 h_0이다.
ㄱ. $t=0$일 때 P, Q의 높이 차가 $h=2h_0$으로 최대이다. 따라서 ㉠은 $2h_0$이다.

ㄴ. P, Q의 위상이 반대이므로, $h=0$일 때 P, Q의 변위는 모두 0이다.
ㄷ. P가 마루에서 골이 될 때까지 걸리는 시간이 t_0이므로 파동의 주기는 $2t_0$이고, P에서 Q까지 수평 거리가 $3h_0$이므로 파장은 $6h_0$이다. 따라서 파동의 진행 속력은 $\frac{6h_0}{2t_0}=\frac{3h_0}{t_0}$이다.

04 파동의 진행

손을 $+x$방향, $-x$방향으로 흔들어서 발생시킨 파동이 $+x$방향으로 진행한다.
~~ㄱ~~. 이웃한 밀한 지점 사이의 간격이 파장이다. 따라서 파장은 $\frac{1}{2}A$이다.
ㄴ. 파동의 속력은 진동수와 파장을 곱한 값과 같으므로 $f\times\frac{1}{2}A=\frac{1}{2}fA$이다.
ㄷ. 매질이 x방향에 나란하게 진동한다. 따라서 매질이 파동의 진행 방향에 나란하게 진동한다.

05 음파의 진행

공기 분자의 밀한 곳과 소한 곳이 반복적으로 나타나므로, 공기 분자는 음파의 진행 방향에 나란한 방향으로 진동한다.
ㄱ. 매질의 진동 방향이 음파의 진행 방향에 나란하므로 음파는 종파이다.
ㄴ. 이웃한 밀한 곳과 밀한 곳 사이의 간격이 파장이므로, $5\lambda=L$에서 파장은 $\lambda=\frac{1}{5}L$이다.
ㄷ. $v=f\lambda$에서 음파의 진동수는 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{5v}{L}$이다.

06 빛의 굴절

입사각은 입사 광선과 법선이 이루는 각이고, 굴절각은 굴절 광선과 법선이 이루는 각이다.
~~ㄱ~~. p에서 단색광의 입사각은 $90^\circ-\theta_1$이다.
ㄴ. p에서 굴절각이 $90^\circ-\theta_2$이므로 A의 굴절률은 $n_\mathrm{A}=\frac{\sin(90^\circ-\theta_1)}{\sin(90^\circ-\theta_2)}=\frac{\cos\theta_1}{\cos\theta_2}$이다.
~~ㄷ~~. A에서 단색광의 속력은 $v=\frac{c}{n_\mathrm{A}}=\frac{\cos\theta_2}{\cos\theta_1}c$이다.

07 빛의 굴절

원의 반지름을 a, 입사각을 i, 굴절각을 r라고 하면, $\sin i=\frac{x}{a}$, $\sin r=\frac{y}{a}$에서 A의 굴절률 n_A는 다음과 같다.

$$n_\mathrm{A}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{x}{y}$$

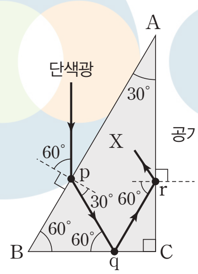
ㄱ. $\frac{3.6}{1.8}=\frac{4.8}{㉠}$에서 ㉠$=2.4$이다.
ㄴ. A의 굴절률은 $\frac{3.6}{1.8}=2$이다.
~~ㄷ~~. A의 굴절률이 진공의 굴절률의 2배이므로, 빛의 속력은 A에서가 진공에서의 $\frac{1}{2}$배이다. 단색광의 속력은 파장에 비례하므로 A에서 단색광의 파장은 $\frac{1}{2}\lambda$이다.

08 굴절과 전반사

광섬유에서 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크다.
~~ㄱ~~. O에서 입사각이 $90^\circ-60^\circ=30^\circ$이다. 그런데 O에서 단색광의 진행 방향이 15°만큼 굴절되므로, 굴절각은 $30^\circ-15^\circ=15^\circ$이다.
ㄴ. 굴절각이 입사각보다 작으므로 굴절률은 B가 A보다 크다. 따라서 단색광의 진행 속력은 A에서가 B에서보다 크다.
~~ㄷ~~. A의 굴절률이 B의 굴절률보다 작으므로 A를 코어로, B를 클래딩으로 하는 광섬유를 만들 수 없다.

09 굴절과 전반사

p, r에서 입사각과 굴절각은 그림과 같다.



ㄱ. p에서 굴절 광선이 법선과 이루는 각이 30°이다. 따라서 p에서 굴절각은 30°이다.
ㄴ. p에서 입사각이 60°이고 굴절각이 30°이므로 X의 굴절률은 $n=\frac{\sin60^\circ}{\sin30^\circ}=\sqrt{3}$이다.
~~ㄷ~~. r에서 입사각이 60°이므로 X와 진공 사이의 임계각은 60°보다 작거나 같다.

10 굴절과 전반사

삼각형 내각의 합이 180°이므로, p에 입사하는 광선과 밑변이 이루는 각을 θ라고 하면, $90^\circ+30^\circ+\theta=180^\circ$에서 $\theta=60^\circ$이다.
ㄱ. p에 입사하는 광선과 밑변이 이루는 각이 60°이므로, p에서 단색광의 입사각은 30°이다.
ㄴ. p에서 입사각이 30°이고 굴절각이 45°이므로 $n\times\sin30^\circ=1\times\sin45^\circ$에서 A의 굴절률은 $n=\sqrt{2}$이다. 따라서 A에서 단색광의 속력은 $\frac{1}{\sqrt{2}}c$이다.

㉢. 진공과 A 사이의 임계각을 i_c라 하면 $\sin i_c = \frac{1}{\sqrt{2}}$에서 $i_c = 45^\circ$이다. 그런데 q에서 입사각이 60°이므로, 단색광은 전반사한다.

11 전반사

빛이 굴절률이 큰 물질에서 굴절률이 작은 물질로 진행할 때, 입사각이 임계각보다 크면 전반사가 일어난다.

~~ㄱ~~. p 또는 q에서 전반사가 일어나므로, 굴절률은 B가 A보다 크다.

~~ㄴ~~. 입사각은 q에서가 p에서보다 크다. 따라서 전반사가 일어나는 점은 q이다.

㉢. 단색광의 속력은 굴절률이 작을수록 크다. 따라서 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 크다.

12 굴절과 전반사

A, B의 굴절률을 각각 n_A, n_B라 하면, $\sin\theta_1 = n_A \sin\theta_2 = n_B \sin\theta_3$이 성립한다.

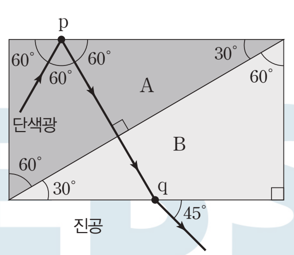
~~ㄱ~~. 굴절이 일어나더라도 진동수는 변하지 않는다. 따라서 A, B에서 단색광의 진동수는 같다.

㉡. p에서 입사각과 θ_3은 엇각으로 같다. 따라서 p에서 입사각은 θ_3이다.

~~ㄷ~~. $n_B \sin\theta_3 = \sin\theta_1$이 성립하므로, 단색광은 p에서 굴절각 θ_1로 굴절한다. 따라서 단색광은 p에서 전반사하지 않는다.

13 전반사와 광섬유

p에 입사하는 단색광과 반사하는 단색광 및 A와 진공의 경계면에 의해 만들어지는 각은 그림과 같다.



㉠. p에 입사하는 단색광과 반사하는 단색광이 이루는 각이 60°이다. 따라서 p에서 단색광의 입사각은 30°이다.

~~ㄴ~~. q에서 입사각은 30°이고 굴절각은 45°이다. 따라서 B의 굴절률은 $n_B = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$이다.

㉢. 단색광이 p에서 전반사하였고 q에서는 전반사하지 않았으므로, 굴절률은 A가 B보다 크다. 따라서 A를 코어로, B를 클래딩으로 하는 광섬유를 만들 수 있다.

14 전반사와 광섬유

광섬유에서 굴절률이 큰 물질은 코어로, 굴절률이 작은 물질은 클래딩으로 사용된다.

~~ㄱ~~. Y에서 X로 진행하면서 빛이 전반사하므로 굴절률은 Y가 X보다 크다. 따라서 X는 A이고, Y는 B이다.

㉡. (가)에서 굴절각이 30°이므로, A와 B 사이의 임계각은 30°보다 크다. 따라서 $\theta > 30^\circ$이다.

㉢. B의 굴절률을 n_B라 하면, $n \sin 45^\circ = n_B \sin 30^\circ$에서 $n_B = \sqrt{2}n$이다.

15 전자기파

진행 방향에 나란하게 진동하는 파동은 종파이고, 진행 방향에 수직으로 진동하는 파동은 횡파이다.

㉠. 전자기파는 전기장과 자기장이 진행 방향에 수직 방향으로 진동하면서 전파하므로 횡파이다.

~~ㄴ~~. (가)로는 '자기장'이 적절하다.

㉢. 진동수는 X선이 마이크로파보다 크다. 따라서 진공에서 파장은 X선이 마이크로파보다 짧다.

16 전자기파

전자기파를 파장이 짧은 순서에서 긴 순서대로 나열하면 '감마선－X선－자외선－가시광선－적외선－마이크로파－라디오파'이다.

㉠. D가 A보다 파장이 길다. 따라서 진동수는 A가 D보다 크다.

~~ㄴ~~. B는 자외선이고, 열화상 카메라에 이용되는 전자기파는 적외선인 C이다.

~~ㄷ~~. 진공에서 모든 전자기파의 속력은 같다.

17 전자기파의 이용

지폐의 형광 물질이 자외선 A를 흡수하면, 눈에 보이는 가시광선 B를 방출하는 원리를 이용한다.

~~ㄱ~~. 의료기구나 식기를 살균하는 데 사용하는 전자기파는 자외선이다. 따라서 A는 맨눈으로 볼 수 없다.

㉡. B를 이용하여 맨눈으로 지폐의 진위를 판별할 수 있다. 따라서 B는 맨눈으로 볼 수 있는 가시광선이다.

~~ㄷ~~. 자외선이 살균 작용이 있다는 것은 세포를 잘 파괴한다는 의미이다. 따라서 A가 B보다 피부에 해롭다.

18 전자기파의 이용

열화상 카메라는 적외선을 분석하여 온도를 알아낸다.

~~ㄱ~~. P는 적외선이다.

~~ㄴ~~. 자외선이 적외선보다 살균 작용이 강하다.

ㄷ. 열화상 카메라는 적외선의 파장에 따른 세기 분포를 이용하여 온도를 측정한다. 그런데 A, B 부분의 온도가 서로 다르므로, A, B에서 방출되는 P의 파장에 따른 세기 분포가 서로 다르다.

19 파동의 간섭

x축상의 $x=0$에서 A의 골까지의 거리와 B의 마루까지의 거리가 같다.

④ $x=0$에서 A, B가 반대 위상으로 중첩하므로 상쇄 간섭이 일어난다. A, B의 파장이 2 cm이므로, $x=0$, ±1, ±2, ±3 cm에서 상쇄 간섭이 일어나서 진폭이 0이고, $x=\pm0.5$, ±1.5, ±2.5 cm에서는 보강 간섭이 일어나 진폭이 2 cm가 된다. 따라서 $x=-3$ cm와 $x=3$ cm 사이에서 진폭이 2 cm인 지점의 개수는 6개이다.

20 소리의 간섭

A에서 발생한 음파와 B에서 발생한 음파가 같은 위상으로 중첩하는 지점에서는 보강 간섭이 일어나고, 반대 위상으로 중첩하는 지점에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄱ. x축상의 $x=0$에서 A, B까지의 거리가 같다. 그런데 A, B에서 음파가 같은 위상으로 발생하므로, $x=0$에서는 보강 간섭이 일어난다.

~~ㄴ~~. p에서 소리의 세기가 최소이므로 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 p에서는 A에서 발생한 음파와 B에서 발생한 음파가 반대 위상으로 중첩한다.

ㄷ. 보강 간섭이 일어나는 지점에서는 큰 소리가, 상쇄 간섭이 일어나는 지점에서는 아주 작은 소리가 측정된다.

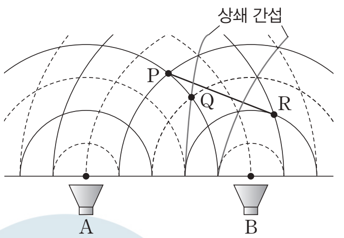
21 소리의 간섭

실선과 실선 또는 점선과 점선이 만나는 지점에서는 A, B에서 발생한 음파의 위상이 같으므로 보강 간섭이 일어나고, 실선과 점선이 만나는 지점에서는 A, B에서 발생한 음파의 위상이 반대이므로 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄱ. P에서는 보강 간섭이, Q에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 소리의 세기는 P에서가 Q에서보다 크다.

~~ㄴ~~. 능동형 소음 제거 헤드폰에서는 상쇄 간섭을 이용한다. 따라서 Q에서 일어나는 간섭을 사용한다.

~~ㄷ~~. 선분 $\overline{PR}$를 지나는 상쇄 간섭이 일어나는 지점을 연결한 선을 그리면 그림과 같다. 따라서 선분 $\overline{PR}$상에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 2개이다.



22 간섭의 이용

무반사 코팅의 바깥 면에서 반사한 빛과 안쪽 면에서 반사한 빛이 상쇄 간섭하여, 반사광의 세기가 거의 0이 된다.

ㄱ. 눈이 또렷하게 보이는 (가)가 무반사 코팅이 되어 있는 렌즈로 만든 안경을 착용한 사람의 모습이다.

ㄴ. (나)에서 눈이 잘 보이지 않는 까닭은 렌즈에서 반사한 빛이 강하기 때문이다. 따라서 빛이 렌즈를 투과하는 비율은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

~~ㄷ~~. 무반사 코팅은 빛의 상쇄 간섭을 이용한다.

23 파동의 간섭

두 파동이 같은 위상으로 중첩하면 보강 간섭이 일어나고, 반대 위상으로 중첩하면 상쇄 간섭이 일어난다.

~~ㄱ~~. p에서 A, B가 항상 같은 위상으로 중첩하므로 항상 보강 간섭이 일어난다.

ㄴ. $t=\frac{1}{2}T$일 때 p에서는 골과 골이 중첩하고, r에서는 마루와 골이 중첩한다. 따라서 수면의 높이는 p에서가 r에서보다 낮다.

~~ㄷ~~. p와 q를 연결한 선분상의 모든 점에서 두 직선 막대까지의 거리가 같다. 따라서 p와 q를 연결한 선분상의 모든 점에서 A, B가 같은 위상으로 중첩하여 보강 간섭이 일어난다.

24 간섭의 이용

소음 제거 헤드폰은 외부에서 들어오는 소리와 반대 파형의 소리를 발생시켜 소음의 세기를 줄인다.

ㄱ. 외부에서 들어오는 소음의 세기를 줄이기 위해 외부 소리와 헤드폰에서 발생한 소리가 상쇄 간섭이 일어나도록 한다. 따라서 소음 제거 헤드폰은 소리의 상쇄 간섭을 이용한다.

ㄴ. 마이크는 소리 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

~~ㄷ~~. 소음 제거 회로를 통해 발생한 음파는 외부 소음과 반대 위상으로 중첩하여 상쇄 간섭을 일으킨다.

수능 3점 테스트

본문 163~174쪽

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

01 파동의 진행

$t=0$ 이후 p에는 마루가 먼저 도달한 후 골이 도달한다.
㉠. $t=0$에서 $t=2t_0$까지 p의 변위가 증가하므로, p는 $+y$방향으로 운동한다. 따라서 파동의 진행 방향은 $-x$방향이다.
㉡. $\frac{1}{2}$파장이 $4x_0-x_0=3x_0$이므로 파장은 $6x_0$이고, $2t_0$이 $\frac{1}{4}$주기이므로 주기는 $T=8t_0$이다. 따라서 파동의 진행 속력은 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{3x_0}{4t_0}$이다.
~~ㄷ~~. $t=2t_0$에서 $t=4t_0$까지 p의 변위가 감소한다. 따라서 $t=3t_0$일 때 p는 $-y$방향으로 운동한다.

02 파동의 진행

파동의 속력은 진동수와 파장을 곱한 값과 같다.
~~ㄱ~~. 매질이 바뀌어도 진동수는 변하지 않는다. 따라서 진동수는 A, B에서 같다.
㉡. 파장이 B에서가 A에서보다 길므로, 파동의 진행 속력은 B에서가 A에서보다 크다.
~~ㄷ~~. $t=0$ 이후 p에 골이 마루보다 먼저 도달한다. 따라서 $t=0$일 때, p는 $-y$방향으로 운동한다.

03 파동의 진행

공기 입자가 x방향에 나란하게 진동하면서 밀한 부분과 소한 부분이 나타난다.
㉠. 매질의 진동 방향이 음파의 진행 방향에 나란하다. 따라서 음파는 종파이다.
~~ㄴ~~. $t=0$일 때 $x=7x_0$에는 마루가 생긴다. 마루를 중심으로 바로 왼쪽과 오른쪽 부분의 변위가 마루와 거의 같으므로, 마루는 밀하거나 소한 부분이 아니다. 밀한 부분은 공기 입자가 모이는 부분이므로, 왼쪽은 변위가 $(+)$이고 오른쪽은 변위가 $(-)$인 $x=x_0$이 밀한 부분의 중심이다.
㉢. 주기가 $T=\frac{1}{f}$이므로 $x=3x_0$에서 $0<t<\frac{1}{2f}$ 동안 Δx가 증가한다. 따라서 $t=\frac{1}{4f}$일 때, $x=3x_0$에서 매질의 운동 방향은 $+x$방향이다.

04 파동의 굴절

입사하는 파동과 굴절하는 파동의 파면과 경계면이 이루는 각은 각각 입사각, 굴절각과 같다.
㉠. 굴절각은 파동의 진행 방향과 법선이 이루는 각이므로, 파면과 경계면이 이루는 각과 같다. 따라서 굴절각은 $30°$이다.
~~ㄴ~~. 입사각이 $45°$이고 굴절각이 $30°$이다. 따라서 B에서 파장을 λ_B라 하면 $\frac{2}{\lambda_B}=\frac{\sin 45°}{\sin 30°}$에서 $\lambda_B=\sqrt{2}$ cm이다.
㉢. 진동수가 4 Hz이므로 B에서 파동의 진행 속력은 $4\sqrt{2}$ cm/s이다.

05 파동의 진행

밀한 지점은 매질이 모이는 지점이므로, 밀한 지점의 왼쪽 매질은 변위가 $+x$방향이고 오른쪽 매질은 변위가 $-x$방향이다.
~~ㄱ~~. 파장이 $\lambda=4x_0$이므로 파동의 진동수는 $f=\frac{v}{\lambda}=\frac{v}{4x_0}$이다.
㉡. $x=2x_0$ 직전에는 변위가 $(+)$이고 직후에는 변위가 $(-)$이다. 따라서 $t=0$일 때 $x=2x_0$은 밀한 지점이다.
~~ㄷ~~. 파동이 $+x$방향으로 진행하며, $t=0$일 때 $3x_0<x<4x_0$에서 $\Delta x<0$이다. 따라서 $t=0$일 때 $x=4x_0$에서 매질의 운동 방향은 $-x$방향이다.

06 파동의 굴절

입사각, 굴절각은 진행 방향과 법선이 이루는 각과 같다.
㉠. $\sin\theta_1=\frac{\overline{AB}}{\overline{AB'}}$이고 $\sin\theta_2=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB'}}$이다.
따라서 $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{\overline{AB}}{\overline{A'B'}}$이다.
㉡. 굴절된 파동의 진행 방향과 경계면이 이루는 각이 θ_2이다. 굴절각은 진행 방향과 법선이 이루는 각이므로 $90°-\theta_2$이다.
~~ㄷ~~. 굴절각이 입사각보다 크므로, 파동의 진행 속력은 Q에서가 P에서보다 크다.

07 빛의 굴절

(가), (나)에서 모두 굴절각이 입사각보다 크다. 따라서 굴절률은 A가 B보다 크다.
㉠. 굴절률이 클수록 단색광의 속력이 작다. 따라서 단색광의 속력은 A에서가 B에서보다 작다.
~~ㄴ~~. $v=f\lambda$에서 단색광의 진동수가 일정하므로 $v\propto\lambda$이다. 따라서 단색광의 파장은 A에서가 B에서보다 짧다.
㉢. A에 대한 B의 상대 굴절률이 $n_{AB}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{\sin\theta_3}{\sin\theta_4}$이므로, $\sin\theta_1\times\sin\theta_4=\sin\theta_2\times\sin\theta_3$이 성립한다.

08 전반사와 광섬유

광섬유에서 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률보다 크다.

㉠. q에서 입사각이 45°이므로 굴절각은 45°보다 크다.

㉡. q에서 굴절각이 입사각보다 크므로, 굴절률은 A가 B보다 크다. 따라서 X에서 A는 코어로, B는 클래딩으로 사용된다.

㉢. A의 굴절률이 B의 굴절률보다 크므로 A와 진공 사이의 임계각이 B와 진공 사이의 임계각보다 작다. r에서 입사각이 45°보다 작은데 단색광이 전반사한다. 따라서 입사각이 45°인 p에서 단색광은 전반사한다.

09 전반사와 임계각

굴절률이 큰 매질에서 작은 매질로 빛이 진행할 때, 입사각이 임계각보다 크면 전반사가 일어난다.

㉠. (가), (나)의 O에서 입사각이 각각 $90°-\theta_1$, $90°-\theta_2$이다. $\theta_1<\theta_2$이므로 O에서 입사각은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

~~ㄴ~~. 진공에서 A로 진행할 때는 전반사가 일어나지 않으며, (가)의 O에서 굴절한 빛이 A의 둥근면에 도달할 때 입사각이 0이므로 전반사가 일어나지 않는다. 따라서 (나), (다) 중에서 입사각이 더 큰 (나)에서 전반사가 일어난다.

㉢. (다)에서 전반사가 일어나지 않으므로, 입사각 $90°-\theta_3$이 임계각보다 작다. 따라서 A와 진공 사이의 임계각은 $90°-\theta_3$보다 크다.

10 굴절과 전반사

입사각은 입사 광선과 법선이 이루는 각이므로, (가), (나)의 O에서 입사각은 각각 $90°-15°=75°$, $90°-45°=45°$이다.

㉠. (가)의 O에서 입사각은 75°이다.

~~ㄴ~~. (가)의 O에서 단색광이 진공에서의 진행 방향에 대해 30° 방향으로 굴절하므로, 굴절각은 $75°-30°=45°$이다. 따라서 A의 굴절률은 $\dfrac{\sin75°}{\sin45°}$이므로, $\sqrt{\dfrac{3}{2}}=\dfrac{\sin60°}{\sin45°}$이 아니다.

~~ㄷ~~. (가)의 A에 입사각 75°로 입사한 단색광이 굴절각 45°로 굴절하므로, (나)의 O에서 입사각 45°로 입사한 단색광은 굴절각 75°로 굴절한다. 따라서 (나)의 O에서 단색광은 전반사하지 않는다.

11 굴절과 전반사

단색광이 A에서 각각 B, C로 진행할 때, 입사각은 i로 같고, 굴절각은 30°로 같다.

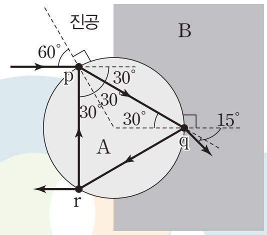
~~ㄱ~~. A에서 각각 B, C로 입사각 i로 입사할 때, B, C에서 굴절각이 같다. 따라서 B와 C의 굴절률은 같다.

㉡. 삼각형의 내각의 합이 180°이므로, p에서 입사각을 θ라 하면 $180°=30°+105°+(90°-\theta)$에서 $\theta=45°$이다.

~~ㄷ~~. q에서 입사각이 30°이므로 임계각보다 작다. 따라서 단색광은 q에서 전반사하지 않는다.

12 전반사와 광섬유

p에 법선을 그리면, p에서 법선과 입사 광선, 굴절 광선 사이의 각은 그림과 같다.



㉠. 진공에서 A의 p로 진행하는 단색광의 입사각이 60°이고 굴절각이 30°이다. 따라서 A의 굴절률은 $n_A=\dfrac{\sin60°}{\sin30°}=\sqrt{3}$이다.

㉡. q에서 입사각이 30°인데 단색광이 전반사하지 않는다. 따라서 A와 B 사이에서 임계각은 30°보다 크다.

~~ㄷ~~. q에서 굴절각이 입사각보다 크므로 굴절률은 A가 B보다 크다. 따라서 A를 클래딩으로, B를 코어로 하는 광섬유는 제작할 수 없다.

13 굴절과 광섬유

빛이 굴절률이 큰 매질에서 굴절률이 작은 매질로 진행할 때, 입사각이 임계각보다 크면 두 매질의 경계면에서 빛이 전반사한다.

~~ㄱ~~. 진공에서 A로 진행할 때 입사각과 굴절각이 각각 60°, 30°이고, B에서 진공으로 진행할 때 입사각과 굴절각이 각각 30°, 45°이므로, A, B의 굴절률을 각각 n_A, n_B라 하면 다음 관계가 성립한다.

$\sin60°=n_A\sin30°$ ⋯ (ⅰ)

$\sin45°=n_B\sin30°$ ⋯ (ⅱ)

(ⅰ), (ⅱ)에서 $n_A>n_B$이므로 X는 B이고, Y는 A이다.

㉡. A의 굴절률은 $n_A=\dfrac{\sin60°}{\sin30°}=\sqrt{3}$이다.

~~ㄷ~~. (나)에서 입사각 i는 임계각보다 크거나 같다. 따라서 A와 B 사이의 임계각은 i보다 작거나 같다.

14 굴절과 전반사

진공에서 매질로 단색광이 진행할 때 입사각이 i이고 굴절각이 r이면, 매질의 굴절률은 $\dfrac{\sin i}{\sin r}$이다.

㉠. Y의 굴절률은 $\dfrac{\sin\theta_0}{\sin(90°-\theta)}=\dfrac{\sin\theta_0}{\cos\theta}$이다.

~~ㄴ~~. θ가 X와 Y 사이의 임계각이므로, 굴절률은 Y가 X보다 크다. 그런데 진공에서 매질로 입사각 θ_0으로 입사할 때, 굴절각은 (나)에서가 (가)에서보다 작으므로 굴절률은 Z가 Y보다 크다. 따라서 굴절률은 Z가 X보다 크다.

ⓒ. Z의 굴절률이 Y의 굴절률보다 크므로 X와 Z 사이의 임계각은 X와 Y 사이의 임계각 θ보다 작다. 그런데 q에서 입사각이 1.2θ이므로, 단색광은 전반사한다.

15 전자기파

전자기파의 진행 방향을 $+x$방향이라 하면, 전기장은 y축에 나란한 방향으로 진동하고 자기장은 z축에 나란한 방향으로 진동한다.

ⓐ. 전자기파는 전기장과 자기장이 진동하면서 전파되는 파동이다. 따라서 ㉠은 전기장이다.

~~ⓑ~~. 전기장과 자기장이 진행 방향에 수직으로 진동한다. 따라서 ㉡으로는 '횡파'가 적절하다.

~~ⓒ~~. 전기장과 자기장은 서로 수직 방향으로 진동한다. 따라서 ㉢으로는 '수직'이 적절하다.

16 전자기파

전자기파는 전기장과 자기장의 진동이 공간으로 퍼져 나가는 파동이다.

ⓐ. 전기장과 자기장이 진행 방향에 수직 방향으로 진동한다. 따라서 전자기파는 횡파이다.

ⓑ. 자기장의 진동 방향은 진행 방향과 전기장의 진동 방향에 수직이다. 따라서 자기장의 진동 방향은 y축에 나란하다.

~~ⓒ~~. 전기장의 세기가 최대인 순간 자기장의 세기도 최대이다.

17 전자기파의 분류와 이용

전자기파는 파장에 따라 감마선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파로 분류할 수 있다.

ⓐ. ㉠은 감마선으로 투과력이 매우 강해 비파괴 검사 등에 이용된다. 따라서 ㉠은 ㉢보다 투과력이 강하다.

ⓑ. 파장이 길수록 진동수가 작다. 따라서 ㉢은 ㉡보다 진동수가 작다.

~~ⓒ~~. ㉢은 전자레인지, 와이파이, 블루투스 등에 이용되는 마이크로파이다. 살균 작용이 강해 식기 소독기에 이용되는 전자기파는 자외선이다.

18 전자기파의 이용

전자기파는 파동이므로 회절을 일으키며, 회절은 파동의 파장이 길수록 잘 일어난다.

ⓐ. A는 라디오 방송에 이용되는 전파이다.

~~ⓑ~~. 인체의 뼈 사진 촬영이나 공항의 수하물 검사에 이용하는 전자기파는 X선이다. 따라서 (나)에 이용된 전자기파는 C이다.

ⓒ. 진공에서 파장은 진동수가 작을수록 길다. 따라서 진공에서 파장은 B가 D보다 길다.

19 빛의 간섭

날개 표면의 미세 구조에 의해 상쇄 간섭을 일으키는 색의 빛은 눈에 보이지 않고, 보강 간섭을 일으키는 색의 빛은 눈에 잘 보인다.

~~ⓐ~~. 모르포 나비가 푸른색으로 보이므로, 모르포 나비 날개에서 반사되는 푸른색 빛은 보강 간섭을 일으킨다.

~~ⓑ~~. 모르포 나비의 푸른색은 색소 때문이 아니라 빛의 간섭 때문이다. 따라서 모르포 나비 날개에서 푸른색 색소를 추출할 수 없다.

ⓒ. 간섭은 빛의 파동성으로 설명할 수 있다.

20 소리의 간섭

A, B에서 발생한 소리가 보강 간섭을 하는 지점에서는 소리의 세기가 최대가 되고, 상쇄 간섭을 하는 지점에서는 소리의 세기가 최소가 된다.

ⓐ. 소리의 세기가 최대가 되는 지점 사이의 간격은 소리의 파장이 길수록 크다. 파장이 길수록 진동수가 작으므로 $f_1>f_2$이다.

ⓑ. (나)에서 $L=L_0$에서 소리의 세기가 최대이므로 보강 간섭이 일어난다.

~~ⓒ~~. (다)에서 $y=y_0$인 직선상의 $x=0$, $x=1.2L_0$인 지점에서 보강 간섭이 일어난다. 따라서 $0<x<1.2L_0$에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 1곳 있다.

21 빛의 간섭

S_1을 통과한 빛과 S_2를 통과한 빛의 간섭에 의해 스크린에 밝고 어두운 무늬가 생긴다.

ⓐ. 밝은 무늬의 중심에서는 보강 간섭이 일어난다. 따라서 O에서 보강 간섭이 일어난다.

~~ⓑ~~. P에서도 보강 간섭이 일어난다. 따라서 S_1과 S_2를 통과한 빛은 P에서 같은 위상으로 중첩한다.

ⓒ. 밝은 무늬와 밝은 무늬 사이에 상쇄 간섭이 일어나는 지점이 있다. 따라서 P와 Q를 연결한 선분 상에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 3개이다.

22 물결파의 간섭

보강 간섭이 일어나는 지점은 진폭이 크므로 밝은 무늬와 어두운 무늬가 번갈아 나타나고, 상쇄 간섭이 일어나는 지점은 진폭이 거의 0이 되어 뿌옇게 보인다.

ⓐ. P에서는 보강 간섭이 일어나고 Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 따라서 물결파의 진폭은 P에서가 Q에서보다 크다.

~~ⓑ~~. Q에서는 상쇄 간섭이 일어나므로 S_1에서 발생한 물결파와 S_2에서 발생한 물결파가 반대 위상으로 중첩한다.

~~ⓒ~~. P에서는 두 물결파가 항상 같은 위상으로 중첩한다. $t=\frac{1}{2}T$일 때에도 보강 간섭이 일어난다.

23 물결파의 간섭

S_1과 S_2 사이의 거리는 $\frac{3}{2}\lambda$와 같다.

ㄱ. $\frac{3}{2}\lambda=2x_0$에서 각 파동의 파장은 $\lambda=\frac{4}{3}x_0$이다.

ㄴ. x축상의 $x=0$, $x=\pm\frac{1}{2}\lambda=\pm\frac{2}{3}x_0$에서 보강 간섭이 일어난다. 따라서 x축상의 $-x_0\leq x\leq x_0$에서 보강 간섭이 일어나는 지점의 개수는 3개이다.

ㄷ. 파동은 1주기 동안 1파장만큼 진행하므로, $t=0$부터 $t=\frac{1}{4}T$까지 각 파동은 $\frac{1}{4}\lambda$씩 진행하여 $t=\frac{1}{4}T$일 때 x축상의 $x=0$에서 마루와 마루가 중첩한다. x축상의 $x=\frac{1}{3}x_0$에서는 상쇄 간섭이 일어나므로, $t=\frac{1}{4}T$일 때 x축상에서 합성파의 변위의 크기는 $x=0$에서가 $x=\frac{1}{3}x_0$에서보다 크다.

24 빛의 간섭

두 슬릿을 통과한 빛이 간섭하여 스크린에 밝고 어두운 무늬가 만들어진다.

ㄱ. $x=0$에서 빛의 세기가 최대이다. 따라서 보강 간섭이 일어난다.

~~ㄴ~~. $x=l$에서 빛의 세기가 최대이므로 보강 간섭이 일어난다. 따라서 두 슬릿을 통과한 빛이 같은 위상으로 중첩한다.

ㄷ. $-2l\leq x\leq 2l$에서 빛의 세기가 최소인 지점의 개수가 4개이다. 따라서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 개수는 4개이다.

09 빛과 물질의 이중성

수능 2점 테스트

본문 183~186쪽

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

01 빛의 이중성

빛은 굴절, 간섭, 회절 등과 같은 파동성을 가지는 동시에 광전 효과와 같은 입자성을 가진다. 이를 빛의 이중성이라 한다.

① 기름막에서 빛의 간섭에 의해 다양한 무늬가 보이는 현상은 빛의 파동성으로 설명할 수 있고, 광 다이오드에 빛을 비추었을 때 광전 효과에 의해 전자와 양공의 쌍이 생성되는 현상은 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

02 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출된다.

④ (가)에서 P에 A, B를 각각 비추었을 때 각각 광전자가 방출되었으므로 $f_A>f_P$, $f_B>f_P$이다. 또한 (나)에서 Q에 A를 비추었을 때는 광전자가 방출되지 않고, B를 비추었을 때 광전자가 방출되었으므로 $f_B>f_Q>f_A$이다. 따라서 $f_B>f_Q>f_A>f_P$이다.

03 광전 효과

광전 효과에 의해 검전기의 금속판에서 광전자가 방출되면 금속박이 벌어진다. 이러한 광전 효과는 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

ㄱ. P를 A에 비추는 순간 검전기의 금속박이 벌어졌으므로 A에서 광전자가 방출된다.

ㄴ. 광전자가 방출되었으므로 P의 진동수는 A의 문턱 진동수보다 크다.

ㄷ. 광전 효과에 의해 검전기에서 일어나는 현상은 빛의 입자성으로 설명할 수 있다.

04 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 크고, 광전자가 방출될 때 단색광의 세기와 방출되는 광전자의 수는 비례한다.

② 금속판에 비추는 단색광의 진동수가 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 $E_A=E_B$이다. 또한 광전자가 방출될 때 단색광의 세기와 방출되는 광전자의 수는 비례하므로 $I_A>I_B$이다.

05 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출되어 운동 에너지를 갖는다.

ㄱ. 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 클 때 광전자가 방출되어 운동 에너지를 가지므로 금속판의 문턱 진동수는 f_0이다.

~~ㄴ~~. 금속판의 문턱 진동수는 f_0이므로 단색광의 진동수가 $\frac{1}{2}f_0$일 때 광전자는 방출되지 않는다.

ㄷ. 금속판의 문턱 진동수는 f_0이므로 단색광의 진동수가 $2f_0$일 때 단색광의 세기를 증가시키면 단위 시간당 방출되는 광전자의 수가 증가한다.

06 광전 효과의 이용

도난 경보기는 광전 효과에 의해 발생하는 광전류를 이용하는 장치이다.

ㄱ. 도난 경보기는 코일에 흐르는 광전류에 의한 자기장을 이용하므로 광전 효과를 이용한 장치이다.

~~ㄴ~~. 광전류가 발생하므로 광전관에 비추는 빛의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크다.

~~ㄷ~~. 광전관에 비추는 빛의 세기가 클수록 광전류의 세기가 크므로 전자석의 세기는 크다.

07 전하 결합 소자(CCD)

전하 결합 소자의 광 다이오드에서는 광전 효과를 이용하여 빛 신호를 전기 신호로 변환한다.

~~ㄱ~~. 광 다이오드는 광전 효과에 의해 영상이 기록되므로 빛의 입자성을 이용한다.

ㄴ. 광 다이오드에서는 광전 효과에 의해 빛 신호가 전기 신호로 변환된다.

~~ㄷ~~. 광 다이오드에 도달하는 빛의 세기가 클수록 광 다이오드의 p-n 접합면에서 발생하는 전자의 수도 증가하므로 광 다이오드와 연결된 회로에 흐르는 전류의 세기는 크다.

08 물질의 이중성

전자선의 간섭무늬로부터 물질은 입자성뿐만 아니라 파동성도 가진다는 것을 알 수 있다. 물질이 파동성을 나타낼 때 가지는 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다.

ㄱ. 밝은 무늬가 나타나는 곳은 보강 간섭이 일어나고, 어두운 무늬가 나타나는 곳은 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄴ. 전자선의 간섭무늬로부터 물질은 파동성을 가진다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$이다.

09 물질의 이중성

니켈 결정에 가속된 전자를 입사시키면 특정한 각도에서만 전자가 많이 검출된다. 이는 전자가 파동성을 지니고 보강 간섭한 것으로 해석할 수 있다. 또한 전자가 파동성을 나타낼 때 가지는 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$ (h: 플랑크 상수, p: 운동량의 크기, m: 전자의 질량, v: 전자의 속력)이다.

A. $\theta=50^\circ$에서 전자가 가장 많이 검출된 것은 전자가 보강 간섭하였기 때문이다.

B. 전자가 보강 간섭하는 것은 전자가 파동성을 가지기 때문이다.

~~C~~. 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 전자의 속력이 클수록 물질파 파장은 짧다.

10 물질파 파장

입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

② 속력은 B가 A의 2배이고 물질파 파장은 A가 B의 2배이므로 A의 질량을 m이라 하면 B의 질량도 m이다. 또한 속력은 B가 C의 2배이고 물질파 파장은 B와 C가 같으므로 C의 질량은 $2m$이다. 따라서 $E_A : E_B : E_C=\frac{1}{2}mv_0^2 : \frac{1}{2}m(2v_0)^2 : \frac{1}{2}(2m)v_0^2=1 : 4 : 2$이다.

11 물질파 파장

입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v라 할 때 입자의 운동 에너지는 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}$이고, 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

ㄱ. 물질파 파장이 B가 A의 2배이므로 운동량의 크기는 A가 B의 2배이다.

~~ㄴ~~. 질량은 B가 A의 2배이고 운동량의 크기는 A가 B의 2배이므로 속력은 A가 B의 4배이다.

~~ㄷ~~. 질량은 B가 A의 2배이고 운동량의 크기는 A가 B의 2배이므로 운동 에너지는 A가 B의 8배이다.

12 물질파 파장

입자의 물질파 파장이 같으면 입자의 운동량의 크기는 같다. 입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

ㄱ. A, B의 물질파 파장이 같으면 A, B의 운동량의 크기는 같다. 질량은 A가 B의 3배이므로 속력은 B가 A의 3배이다.
ㄴ. A, B의 물질파 파장이 같고 질량은 A가 B의 3배이므로 운동 에너지는 B가 A의 3배이다. 따라서 ㉠은 $3E_0$이다.
~~ㄷ~~. A, B의 운동 에너지가 ㉠($3E_0$)으로 같을 때, 질량은 A가 B의 3배이므로 A의 물질파 파장은 $\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda_0$이다.

13 광학 현미경과 전자 현미경

광학 현미경은 가시광선과 유리로 만들어진 렌즈를 사용하고 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파와 자기렌즈를 사용한다.
ㄱ. 전자 현미경은 전자의 물질파 파장을 사용하므로 '물질파 파장'은 ㉠으로 적절하다.
ㄴ. 전자 현미경의 전자총에서 방출되는 전자의 속력이 클수록 전자의 운동량의 크기가 크므로 전자의 물질파 파장은 짧다.
ㄷ. 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파 파장을 사용하므로 광학 현미경보다 분해능이 좋다.

14 전자 현미경

전자 현미경의 전자총에서 가속 전압 V가 클수록 슬릿을 통과하는 전자의 속력은 크다. 전자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.
ㄱ. V가 클수록 슬릿을 통과하는 전자의 속력이 크므로 전자의 운동량의 크기는 크다.
ㄴ. V가 클수록 슬릿을 통과하는 전자의 속력이 크므로 전자의 운동 에너지는 크다.
~~ㄷ~~. V가 클수록 슬릿을 통과하는 전자의 운동량의 크기가 크므로 전자의 물질파 파장은 짧다.

15 주사 전자 현미경(SEM)

주사 전자 현미경은 전자선이 시료의 표면에 쪼여지므로 시료 표면의 입체적 구조를 관찰할 수 있다. 또한 전자의 물질파 파장이 짧을수록 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.
④ 제시된 전자 현미경은 물질의 파동성을 이용하여 시료 표면의 입체 구조를 관찰할 수 있으므로 주사 전자 현미경이다. 또한 전자의 속력이 클수록 전자의 물질파 파장이 짧으므로 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

16 투과 전자 현미경(TEM)

투과 전자 현미경은 광학 현미경에서 사용하는 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파를 사용하므로 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.
~~ㄱ~~. 투과 전자 현미경은 광학 현미경에서 사용하는 전자기파인 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파를 사용한다.
ㄴ. 투과 전자 현미경의 자기렌즈는 자기장을 이용하여 전자의 진행 경로를 휘게 하여 전자들을 모으는 역할을 한다.
ㄷ. 투과 전자 현미경은 전자선이 얇은 시료를 투과하므로 시료 내부의 평면 구조를 관찰할 수 있다.

수능 3점 테스트

본문 187~192쪽

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

01 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 크다. 입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이므로, 광전자의 최대 운동 에너지가 클수록 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 작다.
ㄱ. A를 P에 비추었을 때 광전자가 방출되었고 A를 Q에 비추었을 때 광전자가 방출되지 않았으므로 문턱 진동수는 P가 Q보다 작다.
ㄴ. 광양자설에 의하면 문턱 진동수보다 작은 진동수를 갖는 단색광은 비추는 시간에 관계없이 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 A를 Q에 오랫동안 비추어도 Q에서는 광전자가 방출되지 않는다.
~~ㄷ~~. P에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 A를 비추었을 때가 B를 비추었을 때보다 작다. $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이므로 P에서 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 A를 비추었을 때가 B를 비추었을 때보다 크다.

02 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출되고, 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 작으면 단색광의 세기를 증가시켜도 광전자는 방출되지 않는다.

ㄱ. (가)의 결과 금속박은 움직이지 않았으므로 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 A의 세기를 증가시켜도 금속박은 움직이지 않는다.
ㄴ. 금속판에 A를 비추었을 때 금속박이 움직이지 않았으므로 광전자가 방출되지 않았고 금속판에 B를 비추었을 때 금속박이 벌어졌으므로 광전자가 방출된다. 따라서 단색광의 진동수는 A가 B보다 작다.
ㄷ. (다)의 결과 광전자가 방출되었으므로 금속박은 양(+)전하로 대전된다.

03 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출되고, 광전자가 방출될 때 단색광의 세기와 단위 시간당 방출되는 광전자의 수는 비례한다.
ㄱ. 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 클 때 광전자가 방출되어 운동 에너지를 갖는다. 따라서 P, Q의 문턱 진동수는 각각 f_0, $3f_0$이므로 문턱 진동수는 P가 Q보다 작다.
ㄴ. Q의 문턱 진동수는 $3f_0$이고 A의 진동수는 $4f_0$이므로 Q에 A를 비추면 광전자가 방출된다.
ㄷ. P의 문턱 진동수는 f_0이고 B의 진동수는 $2f_0$이므로 B의 세기를 I_0으로 감소시켜 P에 비추면 단위 시간당 방출되는 광전자의 수만 감소한다.

04 광전 효과

금속판에 비추는 단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출되고, 금속판에 비추는 단색광의 진동수가 클수록 방출되는 광전자의 운동량 크기의 최댓값도 크다. 또한 광전자의 운동량 크기의 최댓값이 클수록 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 작다.
ㄱ. P에 A, C를 비추었을 때 광전자가 방출되고 B를 비추었을 때 광전자가 방출되지 않는다. 또한 방출되는 광전자의 운동량 크기의 최댓값이 A를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크므로 $f_A>f_C>f_0>f_B$이다.
ㄴ. P에 B를 비추었을 때 광전자가 방출되지 않으므로 B의 진동수는 P의 문턱 진동수보다 작다. 따라서 B의 세기를 증가시켜 P에 비추어도 광전자는 방출되지 않는다.
ㄷ. P에서 방출되는 광전자의 운동량 크기의 최댓값이 A를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 크므로 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 A를 비추었을 때가 C를 비추었을 때보다 작다.

05 전하 결합 소자(CCD)

전하 결합 소자(CCD)는 빛을 전기 신호로 바꾸어 영상을 기록하는 장치로 색 필터를 통과하는 빛의 세기가 클수록 광 다이오드의 p-n 접합면에서 발생하여 n형 반도체 쪽으로 이동하는 전자의 수도 많다.
ㄱ. 광 다이오드의 p-n 접합면에서 생성된 ⓐ가 n형 반도체 쪽으로 이동하고, 저항에는 화살표 방향으로 전류가 흐르므로 ⓐ는 전자이다.
ㄴ. 색 필터가 초록색일 때 저항에는 전류가 흐르지 않으므로 광 다이오드의 p-n 접합면에서는 전자가 발생하지 않는다. 따라서 초록색 필터를 통과하는 빛은 없으므로 색 필터에 비추는 빛에는 초록색 빛이 포함되어 있지 않다.
ㄷ. 색 필터를 통과하는 빛의 세기가 클수록 광 다이오드의 p-n 접합면에서 발생하여 n형 반도체 쪽으로 이동하는 전자의 수도 많다. 따라서 파란색 필터를 통과하는 빛의 세기가 커지면 저항에 흐르는 전류의 세기는 I_0보다 커진다.

06 알짜힘이 한 일과 물질파 파장

알짜힘이 입자에 한 일은 입자의 운동 에너지의 변화량과 같다. 입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.
④ 힘-거리 그래프 아래의 면적은 알짜힘이 입자에 한 일이므로 입자의 운동 에너지의 변화량과 같다. $x=d$에서 입자의 운동 에너지를 E_0이라 하면, $x=2d$에서 입자의 운동 에너지는 $4E_0$이고, $x=3d$에서 입자의 운동 에너지는 $9E_0$이다. $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$이므로 $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3=\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}=6 : 3 : 2$이다.

07 물질파 파장

입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$ (h: 플랑크 상수)이다.
ㄱ. A, B의 속력은 같고, 질량이 B가 A의 2배이므로 운동량의 크기는 B가 A의 2배이다.
ㄴ. A, B의 속력이 같을 때 운동량의 크기는 B가 A의 2배이므로 물질파 파장은 A가 B의 2배이다. 따라서 X는 A이고, Y는 B이다.
ㄷ. B, C의 물질파 파장이 같으므로 B, C의 운동량의 크기는 같다. 속력이 C가 B의 2배이므로 질량은 B가 C의 2배이다. 따라서 $M=m$이다.

08 충격량과 물질파 파장

힘의 크기-시간 그래프에서 그래프 아래의 면적은 충격량의 크기이고, 물체가 받은 충격량의 크기는 물체의 운동량 변화량의 크기와 같다. 입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

㉠. A가 받은 충격량의 크기는 A의 운동량의 변화량의 크기와 같으므로 t_1일 때 A의 운동량의 크기를 p_0이라 하면 t_2일 때 A의 운동량의 크기는 $4p_0$이다. 따라서 운동량의 크기는 t_2일 때가 t_1일 때의 4배이다.

~~ㄴ~~. $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}$에서 운동 에너지는 운동량의 크기의 제곱에 비례하므로 운동 에너지는 t_2일 때가 t_1일 때의 16배이다.

㉢. 운동량의 크기는 t_2일 때가 t_1일 때의 4배이므로 물질파 파장은 t_1일 때가 t_2일 때의 4배이다.

09 등가속도 운동과 물질파 파장

입자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v라 하면 입자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$ (h: 플랑크 상수)이다.

④ 입자의 가속도를 a, Q와 R에서 입자의 속력을 각각 v_Q, v_R라 하면, $2aL=v_Q{}^2-0$, $2a(2L)=v_R{}^2-v_Q{}^2$이 성립하므로 $v_R=\sqrt{3}v_Q$이다. 또한 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}$에서 입자의 물질파 파장은 입자의 속력에 반비례하므로 $\lambda_Q:\lambda_R=\frac{1}{v_Q}:\frac{1}{v_R}=\sqrt{3}:1$이다.

10 주사 전자 현미경(SEM)

전자의 운동량의 크기를 p, 질량을 m, 속력을 v, 운동 에너지를 E_k라 하면 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이고, 전자의 물질파 파장이 짧을수록 분해능이 좋다.

㉠. 주사 전자 현미경은 전자의 파동성을 이용한다.

~~ㄴ~~. 주사 전자 현미경에서 사용하는 전자의 물질파 파장이 (가)의 영상을 얻을 때가 (나)의 영상을 얻을 때의 2배이므로 전자의 운동 에너지는 (가)의 영상을 얻을 때가 (나)의 영상을 얻을 때의 $\frac{1}{4}$배이다.

~~ㄷ~~. 전자의 물질파 파장이 짧을수록 주사 전자 현미경의 분해능은 좋다. 따라서 분해능은 (나)의 영상을 얻을 때가 (가)의 영상을 얻을 때보다 좋다.

11 광학 현미경과 투과 전자 현미경(TEM)

투과 전자 현미경은 광학 현미경에서 사용하는 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파를 사용하므로 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

㉠. 투과 전자 현미경은 전자총에서 전자를 가속시키므로 광학 현미경에서 사용하는 가시광선보다 파장이 더 짧은 물질파를 사용한다.

㉡. 전자의 질량을 m, 속력을 v라 하면 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{mv}$ (h: 플랑크 상수)이므로 ㉠은 $2\lambda_0$이다.

~~ㄷ~~. 전자의 물질파 파장이 짧을수록 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있으므로 Q를 이용할 때가 P를 이용할 때보다 더 작은 구조를 구분하여 관찰할 수 있다.

12 투과 전자 현미경(TEM)과 주사 전자 현미경(SEM)

투과 전자 현미경은 전자선이 얇은 시료를 투과하므로 시료의 평면 구조를 관찰할 수 있고, 주사 전자 현미경은 전자선이 시료의 표면에 쪼여지므로 시료 표면의 입체적 구조를 관찰할 수 있다. 또한 가속 전압이 클수록 전자의 물질파 파장이 짧다.

㉠. A는 시료 표면의 입체 구조를 관찰할 수 있으므로 주사 전자 현미경이다.

㉡. B는 투과 전자 현미경이므로 '시료 내부의 평면 구조 관찰'은 ㉠으로 적절하다.

㉢. $V_1<V_2$이므로 전자 현미경에서 사용하는 물질파 파장은 A가 B보다 길다.

01 힘과 운동

수능 2점 테스트
본문 13~18쪽

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

수능 3점 테스트
본문 19~28쪽

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

02 운동량과 충격량

수능 2점 테스트
본문 35~37쪽

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

수능 3점 테스트
본문 38~42쪽

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

03 역학적 에너지 보존

수능 2점 테스트
본문 51~53쪽

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

수능 3점 테스트
본문 54~57쪽

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

04 열역학 법칙

수능 2점 테스트
본문 68~69쪽

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

수능 3점 테스트
본문 70~73쪽

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

05 시간과 공간

수능 2점 테스트
본문 82~84쪽

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

수능 3점 테스트
본문 85~90쪽

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

06 물질의 전기적 특성

수능 2점 테스트
본문 104~108쪽

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

수능 3점 테스트
본문 109~117쪽

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

07 물질의 자기적 특성

수능 2점 테스트
본문 131~135쪽

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

수능 3점 테스트
본문 136~144쪽

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

08 파동의 성질과 활용

수능 2점 테스트
본문 157~162쪽

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

수능 3점 테스트
본문 163~174쪽

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

09 빛과 물질의 이중성

수능 2점 테스트
본문 183~186쪽

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

수능 3점 테스트
본문 187~192쪽

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