수능특강

과학탐구영역 | **물리학Ⅱ**

정답과 해설

01 힘과 평형

수능 2점 테스트

본문 8~9쪽

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

01 힘의 합성

xy 평면상의 힘 $\vec{F}$의 x, y성분을 각각 F_x, F_y라 할 때, $\vec{F}$의 크기는 $\sqrt{F_x^2+F_y^2}$이다.

④ $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$의 x, y성분은 다음과 같다.

힘	x성분	y성분
$\vec{F_1}$	2 N	0
$\vec{F_2}$	1 N	$\sqrt{3}$ N

따라서

$\vec{F_1}+\vec{F_2}$의 크기는 $\sqrt{(3\text{ N})^2+(\sqrt{3}\text{ N})^2}=2\sqrt{3}$ N이고,

$\vec{F_1}-\vec{F_2}$의 크기는 $\sqrt{(1\text{ N})^2+(-\sqrt{3}\text{ N})^2}=2$ N이다.

02 힘의 합성과 분해

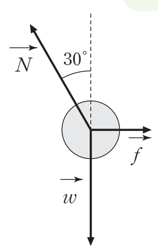
수평면에 놓인 물체에 수평면과 θ의 각을 이루며 작용하는 크기가 F인 힘을 수평 방향과 연직 방향으로 분해하면 각각 $F\cos\theta$, $F\sin\theta$이다.

ㄱ. 물체는 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

~~ㄴ~~. 물체에 작용하는 알짜힘의 수평 성분이 0이므로 $F_2\cos45^\circ=F_1$이고, $F_2=\sqrt{2}F_1$이다.

~~ㄷ~~. 물체에 작용하는 알짜힘의 연직 성분이 0이므로 수평면이 물체를 받치는 힘의 크기를 N, 물체에 작용하는 중력의 크기를 w라 할 때, $N+F_2\sin45^\circ=w$이다. 따라서 수평면이 물체를 받치는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기보다 작다.

03 힘의 평형



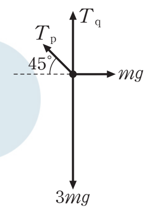
벽이 물체에 작용하는 힘을 $\vec{f}$, 빗면이 물체에 작용하는 힘을 $\vec{N}$, 물체에 작용하는 중력을 $\vec{w}$라 할 때, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 $\vec{f}+\vec{N}+\vec{w}=0$이다.

ㄱ. $\vec{f}+\vec{N}=-\vec{w}$이므로 벽과 빗면이 물체에 작용하는 힘의 합력의 방향은 연직 위 방향이다.

~~ㄴ~~. $N\cos30^\circ=mg$이므로 $N=\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$이다. 따라서 빗면이 물체에 작용하는 힘의 크기는 mg보다 크다.

~~ㄷ~~. $f=N\sin30^\circ$이므로 $f=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$이다.

04 힘의 평형



물체는 정지해 있으므로 p, q가 물체를 당기는 힘, 물체에 작용하는 중력, 수평 방향으로 크기가 mg인 힘의 합력은 0이다.

④ p, q가 물체를 당기는 힘의 크기를 각각 T_p, T_q라 할 때, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이므로 수평 방향으로 $T_p\cos45^\circ=mg$ ⋯ (1)이고, 연직 방향으로 $T_p\sin45^\circ+T_q=3mg$ ⋯ (2)이다. (1)에서 $T_p=\sqrt{2}mg$이므로 $T_q=2mg$이다.

05 돌림힘의 평형

(가)에서 물체에 연직 방향으로 작용하는 힘이 제거된 후 물체가 시계 반대 방향으로 회전하여 정지했으므로 (가)에서 손이 연직 아래 방향으로 힘을 작용하고 있다.

ㄱ. (가)에서 물체는 평형을 유지하며 정지해 있으므로 물체에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.

ㄴ. 물체를 실에 매달면 물체의 무게중심은 실의 연장선에 있으므로, 물체의 무게중심은 p이다.

ㄷ. (가)에서 '실이 물체를 당기는 힘의 크기=물체에 작용하는 중력의 크기+손이 물체에 연직 아래 방향으로 작용하는 힘의 크기'이다. 따라서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 물체에 작용하는 중력의 크기보다 크다.

06 돌림힘의 평형

받침대가 막대를 받치는 힘의 크기=실이 막대를 당기는 힘의 크기+막대에 작용하는 중력의 크기+물체에 작용하는 중력의 크기이다. 또한, (가)에서 실이 막대를 당기는 힘의 크기를 $4T$라 하면, (나)에서 실이 막대를 당기는 힘의 크기는 $5T$이다.

② (가), (나)에서 막대는 수평으로 평형을 유지하고 있으므로 막대에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다. 막대의 질량을 M이라 하고, 받침대가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, (가)에서는 $4T\times2L=Mg\times L+mg\times L$ ⋯ (1)이고, (나)에서는 $5T\times2L=Mg\times L+mg\times2L$ ⋯ (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $M=3m$이고 $T=\frac{1}{2}mg$이므로 (가), (나)에서 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 각각 $4T(=2mg)$, $5T\left(=\frac{5}{2}mg\right)$이다. 따라서 $f_{(가)}$, $f_{(나)}$는 각각 $6mg$, $\frac{13}{2}mg$이므로 $\frac{f_{(나)}}{f_{(가)}}=\frac{13}{12}$이다.

07 역학적 평형

막대의 질량을 M이라 할 때, $f_p+f_q=Mg+mg$로 일정하다.

㉠. $7F_0+㉠=㉡+6F_0$이므로 ㉡은 ㉠보다 F_0만큼 크다.

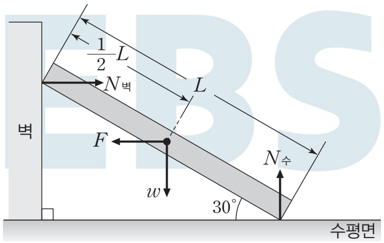
㉡. $x=L$일 때, q와 막대가 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $7F_0\times4L=mg\times3L+Mg\times2L$ ··· (1)이다. $x=2L$일 때, p와 막대가 연결된 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $6F_0\times4L=mg\times2L+Mg\times2L$ ··· (2)이다. (1), (2)를 연립하면, $F_0=\frac{1}{4}mg$이다.

㉢. $F_0=\frac{1}{4}mg$를 (1)에 대입하면 $7m=3m+2M$이므로 $M=2m$이다.

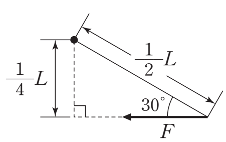
08 역학적 평형

물체가 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이고, 물체에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.

㉠. 막대의 무게를 w, 수평면이 막대에 작용하는 힘의 크기를 $N_수$, 벽이 막대에 작용하는 힘의 크기를 $N_벽$이라 할 때, 막대에 작용하는 힘을 나타내면 그림과 같다. 막대에 작용하는 알짜힘의 수평 성분과 연직 성분이 0이므로 $N_벽=F$이고, $N_수=w$이다.



㉡. 벽과 막대가 접촉한 지점과 무게중심 사이의 연직 거리는 $\frac{1}{4}L$이므로 크기가 F인 힘에 의한 돌림힘의 크기는 $\frac{1}{4}FL$이다.



~~㉢~~. 벽과 막대가 접촉한 지점과 무게중심 사이의 수평 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{4}L$이고, 벽과 막대가 접촉한 지점과 막대와 수평면이 접촉한 지점 사이의 수평 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{2}L$이다. 벽과 막대가 접촉한 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $F\times\frac{1}{4}L+w\times\frac{\sqrt{3}}{4}L=w\times\frac{\sqrt{3}}{2}L$이므로 $w=\frac{\sqrt{3}}{3}F$이다. 따라서 막대의 무게는 F보다 작다.

수능 3점 테스트

본문 10~14쪽

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

01 힘의 합성

xy 평면상의 힘 $\vec{F}$의 x, y성분의 크기를 F_x, F_y라 할 때, $\frac{F_y}{F_x}=\tan\theta$이다.

㉠. $\frac{㉠}{1\text{ N}}=|\tan150°|$, $\frac{\sqrt{3}\text{ N}}{㉡}=\tan60°$, $\frac{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}\text{ N}\right)}{㉢}=\tan30°$이므로 $㉠=\frac{\sqrt{3}}{3}$ N, ㉡$=1$ N, ㉢$=2$ N이다. 따라서 ㉠+㉡+㉢ >3 N이다.

㉡. $\vec{F_1}+\vec{F_2}$의 x성분은 0이고, y성분은 $\frac{4\sqrt{3}}{3}$ N이므로 $\vec{F_1}+\vec{F_2}$의 방향은 $+y$방향이다. 따라서 $\vec{F_1}+\vec{F_2}$와 $\vec{F_3}$이 이루는 각은 60°이다.

㉢. $\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}$의 x성분은 2 N이고, y성분은 $2\sqrt{3}$ N이므로 $\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}$의 크기는 $\sqrt{(2\text{ N})^2+(2\sqrt{3}\text{ N})^2}=4$ N이다.

02 힘의 합성

기준선을 x축이라고 할 때, A, B가 고리를 당기는 힘의 x성분의 크기의 합은 C가 고리를 당기는 힘의 크기와 같다.

㉠. (다)에서 C가 고리를 당기는 힘의 크기가 4 N이므로 A, B가 고리를 당기는 힘의 x성분의 크기는 각각 2 N이다. $4\text{ N}\times\cos\theta_1=2$ N이므로 $\theta_1=60°$이다.

㉡. (라)에서 C가 고리를 당기는 힘의 크기가 3 N이므로 A, B가 고리를 당기는 힘의 x성분의 크기는 각각 1.5 N이다. $4\text{ N}\times\cos\theta_1>4\text{ N}\times\cos\theta_2$이므로 $\theta_1<\theta_2$이다.

㉢. A, B가 고리를 당기는 힘의 크기는 (마)에서가 (라)에서보다 크므로 A, B가 고리를 당기는 힘의 x성분의 크기의 합은 (마)에서가 (라)에서보다 크다. 따라서 ㉠>3 N이다.

03 힘의 평형

(가), (나)에서 물체가 정지해 있으므로 물체에 작용하는 알짜힘의 수평 성분과 연직 성분은 0이다.

② (가)에서 p가 물체를 당기는 힘의 크기를 T_p라 할 때, 수평 방향으로 $T_p\sin30°=F$이므로 $T_p=2F$이다. 또한, 물체에 작용하는 중력의 크기를 w라 할 때, 연직 방향으로 $T_p\cos30°=w$이므로 $\sqrt{3}F=w$이다.

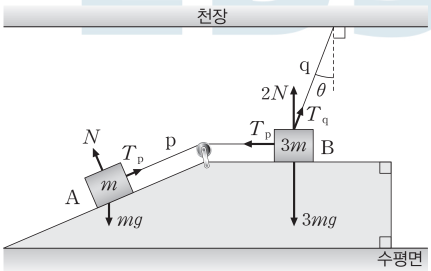
(나)에서 p, q가 물체를 당기는 힘의 크기를 각각 T_p', T_q'라 할

때, 수평 방향으로 $T_p{}'\sin30° = T_q{}'\sin60°$이므로 $T_p{}' = \sqrt{3}T_q{}'$이고, 연직 방향으로 $T_p{}'\cos30° + T_q{}'\cos60° = w$이다.

따라서 $2T_q{}' = \sqrt{3}F$이므로 $T_q{}' = \frac{\sqrt{3}}{2}F$이다.

04 힘의 합성과 분해

빗면이 A를 받치는 힘의 크기를 N이라 할 때, 평면이 B를 받치는 힘의 크기는 $2N$이다. 또한, p가 A를 당기는 힘의 크기와 p가 B를 당기는 힘의 크기는 같다.

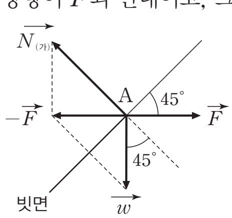


⑤ p가 A를 당기는 힘과 빗면이 A를 받치는 힘의 합력의 크기는 mg이므로 p가 A를 당기는 힘의 크기를 T_p라 할 때, $T_p{}^2 + N^2 = m^2g^2$이므로 $T_p = \sqrt{m^2g^2 - N^2}$이다. B가 정지해 있으므로 B에 작용하는 알짜힘은 0이다. 따라서 q가 B를 당기는 힘의 수평 성분의 크기는 $\sqrt{m^2g^2 - N^2}$이고, q가 B를 당기는 힘의 연직 성분의 크기는 $3mg - 2N$이므로 $\frac{\sqrt{m^2g^2 - N^2}}{3mg - 2N} = \frac{1}{3}$ … (1)이다. (1)에서 $N(13N - 12mg) = 0$이므로 빗면이 A를 받치는 힘의 크기 $N = \frac{12}{13}mg$이다.

05 물체의 평형

수평면과 θ의 각을 이루는 빗면에 무게가 w인 물체가 놓여 있을 때, 물체에 작용하는 중력의 빗면 성분의 크기는 $w\sin\theta$이고, 빗면과 수직인 성분의 크기는 $w\cos\theta$이다.

ㄱ. (가)에서 A는 정지해 있으므로 A에 작용하는 알짜힘은 0이다. A에 작용하는 중력을 $\vec{w}$, 빗면이 A를 받치는 힘을 $\vec{N}_{(가)}$, 크기가 F인 힘을 $\vec{F}$라 할 때, $\vec{w} + \vec{N}_{(가)} + \vec{F} = 0$이므로 $\vec{w} + \vec{N}_{(가)} = -\vec{F}$이다. 따라서 A에 작용하는 중력과 빗면이 A를 받치는 힘의 합력은 방향이 $\vec{F}$와 반대이고, 크기는 F로 같다.



~~ㄴ~~. (가), (나)에서 A에 작용하는 알짜힘의 빗면 성분은 0이다. (가)에서 $w\sin45° = F\cos45°$이므로 $w = F$이고, (나)에서 A에 작용하는 마찰력의 크기를 f라 할 때, $f = w\sin30° + F\sin30°$이므로 $f = F$이다.

~~ㄷ~~. (가), (나)에서 A에 작용하는 알짜힘의 빗면과 수직인 성분은 0이다. (가), (나)에서 빗면이 A를 받치는 힘의 크기를 각각 $N_{(가)}$, $N_{(나)}$라 할 때, (가)에서 $N_{(가)} = w\cos45° + F\sin45° = \sqrt{2}F$이고, (나)에서 $N_{(나)} = w\cos30° + F\cos30° = \sqrt{3}F$이다. 따라서 빗면이 A를 받치는 힘의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{\sqrt{6}}{2}$배이다.

06 역학적 평형

(가), (나)에서 막대가 수평을 이루며 정지해 있으므로 막대에 작용하는 알짜힘은 0이고, 돌림힘의 합도 0이다.

ㄱ. (가)와 (나)에서 A가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 할 때, 막대에 작용하는 중력과 B가 막대를 받치는 힘에 의한 돌림힘의 방향은 막대를 시계 반대 방향으로 회전시키는 방향으로 같다. 따라서 p에 작용하는 힘에 의한 돌림힘의 방향은 막대를 시계 방향으로 회전시키는 방향이므로 (가)와 (나)에서 p에 작용하는 힘의 방향은 연직 위 방향으로 같다.

ㄴ. (가)에서 p에 작용하는 힘의 크기는 막대가 평형을 유지할 수 있는 최댓값이므로 A가 막대를 받치는 힘의 크기는 0이다. p에 작용하는 힘의 크기를 f라 할 때, B를 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $f \times 6L = mg \times 2L$이므로 $f = \frac{1}{3}mg$이다.

ㄷ. (나)에서 A, B가 막대를 받치는 힘의 크기를 각각 N_A, N_B라 할 때, 막대에 작용하는 알짜힘이 0이므로 $N_A + N_B = \frac{2}{3}mg$이다. A가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $\frac{1}{3}mg \times 6L = mg \times 2L + N_B \times L$이므로 $N_B = 0$이다. 따라서 $N_A = \frac{2}{3}mg$이므로 (나)에서 A가 막대를 받치는 힘의 크기는 B가 막대를 받치는 힘의 크기보다 크다.((나)에서 p에 작용하는 힘의 크기는 막대가 평형을 유지할 수 있는 최솟값이다.)

07 역학적 평형

(가)에서 A가 막대를 받치는 힘의 크기를 $9f$라 할 때, B가 막대를 받치는 힘의 크기는 $7f$이다. 또한, 막대에 작용하는 알짜힘은 0이므로 막대의 질량을 M이라 할 때, $16f = mg + Mg$ … (1)이다.

ㄱ. (가)에서 B가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $9f \times 4L = mg \times 3L + Mg \times 2L$이므로 $36f = 3mg + 2Mg$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $9m + 9M = 12m + 8M$이므로 $M = 3m$이다.

ㄴ. (가), (나)에서 B가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 할 때, (나)에서 질량이 $2m$인 물체에 작용하는 중력에 의한 돌림힘은 0이다. 따라서 A가 막대를 받치는 힘에 의한 돌림힘의 크기는 $mg\times3L+3mg\times2L=9mgL$로 일정하므로 A가 막대를 받치는 힘의 크기는 $\frac{9}{4}mg$로 일정하다.

ㄷ. (나)에서 막대에 작용하는 알짜힘은 0이므로 B가 막대를 받치는 힘의 크기를 f_{B}라 할 때, $\frac{9}{4}mg+f_{\mathrm{B}}=6mg$이고, $f_{\mathrm{B}}=\frac{15}{4}mg$이다.

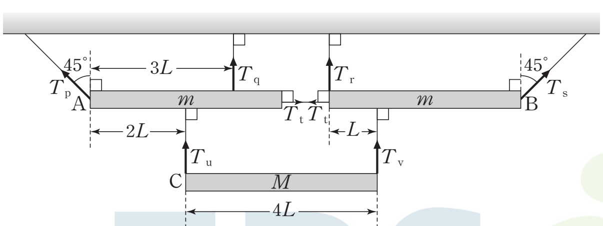
08 역학적 평형

A, B에 작용하는 알짜힘은 0이고, A, B에 작용하는 돌림힘의 합은 0이다.

① 실이 막대를 당기는 힘의 크기를 T라 할 때, A에 힘의 평형을 적용하면 $2T=m_{\mathrm{A}}g+m_{\mathrm{C}}g$ … (1)이다. A의 왼쪽 끝 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $T\times5L=m_{\mathrm{A}}g\times3L+m_{\mathrm{C}}g\times L$이므로 $5T=3m_{\mathrm{A}}g+m_{\mathrm{C}}g$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $5m_{\mathrm{A}}+5m_{\mathrm{C}}=6m_{\mathrm{A}}+2m_{\mathrm{C}}$이므로 $m_{\mathrm{A}}=3m_{\mathrm{C}}$ … (3)이고, (3)을 (1)에 대입하면 $T=2m_{\mathrm{C}}g$이다. B에 힘의 평형을 적용하면 $2T=T+m_{\mathrm{B}}g$이므로 $T=m_{\mathrm{B}}g$이고, $m_{\mathrm{B}}=2m_{\mathrm{C}}$이다. 따라서 $m_{\mathrm{A}}:m_{\mathrm{B}}:m_{\mathrm{C}}=3:2:1$이다.

09 역학적 평형

실이 막대를 당기는 힘을 나타내면 그림과 같다.



A와 B 사이에 연결된 실이 A를 당기는 힘과 B를 당기는 힘의 크기는 같다. A, B에 작용하는 알짜힘의 수평 성분은 0이므로 $\frac{1}{\sqrt{2}}T_{\mathrm{p}}=\frac{1}{\sqrt{2}}T_{\mathrm{s}}=T_{\mathrm{t}}$이고, $T_{\mathrm{p}}=T_{\mathrm{s}}$이다.

⑤ C에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $T_{\mathrm{u}}+T_{\mathrm{v}}=Mg$이고, C의 왼쪽 끝 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $Mg\times2L=T_{\mathrm{v}}\times4L$이므로 $T_{\mathrm{u}}=T_{\mathrm{v}}=\frac{1}{2}Mg$이다. A, B에 작용하는 알짜힘의 연직 성분은 0이므로 A에서 $\frac{1}{\sqrt{2}}T_{\mathrm{p}}+T_{\mathrm{q}}=mg+\frac{1}{2}Mg$이고, B에서 $T_{\mathrm{r}}+\frac{1}{\sqrt{2}}T_{\mathrm{s}}=mg+\frac{1}{2}Mg$이다. $T_{\mathrm{p}}=T_{\mathrm{s}}$이므로 $T_{\mathrm{q}}=T_{\mathrm{r}}$이다. A의 왼쪽 끝 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면, $T_{\mathrm{q}}\times3L=mg\times2L+\frac{1}{2}Mg\times2L$이고, B의 오른쪽 끝 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $T_{\mathrm{r}}\times4L=mg\times2L+\frac{1}{2}Mg\times3L$이다. $T_{\mathrm{q}}=T_{\mathrm{r}}$이므로 $8m+4M=6m+\frac{9}{2}M$이고, $M=4m$이다.

10 역학적 평형

x가 최솟값보다 작으면 막대는 시계 반대 방향으로 회전하므로 x가 최솟값일 때, 막대의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에 연결된 실이 막대를 당기는 힘은 0이다. x가 최댓값보다 크면 막대는 시계 방향으로 회전하므로 x가 최댓값일 때, C의 질량을 M이라 하면 막대의 왼쪽 끝에 연결된 실과 오른쪽 끝에 연결된 실이 막대를 당기는 힘의 크기는 각각 mg, $\frac{1}{2}Mg$이다.

② x가 최솟값(x_1)일 때, 받침대가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면 $2mg\times(3L-x_1)=4mg\times L$이므로 x_1은 L이다. 따라서 막대가 평형을 유지할 수 있는 x의 최댓값과 최솟값의 차는 $4L$이므로 x의 최댓값(x_2)은 $5L$이다. x가 최댓값($x_2=5L$)일 때, 받침대가 막대를 받치는 지점을 회전축으로 돌림힘의 평형을 적용하면

$mg\times3L+\frac{1}{2}Mg\times5L=2mg\times2L+4mg\times L$이므로

$M=2m$이다.

02 물체의 운동(1)

수능 2점 테스트 본문 23~25쪽

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

01 이동 거리와 변위

로봇 청소기가 p에서 q까지 운동하는 동안, 로봇 청소기의 운동 방향은 변한다.

~~ㄱ~~. 등속도 운동을 하는 물체는 속력과 운동 방향이 변하지 않으므로 로봇 청소기의 운동은 등속도 운동이 아니다.

ㄴ. 이동 거리는 p에서 q까지 경로의 길이이고, 변위의 크기는 p와 q를 이은 직선 거리이므로 이동 거리는 변위의 크기보다 크다.

~~ㄷ~~. 평균 속력은 $\frac{\text{이동 거리}}{\text{시간}}$이고, 평균 속도의 크기는 $\frac{\text{변위의 크기}}{\text{시간}}$이다. 이동 거리가 변위의 크기보다 크므로 평균 속력은 평균 속도의 크기보다 크다.

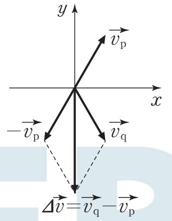
02 물체의 운동

p에서 q까지 변위의 x성분의 크기는 $4\sqrt{3}$ m이고, y성분의 크기는 0이다.

ㄱ. 변위의 크기는 $\sqrt{(4\sqrt{3}\text{ m})^2+(0\text{ m})^2}=4\sqrt{3}$ m이다.

ㄴ. 평균 속도의 크기는 $\frac{\text{변위의 크기}}{\text{시간}}$이므로 $2\sqrt{3}$ m/s이다.

ㄷ. 평균 가속도의 방향은 속도 변화량의 방향과 같으므로 $-y$방향이다.



03 등가속도 직선 운동

물체가 x축과 나란한 방향에 대해 60°의 각을 이루며 직선 운동을 하므로 물체의 속도의 y성분을 v_y라 할 때, 매 순간 $\frac{v_y}{v_x}=\sqrt{3}$으로 일정하다.

ㄱ. 0부터 $2t_0$까지 v_y는 $\sqrt{3}v_0$으로 일정하므로 물체의 변위의 y성분의 크기는 $2\sqrt{3}v_0t_0$이다.

ㄴ. 0부터 $2t_0$까지 v_x와 v_y가 일정하므로 물체의 가속도는 0이다. 따라서 t_0일 때 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.

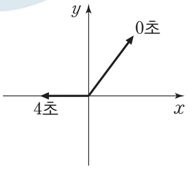
ㄷ. $3t_0$일 때 가속도의 x성분의 크기 $a_x=\frac{v_0}{t_0}$이다. 물체의 가속도의 크기 $a=\frac{a_x}{\cos 60°}=\frac{2v_0}{t_0}$이다.

04 등가속도 운동

속도-시간 그래프에서 그래프의 기울기는 가속도이고, 그래프가 시간축과 이루는 면적은 변위이다.

ㄱ. 0초부터 4초까지 물체의 변위의 x, y성분의 크기는 각각 0, 16 m이므로 변위의 크기는 16 m이다.

~~ㄴ~~. 0초일 때와 4초일 때 운동 방향은 그림과 같다. 따라서 물체의 운동 방향은 0초일 때와 4초일 때 수직이지 않다.



~~ㄷ~~. 2초일 때 가속도의 x, y성분의 크기는 각각 3 m/s², 2 m/s²이므로 가속도의 크기는 $\sqrt{(3\text{ m/s}^2)^2+(2\text{ m/s}^2)^2}=\sqrt{13}\text{ m/s}^2$이다.

05 등가속도 운동

물체는 x방향으로 등속도 운동을 하고, y방향으로 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. 물체의 속도의 y성분의 크기가 감소하므로 물체의 가속도의 방향은 $-y$방향이다.

ㄴ. 0초일 때 물체의 속도의 y성분의 크기를 v_{y0}, 가속도의 y성분의 크기를 a_y라 할 때, 0초부터 1초까지 변위의 y성분의 크기가 6 m이므로 $6=v_{y0}+\frac{1}{2}a_y$ ⋯ (1)이고, 0초부터 3초까지 변위의 y성분의 크기가 12 m이므로 $12=3v_{y0}+\frac{9}{2}a_y$ ⋯ (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $v_{y0}=7$ m/s이고, $a_y=-2\text{ m/s}^2$이다. 3초일 때 $v_y=1$ m/s이므로 $a+b=8$이다.

ㄷ. 물체의 속도의 x성분의 크기 $v_x=4$ m/s로 일정하다. 2초일 때, $v_y=3$ m/s이므로 물체의 속력은 $\sqrt{(4\text{ m/s})^2+(3\text{ m/s})^2}=5$ m/s이다.

06 포물선 운동

포물선 운동을 하는 물체는 연직 아래 방향으로 알짜힘이 작용하므로 속도의 수평 성분의 크기는 일정하다. 또한, 최고점에서 물체의 속도의 연직 성분은 0이다.

ㄱ. p, q에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기를 v라 할 때, p, q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 각각 $\sqrt{3}v$, $\frac{\sqrt{3}}{3}v$이다. 따라서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 p에서가 q에서의 3배이다.

ㄴ. 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 할 때, $\sqrt{3}v-gt=0$이므로 $t=\frac{\sqrt{3}v}{g}$이다. 따라서 $h=\sqrt{3}v\times\left(\frac{\sqrt{3}v}{g}\right)-\frac{1}{2}g\left(\frac{\sqrt{3}v}{g}\right)^2=\frac{3v^2}{2g}$이다. 물체가 최고점에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t'라 할 때, $\frac{\sqrt{3}v}{3}=gt'$이므로 $t'=\frac{\sqrt{3}v}{3g}$이다. 최고점과 q 사이의 높이 차를 h'라 할 때, $h'=\frac{1}{2}g(t')^2=\frac{1}{2}g\left(\frac{\sqrt{3}v}{3g}\right)^2=\frac{v^2}{6g}=\frac{1}{9}h$이다. 따라서 q의 높이는 $\frac{8}{9}h$이다.

ㄷ. p에서 q까지 물체가 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{4\sqrt{3}v}{3g}$이므로 물체의 수평 이동 거리는 $v\times\frac{4\sqrt{3}v}{3g}=\frac{8\sqrt{3}}{9}h$이다.

07 포물선 운동

물체가 포물선 운동을 하므로 물체의 속도의 수평 성분은 일정하다. 물체의 속도의 수평 성분을 v라 할 때, p, q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 각각 $2v$, $3v$이다.

② 물체가 p에서 최고점까지, 최고점에서 q까지 운동하는 동안 연직 방향으로 물체의 평균 속도의 크기는 각각 v, $\frac{3}{2}v$이다. 또한, 최고점에서 속도의 연직 성분은 0이고, 가속도의 크기는 일정하므로 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 $2t$라 할 때, 물체가 최고점에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 $3t$이다. 따라서 $H-L=2vt$ ⋯ (1)이고, $H=\frac{9}{2}vt$ ⋯ (2)이므로 (1), (2)를 연립하면 $H=\frac{9}{5}L$이다. 또한, 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간이 $5t$이므로 $R=5vt=2L$이다.

08 포물선 운동

포물선 운동을 하는 물체는 연직 방향으로 등가속도 운동을 한다. p에서 속도의 연직 성분은 0이므로 물체의 변위의 연직 성분의 크기 S_y는 시간의 제곱에 비례한다. $\left(S_y=\frac{1}{2}gt^2\right)$

ㄱ. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 $2t_0$이라 할 때, 물체가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $3t_0$이다. 따라서 물체가 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 t_0이므로 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간은 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이다.

ㄴ. r에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 $\sqrt{3}v_0$이므로 q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$이다. 따라서 q에서 물체의 속력은 $\sqrt{(v_0)^2+\left(\frac{2\sqrt{3}v_0}{3}\right)^2}=\frac{\sqrt{21}}{3}v_0$이다.

ㄷ. 물체가 p에서 r까지 운동하는 동안 연직 방향으로 물체의 평균 속도의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이므로 $9L=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0\times3t_0$이고, $v_0t_0=2\sqrt{3}L$이다. 따라서 p에서 r까지 물체의 수평 이동 거리는 $v_0\times3t_0=6\sqrt{3}L$이다.

09 포물선 운동

A, B를 던진 순간부터 r에 도달할 때까지 걸린 시간이 같으므로 A, B는 최고점에 동시에 도달한다. 따라서 p에서 A의 속도의 연직 성분의 크기와 q에서 B의 속도의 연직 성분의 크기는 같다.

① p에서 A의 속도의 수평 성분의 크기를 v라 할 때, 속도의 연직 성분의 크기도 v이다. A가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $v-gt=0$이고, $L=vt-\frac{1}{2}gt^2$이므로 $L=\frac{1}{2}vt$이다. A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t$이므로 p와 r 사이의 거리는 $v\times2t=4L$이다. 따라서 q와 r 사이의 거리는 $3L$이므로 q에서 B의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{3}{4}v$이고,

$\tan\theta=\frac{v}{\left(\frac{3}{4}v\right)}=\frac{4}{3}$이다.

10 포물선 운동과 등가속도 직선 운동

A, B를 던진 순간부터 r에 도달할 때까지 걸린 시간이 같으므로 p에서 A의 속도의 연직 성분의 크기는 10 m/s이다. 따라서 A가 p에서 r까지 운동하는 동안 A의 속도의 수평 성분의 크기는 10 m/s이다.

ㄱ. A와 B는 던진 순간부터 1초 후에 최고점에 도달한다.

ㄴ. p에서 A의 속도의 연직 성분의 크기가 10 m/s이므로 $v_0\cos45°=10$ m/s이다. 따라서 $v_0=10\sqrt{2}$ m/s이다.

ㄷ. p와 q 사이의 거리가 15 m이므로 A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $\frac{3}{2}$ s이다. 따라서 r의 높이는

$10\text{ m/s}\times\left(\frac{3}{2}\text{ s}\right)-\frac{1}{2}\times(10\text{ m/s}^2)\times\left(\frac{3}{2}\text{ s}\right)^2=\frac{15}{4}$ m이다.

11 포물선 운동

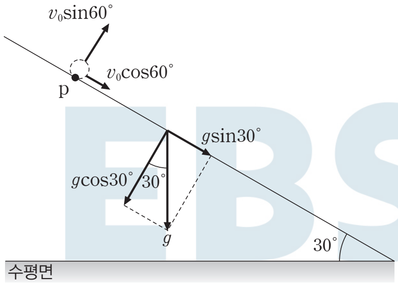
A와 B의 수평 이동 거리가 같으므로 A와 B는 속도의 수평 성분의 크기가 v_A로 같다.

① A, B를 던진 순간부터 p에 도달할 때까지 걸린 시간을 t라 할 때, A에서 $3L=v_At$이고, $L=\frac{1}{2}gt^2$이다. 또한, B를 던진 순간 B의 속도의 연직 성분의 크기를 v_{By}라 할 때, $0=v_{By}t-\frac{1}{2}gt^2$이므로 $v_{By}t=L$이고, $v_{By}=\frac{1}{3}v_A$이다.

따라서 $v_B=\sqrt{(v_A)^2+\left(\frac{1}{3}v_A\right)^2}=\frac{\sqrt{10}}{3}v_A$이므로 $\frac{v_B}{v_A}=\frac{\sqrt{10}}{3}$이다.

12 포물선 운동

물체가 포물선 운동을 하는 동안, 물체의 가속도의 크기는 g이다. 빗면과 나란한 방향의 가속도의 크기는 $g\sin30^\circ$이고, 빗면과 수직인 방향의 가속도의 크기는 $g\cos30^\circ$이다.



ㄱ. q에서 빗면과 수직인 방향의 물체의 속력은 0이므로 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0-\frac{\sqrt{3}}{2}gt=0$이므로 $t=\frac{v_0}{g}$이다.

~~ㄴ~~. p에서 q까지 빗면과 수직인 방향의 물체의 평균 속력은 $\frac{\sqrt{3}}{4}v_0$이므로 $H=\frac{\sqrt{3}}{4}v_0\times\frac{v_0}{g}=\frac{\sqrt{3}v_0{}^2}{4g}$이다.

~~ㄷ~~. 물체가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t=\frac{2v_0}{g}$이므로 p와 r 사이의 거리는 $v_0\cos60^\circ\times\frac{2v_0}{g}+\frac{1}{2}\times\left(\frac{1}{2}g\right)\times\left(\frac{2v_0}{g}\right)^2=\frac{2v_0{}^2}{g}$이다.

수능 3점 테스트 본문 26~31쪽

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

01 등가속도 운동

물체의 가속도의 x, y성분의 크기를 각각 a_x, a_y라 할 때, 가속도의 크기 $a=\sqrt{a_x{}^2+a_y{}^2}$이다.

ㄱ. 물체의 가속도의 x성분의 크기는 1초일 때 0이고, 3초일 때 $2\ \mathrm{m/s^2}$이다. 물체의 가속도의 크기는 3초일 때가 1초일 때의 $\sqrt{5}$배이므로 $\sqrt{4+4a_0{}^2}=\sqrt{5}a_0$이고, $a_0=2$이다.

~~ㄴ~~. 0초일 때 물체의 운동 방향은 $+x$방향이므로 물체의 속도의 y성분은 0이다. 또한, $a_y=2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 2초일 때 변위의 y성분의 크기는 4 m이다. 따라서 0초부터 2초까지 물체의 변위의 x, y성분의 크기는 각각 4 m, 4 m이므로 변위의 크기는 $4\sqrt{2}$ m이다.

ㄷ. 0초부터 2초까지 $a_y=2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 2초일 때 물체의 속도의 y성분의 크기는 4 m/s이고, 2초부터 4초까지 $a_y=4\ \mathrm{m/s^2}$이므로 4초일 때 물체의 속도의 y성분의 크기는 12 m/s이다. 따라서 4초일 때 물체의 속력은 $\sqrt{(6\ \mathrm{m/s})^2+(12\ \mathrm{m/s})^2}=6\sqrt{5}\ \mathrm{m/s}$이다.

02 등가속도 직선 운동

2초일 때 물체의 속력은 0이므로 0초부터 2초까지 x방향으로 속도의 변화량은 $-2\sqrt{3}\ \mathrm{m/s}$이다.

ㄱ. 0초일 때 물체의 속도의 x성분의 크기는 $v_0\cos30^\circ$이다. 2초일 때 물체의 속력은 0이므로 $v_0\cos30^\circ-2\sqrt{3}\ \mathrm{m/s}=0$이고, $v_0=4\ \mathrm{m/s}$이다.

ㄴ. 0초일 때 물체의 속도의 y성분의 크기는 $4\ \mathrm{m/s}\times\sin30^\circ=2\ \mathrm{m/s}$이다. 따라서 0초부터 2초까지 y방향으로 속도의 변화량은 $-2\ \mathrm{m/s}$이므로 ㉠은 $1\ \mathrm{m/s^2}$이다.

ㄷ. 물체의 운동 방향과 가속도의 방향이 나란하므로 물체는 직선 운동을 한다. 2초일 때 물체의 속력이 0이므로 0초부터 2초까지 물체의 운동 방향과 2초 이후 물체의 운동 방향은 서로 반대이다. 따라서 물체의 운동 방향은 1초일 때와 3초일 때가 서로 반대이다.

03 등가속도 운동

A가 점 p(x축으로부터 d만큼 떨어진 지점)를 지나는 순간 A의 속도의 y성분은 0이다. A, B가 등가속도 운동을 하므로 가속도의 x, y성분은 일정하다. 따라서 A가 x축상의 $x=-d$인 점에서 p까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, A가 p에서 O까지 운동하는 데 걸린 시간도 t이다.

ㄱ. A가 x축상의 $x=-d$인 점에서 p까지 운동하는 동안 y방향으로 평균 속도의 크기는 $\frac{1}{2}v_0$이므로 $d=\frac{1}{2}v_0t$이고, $t=\frac{2d}{v_0}$이다. A가 x축상의 $x=-d$인 점에서 O까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t$이므로 $\frac{4d}{v_0}$이다.

~~ㄴ~~. A가 x축상의 $x=-d$인 점에서 O까지 운동하는 동안 변위의 y성분은 0이므로, O에서 A의 속도의 y성분의 크기는 v_0이다. 또한, O에서 A의 속도의 x성분의 크기를 v_{A0}이라 할 때, $\frac{1}{2}v_{\mathrm{A0}}\times2t=d$이므로 $v_{\mathrm{A0}}=\frac{1}{2}v_0$이다. 따라서 A의 속도 변화량의 x, y성분의 크기는 각각 $\frac{1}{2}v_0$, $2v_0$이므로 A의 가속도의 x성분의 크기는 y성분의 크기의 $\frac{1}{4}$배이다.

~~ㄷ~~. A, B의 가속도가 같으므로 B가 x축상의 $x=3d$인 지점에서 O까지 운동하는 동안 B의 속도 변화량의 x, y성분의 크기는 각각 $\frac{1}{2}v_0$, $2v_0$이다. x축상의 $x=3d$인 지점에서 B의 속도의 x성분의 크기를 $v_{\mathrm{B}x}$라 할 때, O에서 B의 속도의 x성분

의 크기는 $v_{Bx}-\frac{1}{2}v_0$이다. 따라서 $\frac{\left(2v_{Bx}-\frac{1}{2}v_0\right)}{2}\times 2t=3d$이므로 $v_{Bx}=v_0$이다. 또한, B가 x축상의 $x=3d$인 점에서 O까지 운동하는 동안 B의 변위의 y성분은 0이므로 x축상의 $x=3d$인 지점에서 B의 속도의 y성분의 크기 $v_{By}=v_0$이다. 따라서 $v=\sqrt{{v_0}^2+{v_0}^2}=\sqrt{2}v_0$이다.

04 등가속도 운동

물체가 Ⅰ에서 운동하는 동안 변위의 x성분의 크기는 y성분의 크기의 2배이므로 x축상의 $x=-2d$인 점에서 물체의 속력을 v_0이라 할 때, y축상의 $y=d$인 점에서 물체의 속력은 $2v_0$이다.

② 물체가 Ⅱ에서 운동하는 동안 변위의 x성분의 크기는 y성분의 크기의 4배이므로 물체의 평균 속도의 x성분의 크기는 y성분의 크기의 4배이다. x축상의 $x=4d$인 점에서 물체의 속도의 x성분의 크기와 y성분의 크기를 v라 할 때, $v+2v_0=4v$이므로 $v=\frac{2}{3}v_0$이다. 따라서 Ⅰ, Ⅱ에서 물체의 평균 속도의 x성분의 크기는 각각 v_0, $\frac{4}{3}v_0$이다. 물체가 Ⅰ, Ⅱ에서 운동하는 데 걸린 시간을 각각 t_1, t_2라 할 때, $v_0\times t_1=2d$이고, $\frac{4}{3}v_0\times t_2=4d$이므로 $t_1=\frac{2}{3}t_2$이다. 따라서 $a_1=\frac{\sqrt{(2v_0)^2+(v_0)^2}}{t_1}=\frac{\sqrt{5}v_0}{t_1}$이고, $a_2=\frac{\sqrt{\left(\frac{4}{3}v_0\right)^2+\left(\frac{2}{3}v_0\right)^2}}{t_2}=\frac{2\sqrt{5}v_0}{3t_2}$이므로 $\frac{a_2}{a_1}=\frac{4}{9}$이다.

05 포물선 운동

물체가 p에서 최고점까지 운동하는 동안 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 1초당 10 m/s씩 감소한다.

ㄱ. q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기를 v_y라 할 때, $15\text{ m}=3v_y-\frac{1}{2}\times 10\text{ m/s}^2\times(3\text{ s})^2$이므로 $v_y=20\text{ m/s}$이다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간이 1초이므로 p에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 30 m/s이다. 따라서 p에서 물체의 속력을 v_0이라 할 때, $v_0\sin60^\circ=30\text{ m/s}$이므로 $v_0=20\sqrt{3}\text{ m/s}$이다.

~~ㄴ~~. p에서 물체의 속도의 수평 성분의 크기는 $v_0\cos60^\circ=10\sqrt{3}$ m/s이다. 물체가 포물선 운동을 하는 동안 물체의 속도의 수평 성분은 일정하고, q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간이 3초이므로 q에서 r까지 물체의 수평 이동 거리는 $10\sqrt{3}\text{ m/s}\times 3\text{ s}=30\sqrt{3}$ m이다.

ㄷ. q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기가 20 m/s이므로 물체가 q에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 2초이다. 따라서 물체가 p에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간은 3초이다. 최고점의 높이를 H라 할 때,

$H=30\text{ m/s}\times 3\text{ s}-\frac{1}{2}\times 10\text{ m/s}^2\times(3\text{ s})^2=45\text{ m}$이다.

06 포물선 운동

물체가 p에서 q까지, q에서 r까지 운동하는 동안 물체의 가속도의 크기는 각각 $\frac{1}{2}g$, g이다.

~~ㄱ~~. q에서 물체의 운동 방향은 수평 방향에 대해 30°의 각을 이루므로 $\frac{㉠}{\sqrt{3}v_0}=\tan30^\circ$이고, ㉠은 v_0이다. 물체가 q에서 r까지 포물선 운동을 하는 동안 v_x는 일정하므로 ㉡은 $\sqrt{3}v_0$이다. 따라서 ㉠<㉡이다.

ㄴ. q에서 물체의 속력은 $\sqrt{(\sqrt{3}v_0)^2+(v_0)^2}=2v_0$이다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간을 t_0이라 할 때, $\frac{1}{2}gt_0=2v_0$이므로 $gt_0=4v_0$이다. 물체가 q에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 할 때, 연직 방향으로 물체의 속도 변화량의 크기는 $2v_0$이므로 $gt=2v_0$이고, $t=\frac{1}{2}t_0$이다.

~~ㄷ~~. 물체가 q에서 r까지 운동하는 동안 연직 방향으로 평균 속력은 $2v_0$이므로 $L=2v_0\times\frac{1}{2}t_0=v_0t_0$이다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 평균 속력은 v_0이므로 p와 q 사이의 거리를 x라 할 때, $x=v_0\times t_0=L$이다. 따라서 p와 q 사이의 높이 차는 $L\sin30^\circ=\frac{1}{2}L$이므로 p의 높이는 $\frac{3}{2}L$이다.

07 포물선 운동

A가 p에서 r까지 운동하는 동안 A의 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$이므로 걸린 시간을 t라 하면, p와 r 사이의 거리는 $\sqrt{3}vt-\frac{1}{4}gt^2\ \cdots$ (1)이다.

④ p와 r 사이의 수평 거리는 $\frac{3}{2}vt-\frac{\sqrt{3}}{8}gt^2$이고, 연직 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{2}vt-\frac{1}{8}gt^2$이다. q에서 B의 속도의 수평, 연직 성분의 크기는 각각 $\frac{1}{2}v$, $\frac{\sqrt{3}}{2}v$이므로 q와 r 사이의 수평 거리는 $\frac{1}{2}vt$이고, 연직 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{2}vt-\frac{1}{2}gt^2$이다. p와 q 사이의 수평 거리는 $\frac{\sqrt{3}}{2}L$이고, 연직 거리는 $\frac{1}{2}L$이므로

$\left(\frac{3}{2}vt-\frac{\sqrt{3}}{8}gt^2\right)-\left(\frac{1}{2}vt\right)=\frac{\sqrt{3}}{2}L\ \cdots$ (2)이고,

$\left(\frac{\sqrt{3}}{2}vt-\frac{1}{8}gt^2\right)-\left(\frac{\sqrt{3}}{2}vt-\frac{1}{2}gt^2\right)=\frac{1}{2}L\ \cdots$ (3)이다.

(2), (3)을 연립하면 $vt=\frac{2\sqrt{3}}{3}L$이고, $gt^2=\frac{4}{3}L$이므로 (1)에서 p와 r 사이의 거리는 $\frac{5}{3}L$이다. 따라서 q와 r 사이의 거리는 $\frac{2}{3}L$이다.

08 포물선 운동

A, B를 던진 순간부터 벽과 충돌하는 순간까지 걸린 시간이 같고, A와 B의 수평 이동 거리가 같으므로 A와 B는 속도의 수평 성분이 같다.

ㄱ. A를 던진 순간 A의 속도의 수평 성분, 연직 성분의 크기는 각각 $\frac{1}{2}v_0$, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$이다. B를 던진 순간 B의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_0$이므로, 벽과 충돌하는 순간 B의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_0\tan30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{6}v_0$이다. A가 벽과 충돌하는 순간 A의 운동 방향은 수평 방향이므로 A의 속도의 연직 성분은 0이다. A와 B의 가속도는 g로 같으므로 연직 방향으로 속도 변화량이 같다. 따라서 B를 던진 순간 B의 속도의 연직 성분의 크기를 v_{By}라 할 때, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0=v_{By}+\frac{\sqrt{3}}{6}v_0$이고, $v_{By}=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$이다.

ㄴ. 벽과 충돌하는 순간 A의 속력은 $\frac{1}{2}v_0$이고, B의 속력은 $\frac{\frac{1}{2}v_0}{\cos30^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$이므로 속력은 A가 B의 $\frac{\sqrt{3}}{2}$배이다.

ㄷ. A, B를 던진 순간부터 벽과 충돌할 때까지 걸린 시간을 t, A가 벽과 충돌한 지점의 높이를 h라 할 때, $h=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ … (1)이고, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0=gt$이므로 $h=\frac{1}{2}gt^2$이다. B가 벽과 충돌한 지점의 높이를 h'라 할 때, $h'=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0t-\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{6}gt^2$이므로 $h=3h'$이다.

09 포물선 운동과 등가속도 직선 운동

B가 r에서 q까지 등가속도 직선 운동을 하는 동안 B의 가속도의 크기는 $\frac{\sqrt{2}}{2}g$이므로 걸린 시간을 t라 할 때, q와 r 사이의 거리는 $\frac{\sqrt{2}}{4}gt^2$이다. 따라서 q와 r 사이의 수평 거리, 연직 거리는 각각 $\frac{1}{4}gt^2$이다.

① p에서 A의 속도의 수평 성분, 연직 성분의 크기는 각각 $\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$이다. A와 B의 수평 이동 거리의 합은 $2L$이므로 $2L=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0t+\frac{1}{4}gt^2$ … (1)이다. q의 높이는 $L-\frac{1}{4}gt^2$이므로 A에서 $L-\frac{1}{4}gt^2=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $v_0t=\frac{3\sqrt{2}}{2}L$이고, $gt^2=2L$이므로 $v_0=\frac{3}{2}\sqrt{gL}$이다.

10 포물선 운동

연직 위 방향으로 v_0의 속력으로 던져진 물체의 높이 $h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$(t: 이동 시간)이다. A와 B가 던져진 순간부터 r에 도달할 때까지 이동 시간이 같으므로 A와 B의 속도의 연직 성분의 크기는 같다.

ㄱ. $v_A\sin30^\circ=v_B\sin60^\circ$이므로 $v_A=\sqrt{3}v_B$이다.

~~ㄴ~~. p에서 A의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_A$이고, q에서 B의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_B$이므로 A가 p에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간을 t라 하면, $4\sqrt{3}L=\frac{\sqrt{3}}{2}v_At+\frac{1}{2}v_Bt=\frac{4\sqrt{3}}{6}v_At$이고, $v_At=6L$ … (1)이다. p에서 A의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_A$이고, r의 높이는 L이므로 $L=\frac{1}{2}v_At-\frac{1}{2}gt^2$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $\frac{1}{2}gt^2=2L$이므로 $t=2\sqrt{\frac{L}{g}}$이다.

~~ㄷ~~. $v_At=6L$이므로 $v_A=3\sqrt{gL}$이고, $v_B=\sqrt{3gL}$이다. q에서 B의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_B=\frac{3\sqrt{gL}}{2}$이므로 B의 최고점의 높이를 H라 할 때, $-2gH=0-\left(\frac{3\sqrt{gL}}{2}\right)^2$이고, $H=\frac{9}{8}L$이다.

11 포물선 운동과 등가속도 직선 운동

수평면과 θ의 각을 이루는 마찰이 없는 빗면에서 등가속도 운동을 하는 물체의 가속도의 크기는 $g\sin\theta$이다. q에서 물체의 속력을 v라 할 때, p에서 물체의 속력은 $\sqrt{2}v$이다.

ㄱ. p와 q의 높이 차가 $2h$이므로 p와 q 사이의 거리는 $\frac{2h}{\sin\theta}$이다. 물체가 p에서 q까지 등가속도 직선 운동을 하므로 $-2\times g\sin\theta\times\frac{2h}{\sin\theta}=(v)^2-(\sqrt{2}v)^2$이고, $v^2=4gh$ … (1)이다. q와 최고점의 높이 차는 h이고, q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 $v\sin\theta$이므로 $-2gh=0-(v\sin\theta)^2$이고, $v^2\sin^2\theta=2gh$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $\sin\theta=\frac{1}{\sqrt{2}}$이므로 $\theta=45^\circ$이다.

~~ㄴ~~. 물체가 q에서 최고점까지, 최고점에서 r까지 운동하는 동안 변위의 연직 성분의 크기는 각각 h, $4h$이므로 물체가 q에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간이 t이면, 최고점에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 $2t$이다. 따라서 q에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기가 $\frac{\sqrt{2}}{2}v$이므로 r에서 물체의 속도의 연직 성분의 크기는 $\sqrt{2}v$이다. r에서 물체의 속력은 $\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v\right)^2+(\sqrt{2}v)^2}=\frac{\sqrt{10}}{2}v$이므로 물체의 속력은 r에서가 q에서의 $\frac{\sqrt{10}}{2}$배이다.

~~ㄷ~~. p와 q 사이의 높이 차가 $2h$이므로 p와 q 사이의 수평 거리는 $2h$이다. 물체가 q에서 최고점까지 운동하는 동안 물체의 평균 속도의 수평 성분의 크기는 연직 성분의 크기의 2배이므로 p와 최고점 사이의 수평 거리는 $2h$이다. 물체가 최고점에서 r까지 운동하는 데 걸린 시간은 q에서 최고점까지 운동하는 데 걸린 시간의 2배이므로 최고점에서 r까지 수평 거리는 $4h$이다. 따라서 p에서 r까지 물체의 수평 이동 거리는 $8h$이다.

12 포물선 운동

수평 이동 거리는 A가 B보다 $\frac{5\sqrt{3}}{3}L$만큼 크고, 연직 이동 거리는 A가 B보다 $3L$만큼 작다.

⑤ p에서 A의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_A$이고, q에서 B의 속도의 수평 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_B$이므로 A와 B를 던진 순간부터 r에 도달할 때까지 걸린 시간을 t라 하면, $\frac{\sqrt{3}}{2}v_At-\frac{1}{2}v_Bt=\frac{5\sqrt{3}}{3}L$ … (1)이다. p에서 A의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{1}{2}v_A$이고, q에서 B의 속도의 연직 성분의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_B$이므로 $\left(\frac{1}{2}v_At-\frac{1}{2}gt^2\right)-\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}v_Bt-\frac{1}{2}gt^2\right)=3L$이고, $\frac{1}{2}v_At+\frac{\sqrt{3}}{2}v_Bt=3L$ … (2)이다. (1), (2)를 연립하면 $v_A=\frac{4L}{t}$이고, $v_B=\frac{2\sqrt{3}L}{3t}$이므로 $\frac{v_A}{v_B}=2\sqrt{3}$이다.

03 물체의 운동(2)

수능 2점 테스트 본문 40~42쪽

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

01 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체는 1주기 동안 원 궤도를 한 바퀴 회전한다.

Ⓐ. 주기 T 동안 물체의 이동 거리는 $2\pi R$이므로 물체의 속력은 $\frac{2\pi R}{T}$이다.

~~B~~. 등속 원운동을 하는 물체의 속도 방향은 원 궤도의 접선 방향이고, 물체의 가속도의 방향은 원 궤도의 중심 방향이므로 서로 수직이다.

Ⓒ. 등속 원운동을 하는 물체의 속력을 v라 할 때, 물체의 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{R}$으로 일정하므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 일정하다.

02 등속 원운동

반지름이 r인 원 궤도를 v의 속력으로 등속 원운동을 하는 물체의 가속도의 크기는 $\frac{v^2}{r}$이다.

㉠. 물체의 속력을 v라 할 때, $\pi^2(\mathrm{N})=1\ \mathrm{kg}\times\frac{v^2}{4\ \mathrm{m}}$이므로 $v=2\pi\ \mathrm{m/s}$이다.

㉡. 원운동의 주기 $T=\frac{2\pi\times4(\mathrm{m})}{2\pi(\mathrm{m/s})}=4\ \mathrm{s}$이다. 따라서 $t=1$초일 때, 물체는 y축상의 $y=4\ \mathrm{m}$인 지점을 지나므로 물체의 운동 방향은 $-x$방향이다.

㉢. $t=2$초일 때, 물체는 x축상의 $x=-4\ \mathrm{m}$인 지점을 지나므로 물체의 가속도의 방향은 $+x$방향이다.

03 등속 원운동

반지름이 R인 원 궤도를 따라 등속 원운동을 하는 물체의 원운동의 주기를 T라 하면, 물체의 속력 $v=\frac{2\pi R}{T}$이다.

㉠. 원운동의 주기는 물체가 한 바퀴 회전하는 데 걸린 시간이다. 따라서 A, B의 주기는 각각 $2t_0$, t_0이므로 주기는 A가 B보다 크다.

~~ㄴ~~. 원운동의 반지름은 A가 B의 2배이고, 주기도 A가 B의 2배이므로 속력은 A와 B가 같다.

~~ㄷ~~. 구심 가속도의 크기 $a=\frac{v^2}{R}$이다. 속력은 A와 B가 같고, 원운동의 반지름은 A가 B의 2배이므로 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

04 등속 원운동

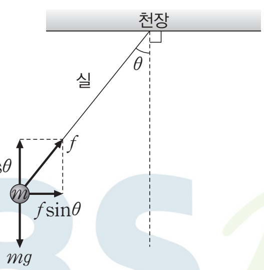
각속도의 크기 $\omega=\frac{\theta}{t}$(θ: 물체가 회전한 각, t: 시간)이다.

ㄱ. A, B가 회전한 각은 각각 180°, 90°이므로 각속도의 크기는 A가 B의 2배이다.

~~ㄴ~~. 물체의 원운동의 반지름이 R일 때, 물체의 속력 $v=R\omega$이다. A, B는 반지름이 같은 궤도를 따라 등속 원운동을 하고, 각속도의 크기는 A가 B의 2배이므로 속력은 A가 B의 2배이다.

~~ㄷ~~. 구심 가속도의 크기 $a=R\omega^2$이므로 A가 B의 4배이다.

05 등속 원운동



실에 매달린 질량이 m인 물체가 등속 원운동을 할 때, 물체에 작용하는 힘은 그림과 같다.(f: 실이 물체를 당기는 힘의 크기, θ: 실이 연직 방향과 이루는 각) 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $f\sin\theta$이다.

④ 연직 방향으로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $f\cos\theta=mg$이다. 따라서 $f^2=(f\sin\theta)^2+m^2g^2$이고, $f=\frac{5}{3}\times f\sin\theta$이므로 물체에 작용하는 구심력의 크기 $f\sin\theta=\frac{3}{4}mg$이다. 원운동의 주기를 T라 할 때, $\frac{3}{4}mg=\frac{4\pi^2mr}{T^2}$이므로 $T=2\pi\sqrt{\frac{4r}{3g}}$이다.

06 등속 원운동

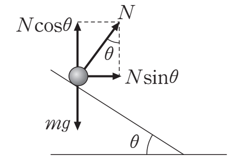
B, C의 질량을 각각 m_B, m_C라 할 때 (가), (나)에서 A에 작용하는 구심력의 크기는 각각 $m_Bg\sin\theta$, $m_Cg\sin\theta$이다.

~~ㄱ~~. 원운동의 주기를 T라 할 때, 물체의 각속도의 크기 $\omega=\frac{2\pi}{T}$이므로, A의 각속도의 크기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$배이다.

ㄴ. 원운동의 반지름을 r라 할 때, 등속 원운동을 하는 물체의 속력 $v=r\omega$이므로 A의 속력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{4}$배이다.

~~ㄷ~~. (가)에서 A의 속력을 v라 할 때, (가), (나)에서 A의 구심 가속도의 크기는 각각 $\frac{v^2}{l}$, $\frac{8v^2}{l}$이므로 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{8}$배이다. A에 작용하는 구심력의 크기가 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{8}$배이므로 질량은 B가 C의 $\frac{1}{8}$배이다.

07 등속 원운동



수평면과 원뿔대의 안쪽면이 이루는 각이 θ일 때, 원뿔대의 안쪽면을 따라 등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 힘은 그림과 같다.(m: 물체의 질량, N: 원뿔대가 물체에 작용하는 힘의 크기)

물체에 작용하는 알짜힘의 연직 성분은 0이므로 $N\cos\theta=mg$이고, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 $N\sin\theta$이다.

ㄱ. (가), (나)에서 원뿔대가 물체에 작용하는 힘의 크기를 각각 N_A, N_B라 할 때, $N_A\cos30°=N_B\cos45°$이므로 $N_A=\frac{\sqrt{6}}{3}N_B$이다. 따라서 원뿔대가 물체에 작용하는 힘의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

~~ㄴ~~. (가), (나)에서 물체에 작용하는 구심력의 크기는 각각 $\frac{1}{2}N_A$, $\frac{\sqrt{2}}{2}N_B$이다. $N_A=\frac{\sqrt{6}}{3}N_B$이므로 물체에 작용하는 구심력의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{3}$배이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 구심력의 크기 $F=\frac{4\pi^2mr}{T^2}$(m: 물체의 질량, r: 물체의 원운동의 반지름, T: 원운동의 주기)이다. (가), (나)에서 물체의 원운동의 반지름은 R로 같고, 물체에 작용하는 구심력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 물체의 원운동의 주기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

08 케플러 법칙

행성과 위성을 연결한 직선이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하다.

ㄱ. 위성에 작용하는 중력의 크기 $F=\frac{GMm}{r^2}$(G: 중력 상수, M: 행성의 질량, m: 위성의 질량, r: 행성과 위성 사이의 거리)이다. 행성으로부터 떨어진 거리는 a에서가 b에서보다 작으므로 위성에 작용하는 중력의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.

~~ㄴ~~. 위성의 가속도의 크기를 a라 할 때, $ma=\frac{GMm}{r^2}$이므로 $a=\frac{GM}{r^2}$이다. 행성으로부터 떨어진 거리는 b에서가 c에서보다 작으므로 위성의 가속도의 크기는 b에서가 c에서보다 크다.

ㄷ. 위성이 b에서 c까지 운동하는 동안 행성과 위성을 연결한 직선이 쓸고 지나간 면적은 $2S$이므로 위성이 a에서 b까지 운동하는 데 걸린 시간은 b에서 c까지 운동하는 데 걸린 시간의 $\frac{1}{2}$배이다.

09 케플러 법칙

위성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다.

ㄱ. A의 속력은 행성으로부터 가장 가까운 점 p를 지날 때 가장 크고, 행성으로부터 가장 먼 점을 지날 때 가장 작다.
ㄴ. 공전 궤도의 긴반지름은 A가 B보다 크므로 공전 주기는 A가 B보다 크다.
ㄷ. 위성의 가속도의 크기는 위성의 질량에 무관하고, 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다. 행성으로부터의 거리는 p에서가 q에서보다 크므로 p에서 A의 가속도의 크기는 q에서 B의 가속도의 크기보다 작다.

10 중력 법칙

위성에는 행성에 의한 중력만 작용하므로 위성의 가속도의 크기는 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.
ㄱ. p에서 B의 가속도의 크기는 $9a$이므로 p에서 A의 가속도의 크기는 $9a$이다.
ㄴ. B의 가속도 크기의 최댓값은 최솟값의 9배이므로 행성의 중심으로부터 p까지의 거리(A의 원 궤도의 반지름)는 행성의 중심으로부터 B가 가장 멀리 떨어진 지점까지의 거리의 $\frac{1}{3}$배이다. 따라서 A의 원 궤도의 반지름을 R라 할 때, B의 타원 궤도의 긴반지름은 $2R$이다.
ㄷ. 위성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례한다. B의 공전 주기가 $4T$이므로 A의 공전 주기는 $\sqrt{2}T$이다.

11 중력 법칙

위성에 작용하는 구심력의 크기 $F=m\frac{v^2}{r}$이다.
ㄱ. 위성에 작용하는 중력은 $\frac{GMm}{r^2}$이므로 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$이고, $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ … ①이다.
ㄴ. $T=\frac{2\pi r}{v}$를 제곱하면 $T^2=\frac{4\pi^2 r^2}{v^2}$ … ②이다. ①을 ②에 대입하면 $T^2=\left(\frac{4\pi^2}{GM}\right)\times r^3$이다.
ㄷ. 위성의 공전 주기는 인공위성의 질량에 무관하다.

12 중력 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기는 $\frac{GMm}{r^2}$(G: 중력 상수, M: 행성의 질량, m: 위성의 질량, r: 행성과 위성 사이의 거리)이다.
ㄱ. A, B의 질량을 각각 m_A, m_B라 할 때, $\frac{GMm_A}{R^2}=\frac{GMm_B}{4R^2}$이므로 $m_A=\frac{1}{4}m_B$이다.
ㄴ. 위성에 작용하는 중력의 크기는 위성에 작용하는 구심력의 크기와 같다. A의 질량을 m이라 할 때, B의 질량은 $4m$이고, A, B의 각속도의 크기를 각각 ω_A, ω_B라 할 때, $mR\omega_A{}^2=(4m)\times(2R)\times\omega_B{}^2$이므로 $\omega_A=2\sqrt{2}\omega_B$이다.
ㄷ. 공전 주기의 제곱은 위성의 공전 반지름의 세제곱에 비례한다. 공전 반지름은 B가 A의 2배이므로 A의 공전 주기를 T라 할 때, B의 공전 주기는 $2\sqrt{2}T$이다.

수능 3점 테스트

본문 43~47쪽

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

01 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체의 속력 $v=\frac{2\pi r}{T}$(r: 원운동의 반지름, T: 원운동의 주기)이고, 구심 가속도의 크기 $a=\frac{v^2}{r}$이다.
ㄱ. $t=3T$일 때, A는 y축상의 $y=d$인 지점을 지나고 B는 x축상의 $x=-3d$인 지점을 지난다.
ㄴ. A, B의 속력은 각각 $\frac{2\pi d}{3T}$, $\frac{3\pi d}{2T}$이므로 속력은 A가 B의 $\frac{4}{9}$배이다.
ㄷ. A의 속력을 v라 할 때, B의 속력은 $\frac{9}{4}v$이다. A의 구심 가속도의 크기 $a=\frac{v^2}{d}$이므로 ㉠$=\frac{\left(\frac{9}{4}v\right)^2}{3d}=\frac{27v^2}{16d}=\frac{27}{16}a$이다.

02 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력의 크기 $F=m\frac{v^2}{r}$(m: 물체의 질량, v: 물체의 속력, r: 원운동의 반지름)이다.
ㄱ. A의 질량을 m이라 할 때, (가), (나)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 각각 $2mg$, $\sqrt{2}mg$이다. (가), (나)에서 실이 A를 당기는 힘의 크기는 B, C에 작용하는 중력의 크기와 같으므로 질량은 B가 C보다 크다.
ㄴ. (가), (나)에서 A에 작용하는 구심력의 크기는 각각 $\sqrt{3}mg$, mg이고, A의 원운동의 반지름은 각각 $\frac{\sqrt{3}}{2}l$, l이므로 (가), (나)에서 속력은 각각 $\sqrt{\frac{3}{2}lg}$, $\sqrt{lg}$이다. 따라서 속력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{\sqrt{6}}{2}$배이다.
ㄷ. 원운동의 주기 $T=\frac{2\pi r}{v}$이다. A의 원운동의 반지름은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{\sqrt{3}}{2}$배이고, 속력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{\sqrt{6}}{2}$

배이므로 원운동의 주기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{\sqrt{2}}{2}$배이다.

03 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체의 원운동의 반지름 $r=\frac{vT}{2\pi}$(v: 물체의 속력, T: 원운동의 주기)이다. 등속 원운동을 하는 물체의 속도의 방향과 가속도의 방향은 서로 수직이다.

② (나)에서 P, Q에 해당하는 물체의 주기는 각각 $2t_0$, t_0이고, 물체의 속력은 각각 $2v$, $3v$이다. P, Q에 해당하는 물체의 원운동의 반지름은 각각 $\frac{4vt_0}{2\pi}$, $\frac{3vt_0}{2\pi}$이고, 원운동의 반지름은 A가 B보다 크므로 P는 A, Q는 B의 그래프이다. 등속 원운동을 하는 물체의 구심 가속도의 크기 $a=\frac{4\pi^2 r}{T^2}$이다. 원운동의 반지름은 A가 B의 $\frac{4}{3}$배이고, 주기는 A가 B의 2배이므로 구심 가속도의 크기는 A가 B의 $\frac{1}{3}$배이다. 등속 원운동을 하는 물체의 속도의 방향이 $+x$, $-x$방향일 때 물체의 가속도의 x성분은 0이고, 물체의 속도의 방향이 $+y$, $-y$방향일 때 물체의 가속도의 방향은 $+x$, $-x$방향이다.

04 등속 원운동

등속 원운동을 하는 물체에 작용하는 구심력의 크기 $F_r=\frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ (m: 물체의 질량, r: 원운동의 반지름, T: 원운동의 주기)이다.

④ q가 물체를 당기는 힘의 크기를 F라 할 때, p가 물체를 당기는 힘의 크기는 $\sqrt{3}F$이다. p, q가 물체를 당기는 힘의 수평 성분의 크기의 합은 물체에 작용하는 구심력의 크기와 같으므로 $\frac{\sqrt{3}}{2}F+\frac{\sqrt{3}}{2}F=\frac{4\sqrt{3}\pi^2 ml}{T^2}$이고, $F=\frac{4\pi^2 ml}{T^2}$이므로 $T=2\pi\sqrt{\frac{ml}{F}}$이다. p, q가 물체를 당기는 힘의 연직 성분의 크기의 합은 물체에 작용하는 중력의 크기와 같으므로 $\frac{3}{2}F+\frac{1}{2}F=mg$이고, $F=\frac{1}{2}mg$이다. 따라서 $T=2\pi\sqrt{\frac{2l}{g}}$이다.

05 등속 원운동

B에 작용하는 구심력의 크기는 A에 작용하는 중력의 크기와 같다. B가 p에서 q까지 운동하는 동안 C의 이동 거리는 d이므로 $d=\frac{1}{2}gt^2$(t: B가 p에서 q까지 운동하는 데 걸린 시간)이다.

① A, B의 질량을 각각 m_A, m_B, B의 속력을 v라 할 때, $m_A g=m_B\frac{v^2}{d}$이므로 $\frac{m_A}{m_B}=\frac{v^2}{gd}$ … ①이다. B가 p에서 q까지 운동하는 동안 B의 이동 거리는 $\frac{2}{3}\pi d$이므로 $t=\frac{2\pi d}{3v}=\sqrt{\frac{2d}{g}}$이고, $v^2=\frac{2\pi^2 gd}{9}$ … ②이다. ②를 ①에 대입하면 $\frac{m_A}{m_B}=\frac{2\pi^2}{9}$이다.

06 케플러 법칙

위성의 가속도의 크기는 행성으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례한다.

㉠. 행성으로부터의 거리는 a에서가 b에서보다 작으므로 위성의 가속도의 크기는 a에서가 b에서보다 크다.

~~ㄴ~~. 위성의 속력은 a에서 가장 크고, d에서 가장 작으므로 위성의 속력은 c에서가 d에서보다 크다.

㉢. 행성과 위성을 연결한 직선이 같은 시간 동안 쓸고 지나가는 면적은 일정하므로 위성의 타원 궤도의 면적은 $10S$이다. 따라서 위성이 a에서 d까지 운동하는 동안 위성과 행성을 연결한 직선이 쓸고 지나간 면적은 $5S$이므로 ㉠은 $2S$이다.

07 케플러 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기 $F=\frac{GMm}{r^2}$(G: 중력 상수, M: 행성의 질량, m: 위성의 질량, r: 행성의 중심에서 위성까지의 거리)이고, 위성의 가속도의 크기 $a=\frac{GM}{r^2}$이다.

~~ㄱ~~. 질량은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이므로 q에서 A에 작용하는 중력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기의 $\frac{1}{2}$배이다.

㉡. 위성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 B의 타원 궤도의 긴반지름은 $\frac{9}{4}R$이다. B의 가속도의 크기는 p에서가 r에서의 16배이므로 행성의 중심으로부터 p까지의 거리는 r까지의 거리의 $\frac{1}{4}$배이다. 따라서 행성의 중심으로부터 p까지의 거리를 x라 할 때, 행성의 중심으로부터 r까지의 거리는 $4x$이므로 $\frac{x+4x}{2}=\frac{9}{4}R$이고, $x=\frac{9}{10}R$이다.

~~ㄷ~~. 위성의 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터 떨어진 거리의 제곱에 반비례하므로 ㉠은 $\frac{81}{100}a$이다.

08 케플러 법칙

A, B에 작용하는 중력의 크기의 최댓값은 최솟값의 4배이므로 행성의 중심으로부터 가장 가까운 점까지의 거리는 가장 먼 점까지의 거리의 $\frac{1}{2}$배이다.

㉠. p에서 A에 작용하는 중력의 크기는 B에 작용하는 중력의 크기의 8배이므로 질량은 A가 B의 8배이다.

㉡. 행성의 중심으로부터 B가 가장 가까운 점까지의 거리를 R라 할 때, 행성의 중심으로부터 B가 가장 먼 점까지의 거리는 $2R$이

고, 행성의 중심으로부터 A가 가장 먼 점까지의 거리는 $4R$이다. 따라서 타원 궤도의 긴반지름은 A가 B의 2배이다.
ㄷ. A, B의 공전 주기는 각각 t_1, t_0이다. 공전 주기의 제곱은 타원 궤도의 긴반지름의 세제곱에 비례하므로 $t_1=2\sqrt{2}t_0$이다.

09 중력 법칙

위성에 작용하는 중력의 크기 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$($G$: 중력 상수, M: 행성의 질량, m: 위성의 질량, r: 행성의 중심에서 위성까지의 거리, v: 위성의 속력)이고, 위성의 가속도의 크기 $a=\frac{v^2}{r}$이다.
ㄱ. P의 원운동의 반지름은 r, 속력은 v이므로 $a=\frac{v^2}{r}$이다. 따라서 $\frac{8v^2}{r}=\frac{㉠^2}{2r}$이므로 ㉠$=4v$이다.
ㄴ. 위성의 원운동의 주기 $T=\frac{2\pi r}{v}$이므로 P, Q의 원운동의 주기는 각각 $\frac{2\pi r}{v}$, $\frac{\pi r}{v}$이다. 따라서 위성의 원운동의 주기는 P가 Q의 2배이다.
ㄷ. 행성의 질량 $M=\frac{rv^2}{G}$이므로 A, B의 질량은 각각 $\frac{rv^2}{G}$, $\frac{32rv^2}{G}$이다. 따라서 행성의 질량은 A가 B의 $\frac{1}{32}$배이다.

10 중력 법칙과 탈출 속도

중력 가속도의 크기는 행성의 중심으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다.
ㄱ. $x=0$, $x=4r_0$일 때 A에서의 중력 가속도의 크기는 각각 $9a$, a이므로 $\frac{1}{{r_A}^2}=9\times\frac{1}{(r_A+4r_0)^2}$이고, $r_A=2r_0$이다. $x=0$, $x=3r_0$일 때 B에서의 중력 가속도의 크기는 각각 $8a$, $2a$이므로 $\frac{1}{{r_B}^2}=4\times\frac{1}{(r_B+3r_0)^2}$이고, $r_B=3r_0$이다. 따라서 $r_A=\frac{2}{3}r_B$이다.
ㄴ. $x=0$일 때, A, B에서의 중력 가속도의 크기는 각각 $9a$, $8a$이므로 A, B의 질량을 각각 M_A, M_B라 할 때, $9a=\frac{GM_A}{(2r_0)^2}$이므로 $M_A=\frac{36a{r_0}^2}{G}$이고, $8a=\frac{GM_B}{(3r_0)^2}$이므로 $M_B=\frac{72a{r_0}^2}{G}$이다. 따라서 질량은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.
~~ㄷ~~. 행성의 질량이 M, 행성의 반지름이 R일 때, 행성의 표면에서의 탈출 속도는 $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$이다. 질량은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이고, 반지름은 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이므로 행성 표면에서 탈출 속도는 A가 B의 $\frac{\sqrt{3}}{2}$배이다.

04 일반 상대성 이론

수능 2점 테스트 본문 54~55쪽

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

01 가속 좌표계와 관성력

가속도 운동을 하는 좌표계를 가속 좌표계라고 하며, 가속 좌표계에서 뉴턴 운동 제2법칙을 적용하기 위해 도입된 가상적인 힘이 관성력이다. 관성력의 방향은 가속 좌표계의 가속도 방향과 반대 방향이다.
~~ㄱ~~. A의 좌표계에서 물체에 연직 방향으로 중력이 작용하고 $-x$방향으로 관성력이 작용하므로 가속도의 x방향 성분은 0이 아니다.
ㄴ. B의 좌표계에서 물체는 $+x$방향으로는 등속도 운동을, 연직 방향으로는 중력 가속도로 등가속도 운동을 하므로 물체는 포물선 운동을 한다.
ㄷ. B의 좌표계에서 물체의 관성력은 관찰되지 않으므로 물체에 작용하는 알짜힘은 중력과 같다.

02 가속 좌표계와 관성력

관성력은 가속 좌표계에서 도입된 가상적인 힘으로, 관성력의 방향은 가속 좌표계의 가속도 방향과 반대이고, 가속도의 크기가 a인 가속 좌표계에서 질량이 m인 물체에 작용하는 관성력의 크기는 ma이다.
~~ㄱ~~. A의 좌표계에서 물체가 빗면에 정지하기 위해서는 물체에 작용하는 관성력의 방향은 $-x$방향이어야 한다. 따라서 B의 좌표계에서 물체의 속력은 증가한다.
ㄴ. A의 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 크기는 $(2\times10)\tan45°$이므로 20 N이다.
~~ㄷ~~. A의 좌표계에서 물체에 작용하는 관성력의 크기는 20 N이므로 버스의 가속도의 크기는 10 m/s^{2}이다. 따라서 B의 좌표계에서 버스의 가속도의 크기는 10 m/s^{2}이다.

03 관성력

관성력의 방향은 가속 좌표계의 운동 방향과 상관없이 가속도 방향과 반대이므로 정지한 엘리베이터가 연직 위로 올라가기 시작하는 가속 구간에서 엘리베이터의 사람에게는 연직 아래로 관성력이 작용하고 연직 위로 올라가다가 정지하기 위한 감속 구간에서 엘리베이터의 사람에게는 연직 위로 관성력이 작용한다.
ㄱ. 정지 상태에서 학생에게 작용하는 중력의 크기는 500 N이고, A 구간에서 엘리베이터의 가속도 방향과 반대 방향으로 학생에

게 관성력이 작용하여 체중계의 눈금이 550 N이므로 A 구간에서 학생에게 작용하는 관성력의 크기는 50 N이다.
✗. B 구간에서 체중계의 눈금이 정지 상태일 때의 눈금과 같으므로 B 구간에서 엘리베이터는 등속도 운동을 한다.
✗. C 구간에서 학생에게 연직 윗방향으로 관성력이 작용하므로 엘리베이터의 운동 방향과 가속도의 방향은 서로 반대이다.

04 등가 원리

등가 원리에 의하면 관성력과 중력은 근본적으로 구별할 수 없다. 지표면에 정지해 있는 상자 안에서 물체를 가만히 놓을 때 물체는 중력 가속도 g로 자유 낙하 운동을 하는 것으로 관찰되고, 텅 빈 우주 공간에서 상자 바닥에 수직 위 방향으로 크기가 g로 일정한 가속도 운동하는 상자 안에서 물체를 가만히 놓을 때 B는 물체가 중력 가속도 g로 자유 낙하 운동을 하는 것으로 관찰한다.
㉠. A의 좌표계에서 공은 중력을 받아 낙하하므로 A의 좌표계에서 공에 작용하는 알짜힘은 중력과 같다.
㉡. (가)와 (나)에서 공을 놓은 순간 공의 가속도의 크기는 g로 동일하고, 상자 바닥으로부터 공의 높이는 같으므로 공을 놓은 순간부터 바닥에 도달할 때까지 걸린 시간은 (가)와 (나)에서 같다.
㉢. B는 상자 안에서 공의 운동이 상자 바닥 방향으로 가속도 크기가 g인 등가속도 운동을 하므로 물체의 낙하 운동이 중력에 의한 것인지, 관성력에 의한 것인지 구별할 수 없다.

05 시공간의 휘어짐

아인슈타인은 중력을 힘으로 간주하지 않고 시공간의 휘어짐과 관련이 있다고 제안하였는데, 질량이 큰 천체에 가까울수록 시공간의 휘어진 정도는 커진다.
㉠. 일반 상대성 이론에 의하면 중력의 영향으로 시공간이 휘어지는데, 시공간이 많이 휘어진 곳일수록 시간이 느리게 간다. 시공간이 휘어진 정도는 q에서가 p에서보다 크므로 시간은 q에서가 p에서보다 느리게 간다.
✗. 천체 주변의 시공간의 휘어진 정도는 천체의 질량에 의한 것이므로 천체의 질량이 커지면 천체 주변의 시공간의 휘어진 정도도 커진다.
㉢. 빛이 천체 주위에서 휘어진 경로로 진행하는 이유는 시공간이 휘어져 있기 때문이며, 이는 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

06 중력 렌즈 현상

먼 곳에 있는 밝은 별로부터 나온 빛이 지구에 도달할 때 중간에 질량이 매우 큰 천체가 있으면 빛이 휘어져 여러 개로 보이는데, 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하는 것을 중력 렌즈 효과라고 한다.
㉠. 타원 은하 주변의 시공간이 휘어짐으로 인해 타원 은하 뒤편에 존재하는 은하로부터 뻗어나온 빛이 휘어지게 하는 것은 마치 타원 은하에 의한 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하는 것으로, 이를 중력 렌즈 효과라고 한다.
㉡. 타원 은하 뒤편에 존재하는 은하에서 나온 빛은 타원 은하의 질량에 의해 휘어진 공간을 따라 진행하기 때문에 휘어진다.
㉢. 중력 렌즈 효과는 아인슈타인의 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.

07 탈출 속력

천체의 질량을 M, 반지름을 R, 중력 상수를 G라 할 때, 천체 표면에서 물체의 탈출 속력은 $v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$이므로 $\sqrt{\frac{M}{R}}$에 비례한다.
② 우주선의 탈출 속력이 $\sqrt{\frac{M}{R}}$에 비례하므로 $M_1 : M_2 : M_3 = (3R)(3v)^2 : (4R)(2v)^2 : (5R)(2v)^2 = 27 : 16 : 20$이다. 따라서 $M_1 > M_3 > M_2$이다.

08 블랙홀

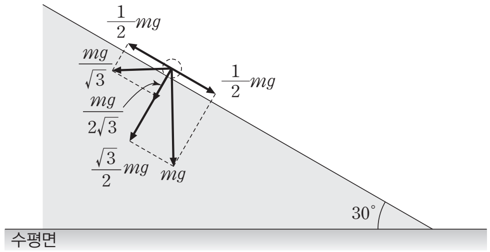
별이 핵융합 과정을 끝내고 초신성 폭발 이후 남은 질량이 태양 질량의 수 배에서 수십 배 이상이 되면 별은 계속 붕괴하여 밀도가 극도로 커지며 결국 블랙홀이 된다.
✗. 일반 상대성 이론에 따르면 질량이 큰 천체일수록 주변의 시공간을 휘게 하는 정도가 크며, 중력에 의한 수축으로 극도로 밀도가 큰 천체는 시공간을 극단적으로 휘게 만들어 블랙홀이 형성된다. 따라서 (가)에서 (나)로 되는 과정에서 A의 밀도는 증가한다.
㉡. 중력이 클수록 시간이 느리게 가므로 시간은 p에서가 q에서보다 느리게 간다.
㉢. 블랙홀에서의 탈출 속력은 빛의 속력보다 크므로 빛은 블랙홀에서 빠져나올 수 없다.

수능 3점 테스트 본문 56~60쪽

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

01 가속 좌표계와 관성력

B의 좌표계에서 빗면 위의 물체가 등속도 운동을 하므로 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다. 그림은 물체에 작용하는 중력과 관성력을 나타낸 것이다.



ㄱ. 버스의 가속도의 크기를 a라 할 때, 물체에 작용하는 관성력의 방향은 $-x$방향이고, 관성력의 크기는 ma이다. 물체에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $ma\cos30° = mg\sin30°$에서 $a = \frac{1}{\sqrt{3}}g$이다.

ㄴ. 물체가 빗면 위에서 등속도 운동을 하므로 관성력에 의해 물체의 운동 반대 방향으로 힘이 작용해야 한다. 따라서 A의 좌표계에서 버스의 가속도의 방향은 $+x$방향이다.

ㄷ. 빗면이 물체를 떠받치는 힘의 크기는

$\frac{\sqrt{3}}{2}mg + \frac{1}{2\sqrt{3}}mg = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$이다.

02 원운동하는 물체의 관성력

등속 원운동 하는 물체에 작용하는 관성력을 원심력이라고 한다. 원심력의 방향은 구심력의 방향과 반대이고, 원심력의 크기는 구심력의 크기와 같다.

ㄱ. $v = r\omega$이므로 $v_1 = r(2\omega) = 2r\omega$이고, $v_2 = 2r\omega$이므로 $v_1 = v_2$이다.

ㄴ. B의 좌표계에서 물체에 작용하는 원심력의 크기는 구심력의 크기와 같으므로 P에 작용하는 원심력의 크기는 $(2m)r(2\omega)^2 = 8mr\omega^2$이고, Q에 작용하는 원심력의 크기는 $2mr\omega^2$이다. 따라서 B의 좌표계에서 물체에 작용하는 원심력의 크기는 P가 Q의 4배이다.

ㄷ. A와 C의 각각의 좌표계에서 P와 Q에 작용하는 알짜힘은 구심력이고, 구심력의 크기는 원심력의 크기와 같으므로, P와 Q에 작용하는 알짜힘의 크기는 P가 Q의 4배이다.

03 등가 원리와 포물선 운동

A, B의 좌표계에서 물체는 우주선 바닥 방향으로 가속도가 각각 a_1, a_2인 포물선 운동을 하므로 최고점의 높이가 H, v_0의 우주선 바닥에 수직인 방향의 성분은 $v_0\sin\theta$, 우주선의 가속도의 크기가 a일 때, $H = \frac{(v_0\sin\theta)^2}{2a}$이다.

ㄱ. C의 좌표계에서, P와 Q의 물체는 우주선 바닥과 각 θ를 이루는 방향으로 v_0의 속력으로 등속 직선 운동을 하다가 우주선의 바닥에 충돌한다.

ㄴ. A, B의 좌표계에서, 물체는 각각 우주선 바닥 방향으로 a_1, a_2의 크기와 같은 크기의 가속도로 포물선 운동을 한다. P와 Q에서 $v_0\sin\theta$가 동일할 때, $H \propto \frac{1}{a}$이므로 a_1의 크기는 a_2의 크기의 $\frac{2}{3}$배이다.

ㄷ. P와 Q에서 물체가 최고점에 도달할 때 우주선 바닥에 수직인 방향의 속력이 0이므로 $0 = v_0\sin\theta - at$에서 $t \propto \frac{1}{a}$이다. 따라서 물체가 던져진 순간부터 최고점까지 도달하는 데 걸리는 시간은 A의 좌표계에서가 B의 좌표계에서의 $\frac{3}{2}$배이다.

04 관성력

우주선이 지표면에 정지해 있을 때 광원에서 맞은편 벽을 향해 연직 방향에 수직인 방향으로 방출한 빛이 c에 도달한 것은 중력에 의해 빛의 경로가 휘어졌기 때문이고, 이때 저울에 측정된 힘은 학생에게 작용하는 중력이다.

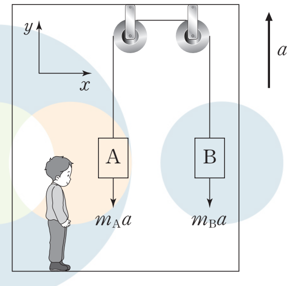
ㄱ. 빛이 a에 도달할 때, 우주선의 가속도의 방향은 우주선의 운동 방향과 반대 방향이고, 우주선의 가속도의 크기는 중력 가속도의 크기와 같다. 따라서 이때 우주선의 가속도의 크기는 g이다.

ㄴ. 빛이 b에 도달할 때, 우주선은 등속 직선 운동을 하므로 저울에 측정된 힘은 0이다.

ㄷ. 빛이 d에 도달하는 것은 우주선이 운동 방향으로 가속도 운동을 하기 때문에 관성력에 의해 나타난 현상이다. 따라서 학생에게 작용하는 관성력의 방향은 우주선의 운동 방향과 반대 방향이다.

05 관성력

A의 질량이 m_A, B의 질량이 m_B라면, 우주선이 $+y$방향으로 크기가 a인 가속도 운동을 할 때 A에는 크기가 $m_A a$인 관성력이, B에는 크기가 $m_B a$인 관성력이 $-y$방향으로 작용하여 A와 B의 가속도의 크기가 a'일 때, 우주선의 관성계에서 A에 작용하는 알짜힘의 크기는 $m_A a' = m_A \frac{m_B - m_A}{m_A + m_B} a$이다.



ㄱ. 우주선이 가속도 운동을 할 때, A의 변위가 $+y$방향이므로 B의 변위는 $-y$방향이다. 따라서 물체의 질량은 B가 A보다 크다.

ㄴ. A의 가속도의 크기가 a'일 때, $a = \left(\frac{m_A + m_B}{m_B - m_A}\right)a'$이다. t_0일 때 $a' = \frac{v_0}{2t_0}$이고, $3t_0$일 때 $a' = \frac{v_0}{t_0}$이므로 a의 크기는 $3t_0$일 때가 t_0일 때의 2배이다.

~~ㄷ~~. 알짜힘의 방향은 가속도의 방향과 같으므로 A의 알짜힘의 방향은 $+y$방향, B의 알짜힘의 방향은 $-y$방향으로 서로 반대 방향이다.

06 일반 상대성 이론

일반 상대성 이론에 의하면 중력은 힘이 아닌 시공간의 휘어짐과 관련이 있고, 빛은 휘어진 시공간을 따라 진행한다.
ㄱ. 사진을 통해 태양 주위의 시공간이 휘어져 있음을 확인하였으므로 A는 '일반 상대성 이론'이 적절하다.
~~ㄴ~~. 실제 P에서 진행하던 빛이 태양 주위의 휘어진 시공간을 따라 진행하여 관찰될 때는 실제 P의 위치보다 태양으로부터 멀리 떨어져 있으므로 개기일식 때 촬영된 P의 위치는 ㉡이다.
ㄷ. 사진을 통해 별들의 위치가 개기일식 동안 실제 위치에서 태양으로부터 멀리 떨어진 위치로 이동하는 것이 확인된다. 이는 별에서 나온 빛이 태양 주위를 지날 때 휘어지는 것을 확인하는 증거가 된다.

07 중력 렌즈 효과

빛이 질량이 큰 은하와 같은 천체에 의해 휘어진 시공간을 지날 때 빛의 진행 방향이 휘어진다. 이처럼 중력이 렌즈처럼 빛을 휘게 하는 것을 중력 렌즈 효과라고 한다.
ㄱ. 별에서 나온 빛이 지구에 도달할 때 질량이 큰 은하 주변은 시공간이 휘어져 있고, 빛은 은하 주변을 지날 때 휘어진 시공간을 따라 진행하므로 별의 상이 여러 개로 보이는 중력 렌즈 효과를 관찰할 수 있다.
ㄴ. 은하의 질량이 클수록 별에서 나온 빛이 은하 주변을 지날 때 더 많이 휘어진 시공간을 지난다. P와 은하 사이의 거리가 같다면 별에서 나와 지구에 도달하는 빛이 은하 주변을 지날 때 (나)에서가 (가)에서보다 더 먼 곳을 지나므로 은하의 질량은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
~~ㄷ~~. 은하의 질량이 같을 때, 은하와 지구 사이의 거리가 작을수록 P와 Q 사이의 간격은 커진다. 따라서 P와 은하 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

08 중력파

천체의 질량에 의해 시공간이 휘어져 있으므로 블랙홀이 합쳐지거나 초신성의 폭발과 같은 현상이 발생하면 질량의 공간적 분포에 변화가 생기게 되어 주위의 시공간이 요동을 치게 되고, 이 흔들림이 파동으로 퍼져 나가는 것을 중력파라고 한다.
ㄱ. 질량의 공간적 분포에 변화가 생겨 주위의 시공간이 요동을 치며 발생한 파동을 중력파라고 한다.
ㄴ. 중력파는 아인슈타인의 일반 상대성 이론으로 설명할 수 있다.
ㄷ. 블랙홀은 질량이 매우 큰 별의 밀도가 극도로 커져 형성된 천체이므로 블랙홀에 가까이 갈수록 시공간이 극단적으로 휘어진다. 따라서 블랙홀에 가까이 갈수록 시공간의 휘어진 정도가 크다.

09 탈출 속력

탈출 속력은 물체가 천체의 중력을 벗어나 무한히 먼 곳까지 가기 위한 최소한의 속력을 말한다. 천체의 질량이 M, 천체의 반지름이 R일 때 천체 표면에서의 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{M}{R}}$에 비례한다.
~~ㄱ~~. $v_1 : v_2 = \sqrt{\frac{M}{2R}} : \sqrt{\frac{6M}{3R}}$이므로 $v_1 : v_2 = 1 : 2$이다.
~~ㄴ~~. $v_1 < v_2$이므로 A의 표면에서 우주선이 연직 위 방향으로 v_2의 속력으로 발사되면 우주선은 A를 탈출할 수 있다.
ㄷ. 탈출 속력은 천체의 반지름의 제곱근에 반비례하므로 B에서 질량은 그대로인데 반지름만 $3R$보다 작아지면 우주선이 탈출하기 위한 속력은 v_2보다 커진다.

10 블랙홀

블랙홀은 질량이 매우 큰 별이 진화의 마지막 단계에서 자체 중력이 매우 커서 스스로 붕괴되어 빛조차도 탈출할 수 없는 천체이다.
ㄱ. ㉠은 빛조차 빠져나오지 못하는 천체이므로 블랙홀이다.
ㄴ. 블랙홀을 형성하는 천체가 중력에 의한 수축에 의해 극도로 밀도가 커져서 블랙홀이 되고, 블랙홀 주변의 시공간을 극단적으로 휘게 만든다.
ㄷ. 가운데 어두운 부분(㉡)에서는 빛조차도 빠져나오지 못하므로 ㉡에서 탈출 속력은 빛의 속력보다 크다.

05 일과 에너지

수능 2점 테스트 본문 70~73쪽

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

01 알짜힘이 하는 일

A와 B에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다.

㉠. A가 P에 도달하는 순간 정지하므로 B가 Q에 도달하는 순간의 속력은 A가 Q를 지나는 순간의 속력과 같다. P에서 Q의 구간에서 A와 B의 운동 에너지 변화량의 크기가 같으므로 A와 B에 작용한 알짜힘이 한 일의 양은 같다.

㉡. A의 운동 에너지 감소량은 A에 작용한 중력이 한 일의 양과 같다. 따라서 A의 운동 에너지의 감소량은 mgh이다.

~~㉢~~. Q에서 A와 B의 속력을 v라고 하면, $\frac{1}{2}mv^2=mgh$에서 $v=\sqrt{2gh}$이다.

02 알짜힘이 하는 일, 마찰력이 하는 일

수평면에서 A에 작용하는 알짜힘이 한 일은 A의 운동 에너지 변화량과 같다. 마찰력은 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하고, 물체의 역학적 에너지를 감소시키므로 마찰 구간에서 감소한 A의 역학적 에너지는 수평면에서 A의 운동 에너지의 최댓값에서 빗면에서 정지한 순간 A의 중력 퍼텐셜 에너지를 뺀 것과 같다.

㉠. 수평면에서 A의 운동 에너지의 최댓값은 정지 상태에서 2 m를 이동하는 동안 15 N의 힘이 A에 한 일과 같으므로 30 J이다.

㉡. A가 빗면에 도달하기 전 A의 운동 에너지는 30 J이고, A가 빗면에서 정지한 순간 A의 중력 퍼텐셜 에너지는 24 J이므로 마찰 구간에서 감소한 A의 역학적 에너지는 6 J이다. 마찰 구간에서 A에 작용한 마찰력의 크기가 f일 때 $f\times 2\text{ m}=6\text{ J}$에서 $f=3\text{ N}$이다.

㉢. A가 빗면에서 내려와 수평면에 도달할 때 A의 운동 에너지는 18 J이고, A의 속력이 v일 때 $\frac{1}{2}\times 1\text{ kg}\times v^2=18\text{ J}$에서 $v=6\text{ m/s}$이다.

03 일 · 운동 에너지 정리

물체에 작용한 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같고, 물체가 마찰 구간을 지날 때 마찰력에 의해 역학적 에너지가 감소한다.

㉠. 속력-시간 그래프에서 그래프 밑면적은 물체의 이동 거리와 같다. 0초부터 2초까지 아래 면적(d_1)은 4 m이고, 2초부터 3초까지 아래 면적(d_2)은 4.5 m이므로 $\frac{d_1}{d_2}=\frac{8}{9}$이다.

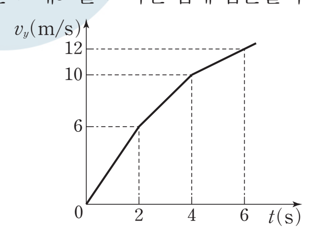
~~㉡~~. $d_1=4\text{ m}$이고, 2초일 때 물체의 운동 에너지는 16 J이므로 0초부터 2초까지 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 4 N이다. 3초일 때 물체의 운동 에너지는 25 J이므로 마찰 구간에서 증가한 물체의 운동 에너지는 9 J이다. $d_2=4.5\text{ m}$이므로 마찰 구간에서 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 2 N이다. 따라서 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 1초일 때가 2.5초일 때의 2배이다.

[별해] 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도의 크기이고, 알짜힘의 크기에 비례한다. 1초일 때 물체의 가속도의 크기는 2 m/s^2이고, 2.5초일 때 물체의 가속도의 크기는 1 m/s^2이므로 물체에 작용한 알짜힘의 크기는 1초일 때가 2.5초일 때의 2배이다.

~~㉢~~. 마찰 구간에서 물체에 작용한 알짜힘의 크기가 2 N이므로 마찰력의 크기는 2 N이고, $d_2=4.5\text{ m}$이므로 물체가 마찰 구간을 지나는 동안 마찰력이 한 일의 양은 9 J이다.

04 일 · 운동 에너지 정리

알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 가속도-시간 그래프의 밑면적은 물체의 속도 변화량과 같으므로 시간에 따른 속도의 y성분 그래프를 그리면 쉽게 접근할 수 있다.



~~㉠~~. 속도-시간 그래프의 기울기는 가속도와 같으므로 3초일 때 가속도의 x성분은 1 m/s^2이고, 가속도의 y성분은 2 m/s^2이므로 가속도의 크기는 $\sqrt{5}\text{ m/s}^2$이다. 5초일 때 가속도의 x성분은 1 m/s^2이고, 가속도의 y성분은 1 m/s^2이므로 가속도의 크기는 $\sqrt{2}\text{ m/s}^2$이다. 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 가속도의 크기에 비례하므로 3초일 때가 5초일 때의 $\sqrt{\frac{5}{2}}$배이다.

㉡. 0초일 때 물체는 정지해 있고, 2초일 때 물체의 속도의 x성분은 4 m/s이고, 속도의 y성분은 6 m/s이므로 속도의 크기는 $\sqrt{52}$ m/s이다. 따라서 물체의 운동 에너지는 52 J이다.

㉢. 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 2초일 때 물체의 속도의 크기는 $\sqrt{52}$ m/s이고, 6초일 때 물체의 속도의 크기는 $\sqrt{208}$ m/s이므로 물체의 운동 에너지 변화량은 156 J이다. 따라서 2초부터 6초까지 알짜힘이 한 일은 156 J이다.

05 마찰력이 한 일

마찰력의 방향은 운동 방향과 반대 방향이므로 마찰력이 물체에 한 일만큼 물체의 역학적 에너지는 감소한다.

~~ㄱ~~. 물체의 가속도의 크기가 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 2배이고, Ⅰ과 Ⅱ에서 물체가 이동한 거리가 같으므로 마찰력이 한 일의 양은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 2배이다. Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 양이 W라면 Ⅰ과 Ⅱ에서 마찰력이 한 일의 양의 합은 $3W$이므로 $4mgh-3W=mgh$에서 $W=mgh$이다. a에서 물체의 속력은 $2\sqrt{2gh}$이고, Ⅰ에서 마찰력이 한 일이 $2mgh$이므로 b에서 물체의 속력은 $v_0=2\sqrt{gh}$이다. 따라서 a에서 물체의 속력은 $\sqrt{2}v_0$이다.

ㄴ. Ⅰ에서 마찰력이 물체에 한 일은 $2mgh$이므로 $\frac{1}{2}mv_0^2$이다.

ㄷ. Ⅱ에서 물체의 가속도의 크기가 a일 때, $mad=mgh$이므로 $a=\frac{gh}{d}$이다.

06 알짜힘이 한 일

물체에 작용한 알짜힘의 크기는 $t=\frac{3}{2}t_0$일 때가 $t=\frac{1}{2}t_0$와 $t=\frac{5}{2}t_0$일 때의 2배이고, 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. A를 지나면서 물체의 역학적 에너지는 감소한다.

② 물체의 질량이 m이라면 $t=0$부터 $t=t_0$까지 물체의 운동 에너지 감소량은 $\frac{1}{2}m(4v)^2-\frac{1}{2}m(3v)^2=\frac{7}{2}mv^2$이고, 물체가 이동한 거리는 $\frac{7}{2}vt_0$이다. 따라서 물체가 $\frac{1}{2}vt_0$을 이동할 때마다 $\frac{1}{2}mv^2$만큼의 중력 퍼텐셜 에너지가 증가한다. $t=0$부터 $t=3t_0$까지 물체가 이동한 거리는 속력−시간 그래프의 밑면적과 같으므로 $6vt_0$이다. 따라서 p에서 q까지 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량 $E_2=6mv^2$이고, 물체의 운동 에너지 감소량은 $E_1=\frac{1}{2}m(4v)^2=8mv^2$이다. 따라서 $\frac{E_1}{E_2}=\frac{4}{3}$이다.

07 알짜힘이 한 일

시간에 따른 속도의 성분 그래프 아래 면적은 시간에 따른 변위의 x성분과 y성분을 나타내고, 기울기는 시간에 따른 가속도의 x성분과 y성분을 나타낸다.

ㄱ. 0초부터 4초까지 가속도의 x성분 $a_x=-1\ \mathrm{m/s^2}$이고, 0초부터 1초까지 가속도의 y성분 $a_y=2\ \mathrm{m/s^2}$이므로 0.5초일 때 가속도의 크기는 $\sqrt{5}\ \mathrm{m/s^2}$이다. 1초부터 4초까지 가속도의 y성분 $a_y=0$이므로 2초일 때의 가속도의 크기는 $1\ \mathrm{m/s^2}$이다. 따라서 물체의 가속도의 크기는 0.5초일 때가 2초일 때의 $\sqrt{5}$배이다.

ㄴ. 2초부터 3초까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 2초일 때 물체의 속도의 크기는 $2\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$이고, 3초일 때 물체의 속도의 크기는 $\sqrt{5}\ \mathrm{m/s}$이다. 따라서 2초부터 3초까지 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일의 양은 $\frac{1}{2}(1\ \mathrm{kg})(2\sqrt{2}\ \mathrm{m/s})^2-\frac{1}{2}(1\ \mathrm{kg})(\sqrt{5}\ \mathrm{m/s})^2=1.5\ \mathrm{J}$이다.

ㄷ. 2초부터 4초까지 물체의 가속도의 크기는 $1\ \mathrm{m/s^2}$으로 일정하므로 물체에 작용하는 알짜힘의 크기는 일정하다.

08 포물선 운동과 역학적 에너지

중력만 받으며 포물선 운동을 하는 물체는 수평 방향으로 등속도 운동을 하고 연직 방향으로 가속도가 중력 가속도 g인 등가속도 운동을 한다.

~~ㄱ~~. 물체가 곡면에서 수평면에 닿기 직전까지 물체의 역학적 에너지는 보존된다. 물체의 질량이 m, 중력 가속도가 g일 때, 곡면 끝에서 $\frac{1}{2}mv_1^2=mgh$에서 $v_1=\sqrt{2gh}$이고, 수평면에 닿기 직전에 $\frac{1}{2}mv_2^2=mg(2h)$에서 $v_2=2\sqrt{gh}$이다. 따라서 v_2는 v_1의 $\sqrt{2}$배이다.

ㄴ. 수평면에 닿기 직전 속도의 연직 성분은 $\sqrt{2gh}$이고, 곡면 끝에서 수평면에 닿기 직전까지 걸린 시간이 t일 때, $\sqrt{2gh}=gt$에서 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$이다. 수평 방향으로 물체는 등속도 운동을 하므로 $R=\sqrt{2gh}\times t=2h$이다.

ㄷ. 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 증가량과 같고, 운동 에너지 증가량은 중력 퍼텐셜 에너지 감소량과 같으므로 곡면에서 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 mgh이고, 곡면 끝에서 수평면에 도달하는 순간까지 운동하는 동안 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일은 mgh로 같다.

09 포물선 운동과 역학적 에너지

빗면이 끝나는 지점에서 물체는 수평면과 45°를 이루는 방향으로 던져진 포물선 운동을 시작한다. 포물선 운동을 시작한 물체는 수평 방향으로 $6\cos45°(\mathrm{m/s})$의 속력으로 등속도 운동을 하고, 연직 방향으로 처음 속도가 $6\sin45°(\mathrm{m/s})$이고 가속도의 크기가 중력 가속도 $10\ \mathrm{m/s^2}$인 등가속도 운동을 한다.

ㄱ. 수평면에서 중력 퍼텐셜 에너지가 0일 때 빗면이 끝나는 지점에서 물체의 역학적 에너지는 $(1\ \mathrm{kg})(10\ \mathrm{m/s^2})(3\ \mathrm{m})+\frac{1}{2}(1\ \mathrm{kg})(6\ \mathrm{m/s})^2=48\ \mathrm{J}$이다. 물체가 빗면에서 이동한 거리는 $3\sqrt{2}\ \mathrm{m}$이므로 빗면에서 물체에 작용하는 힘 F의 크기가 F일 때, $F\times(3\sqrt{2}\ \mathrm{m})=48\ \mathrm{J}$에서 $F=8\sqrt{2}\ \mathrm{N}$이다.

ㄴ. 빗면이 끝난 지점부터 최고점까지 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 운동 에너지 감소량과 같다. 최고점에서 물체의 속력은 $3\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$이므로 운동 에너지 감소량은 $\frac{1}{2}(1\ \mathrm{kg})(6\ \mathrm{m/s})^2-\frac{1}{2}(1\ \mathrm{kg})(3\sqrt{2}\ \mathrm{m/s})^2=9\ \mathrm{J}$이므로 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량은 $9\ \mathrm{J}$이다.

ㄷ. 빗면이 끝나는 지점부터 수평면에 v로 닿기 직전까지 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 $48\text{ J}=\frac{1}{2}(1\text{ kg})v^2$에서 $v=4\sqrt{6}\text{ m/s}$이다.

10 단진동과 역학적 에너지 보존

단진동을 하는 물체는 양쪽 최고 높이에서 최저점으로 이동하는 동안 최고 높이와 최저점의 높이 차에 해당하는 중력 퍼텐셜 에너지만큼 운동 에너지가 증가하여 최저점에서 운동 에너지가 최대가 된다.

~~ㄱ~~. 단진동하는 추의 역학적 에너지는 일정하게 유지되므로 a에서 b로 이동하는 동안 추의 역학적 에너지는 증가하지 않는다.
ㄴ. b는 단진자 운동을 하는 추의 최저점이므로 추의 운동 에너지가 최대이다. 따라서 b에서 추의 속력은 최대이다.
ㄷ. 단진자의 주기는 $2t_0=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 $t_0=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

11 단진동과 역학적 에너지 보존

단진동의 최저점에서 물체의 운동 에너지는 최저점을 기준으로 최고점에서 물체의 중력 퍼텐셜 에너지와 같다.

ㄱ. 최저점에서 최고점까지 A의 높이는 $l(1-\cos\theta)$이고, B의 높이는 $2l(1-\cos\theta)$이다. 최저점에서의 속력은 최저점에서 최고점까지 높이의 제곱근에 비례하므로 최저점에서 물체의 속력은 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.
ㄴ. 최저점을 기준으로 A의 중력 퍼텐셜 에너지는 $2mgl(1-\cos\theta)$이고, B의 중력 퍼텐셜 에너지는 $mg\times2l(1-\cos\theta)$이므로 A와 B가 같다.
~~ㄷ~~. 실의 길이가 l이고 중력 가속도가 g일 때 단진동의 주기는 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 주기는 실의 길이의 제곱근에 비례하여 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.

12 단진동과 포물선 운동의 역학적 에너지 보존

추의 최저점을 기준으로 최고점에서 추의 중력 퍼텐셜 에너지는 최저점에서 추의 운동 에너지이고, 수평면을 기준으로 실이 끊어진 지점(최저점)부터 추의 역학적 에너지는 보존된다.

① 추의 질량을 m, 중력 가속도를 g라 할 때, 단진자의 최저점에서 최고점까지의 높이는 $h-h\cos30°=\frac{2-\sqrt{3}}{2}h$이므로 역학적 에너지 보존에 의해 $\frac{2-\sqrt{3}}{2}mgh=\frac{1}{2}mv_1^2$에서 $v_1^2=(2-\sqrt{3})gh$이다. 줄이 끊어진 최저점에서 추의 역학적 에너지는 $mgh+\frac{1}{2}mv_1^2$이므로 역학적 에너지 보존에 의해 $mgh+\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}mv_2^2$에서 $v_2^2=(4-\sqrt{3})gh$이다. 따라서 $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2=\frac{5-2\sqrt{3}}{13}$이다.

13 단진동

실의 길이가 l이고 중력 가속도가 g일 때 단진동의 주기는 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 단진동의 주기는 실의 길이의 제곱근에 비례하고, 중력 가속도의 제곱근에 반비례한다.

④ (가)에서 실의 길이가 l, 중력 가속도가 g일 때, 단진동의 주기는 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이고, (나)에서 실의 길이가 l, 행성의 중력 가속도가 g'일 때, $T=2\sqrt{3}\times\left(2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}\right)$에서 $g'=12g$이다.

14 열과 일

열을 받은 수증기가 팽창하면 수증기는 일을 한다. 이는 열에너지가 일로 전환되는 과정이다. 사포로 나무를 문지르면 열이 발생하는데, 이는 일이 열로 전환되는 과정이다.

A. 물은 열원으로부터 열을 공급받아 수증기를 발생시키고, 수증기가 팽창해서 피스톤을 미는 일을 하므로 물에 공급한 열의 일부는 일로 전환된다.
B. 수증기의 온도가 올라가면 수증기 입자의 속력이 커지므로 수증기 입자의 운동 에너지가 커진다.
C. 사포에 힘을 작용하여 발생한 열은 사포에 작용한 힘이 한 일의 일부가 열로 전환된 것이다.

15 열의 일당량

기체가 팽창하면 기체는 외부에 일을 한다. 열의 일당량은 $J=4.2\times10^3\text{ J/kcal}$이고, 이는 1 kcal의 열에너지가 4.2 kJ의 역학적 에너지에 해당함을 의미한다.

② 팽창 후 기체의 부피가 V일 때
$\frac{3\times10^{-2}}{300}=\frac{V}{360}$에서 $V=3.6\times10^{-2}\text{m}^3$이므로 부피의 차이($\Delta V$)는 $0.6\times10^{-2}\text{m}^3$이다. 따라서 기체의 압력이 P일 때, 기체가 한 일은
$W=P\Delta V=10^5\times(0.6\times10^{-2})=600\text{ J}$이고, 열의 일당량이 4.2 J/cal이므로 $W=600\text{ J}\times\frac{1}{4.2\text{ J/cal}}=\frac{1000}{7}\text{ cal}$이다.

16 줄의 실험

추가 낙하하는 동안 중력이 추에 한 일 W와 열량계 속에서 회전 날개와 물의 마찰로 발생한 열량 Q 사이에는 $W=JQ$의 관계가 성립하고, 비례 상수 J를 열의 일당량이라고 한다.

ㄱ. 중력은 추에 일을 하고, 추가 낙하하면서 열량계 안의 날개를 회전시키므로 액체의 온도가 올라가게 된다. 따라서 중력이 추에 한 일은 액체를 데우는 열로 전환된다.

~~ㄴ~~. 비열은 B가 A보다 크므로 같은 일을 받았을 때 온도 변화량은 A가 B보다 크다. 따라서 $T_1 > T_2$이다.

~~ㄷ~~. A의 질량을 m_A라 할 때, $Jc_0 m_A T_1 = mgh$이다. 따라서 $m_A = \frac{mgh}{Jc_0 T_1}$이다.

수능 3점 테스트

본문 74~81쪽

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

01 알짜힘이 한 일

A~E가 정지해 있을 때, A와 B에 빗면 아래로 빗면과 나란하게 작용하는 합력의 크기는 D와 E에 작용하는 중력의 크기와 같으므로 90 N이고, A에 60 N, B에 30 N의 힘이 빗면 아래로 빗면과 나란하게 작용한다.

ㄱ. 2초 이후 B, C, D만 실로 연결되어 운동하므로 알짜힘의 크기는 30 N이고, $30 = (5+M+6) \times 2$에서 $M = 4$ kg이다.

ㄴ. 0초부터 2초까지 실로 연결된 B~E 전체에 작용하는 알짜힘의 크기는 60 N이므로 C의 가속도의 크기는 $60 = (5+4+6+3)a$에서 $a = \frac{10}{3}$ m/s^{2}이다. 2초일 때 연결된 물체들의 속력은 $\frac{20}{3}$ m/s이고, 0초부터 2초까지 연결된 물체들의 이동 거리는 $\frac{20}{3}$ m이다. B와 C의 역학적 에너지 증가량은 D와 E의 역학적 에너지 감소량과 같다. D와 E의 감소한 역학적 에너지는 $\frac{1}{2} \times 9 \times \left(\frac{20}{3}\right)^2 - 9 \times 10 \times \frac{20}{3} = -400$(J)이므로 B와 C의 역학적 에너지 증가량은 400 J이다.

~~ㄷ~~. p를 끊은 후 A에 빗면 아래로 빗면과 나란하게 작용하는 힘의 크기는 60 N이므로 A의 가속도의 크기는 $\frac{60}{10} = 6$ m/s^{2}이다.

02 알짜힘이 한 일과 일 · 운동 에너지 정리

그림 (가)에서 수평면과 빗면 사이의 각이 θ, 중력 가속도가 g일 때, A가 빗면을 내려가면서 Ⅰ에서 등속도 운동을 하였으므로 A의 운동 방향으로 작용하는 힘의 크기 $mg\sin\theta$와 F는 같다. 그림 (나)의 Ⅰ에서 B에 작용하는 빗면과 나란한 빗면 아래 방향으로의 힘의 크기는 $2mg\sin\theta = 2F$이고, B의 운동 방향과 반대 방향으로 B에 작용하는 크기는 $mg\sin\theta = F$이다.

ㄱ. Ⅰ에서 크기가 F인 힘은 운동 반대 방향으로 작용하므로 B가 올라갈 때 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 운동 반대 방향으로 $3F$이고, B가 내려갈 때 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 운동 방향으로 F이다. 따라서 Ⅰ에서 B에 작용한 알짜힘의 크기는 빗면을 올라갈 때가 내려갈 때의 3배이다.

ㄴ. B가 빗면 위로 p를 지나 정지할 때까지 알짜힘이 한 일은 p에서 Ⅰ에 들어가기 전까지 운동 반대 방향으로 크기가 $2F$인 힘이 d만큼 이동하는 동안 작용하고, Ⅰ에서 운동 반대 방향으로 크기가 $3F$인 힘이 $2d$만큼 이동하는 동안 작용한다. 따라서 $2Fd + 3F(2d) = 8Fd = \frac{1}{2}(2m)v^2$에서 $F = \frac{mv^2}{8d}$이다.

ㄷ. Ⅰ에서 정지한 B가 다시 빗면 아래로 운동하여 p를 지나는 순간의 속력이 v_p일 때, B가 정지 상태에서 p까지 운동하는 동안 알짜힘이 한 일은 $F(2d) + 2Fd = 4Fd = \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}(2m)v_p^2$이므로 $v_p = \frac{v}{\sqrt{2}}$이다.

03 알짜힘이 한 일과 일 · 운동 에너지 정리

p에서 B에 수평 방향으로 크기가 F인 힘을 작용할 때 A와 B가 정지해 있으므로 빗면과 나란하게 빗면 아래 방향으로 A에 작용하는 힘의 크기는 F이다. B가 p에서 r까지 이동하는 동안 B에 작용한 알짜힘이 한 일은 r에서 B의 운동 에너지와 같다.

~~ㄱ~~. B가 p에서 q까지 이동하는 동안 A와 B에 작용하는 알짜힘의 크기는 F이고, A와 B의 질량의 비에 따라 A에는 크기가 $\frac{1}{3}F$인 알짜힘이, B에는 크기가 $\frac{2}{3}F$인 알짜힘이 각각 운동 방향으로 작용한다. p에서 q까지 B에 작용한 알짜힘이 한 일은 A의 중력 퍼텐셜 에너지 증가량의 $\frac{2}{3}$배이므로 $\frac{2}{3}F \times 2h = \frac{2}{3}mgh$에서 $F = \frac{1}{2}mg$이다.

[별해] B가 p에 정지해 있을 때, 실로 연결된 A와 B에 작용하는 알짜힘은 0이므로 $F = mg\sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$이다.

ㄴ. p에서 q까지 알짜힘이 B에 한 일은 $\frac{2}{3}\left(\frac{1}{2}mg\right)(2h) = \frac{2}{3}mgh$이고, q에서 r까지 알짜힘이 B에 한 일은 $2\left(\frac{1}{2}mg\right)(2h) = 2mgh$이다. r에서 B의 속력이 v라면 $\frac{1}{2}(2m)v^2 = \frac{8}{3}mgh$에서 $v = \frac{2\sqrt{6gh}}{3}$이다.

ㄷ. r에서 B의 역학적 에너지는 $(2m)g(3h) + \frac{8}{3}mgh = \frac{26}{3}mgh$

이므로 B가 빗면에 정지한 순간 $(2m)gH_2=\frac{26}{3}mgh$에서 $H_2=\frac{13}{3}h$이다. q에서 실이 끊어지는 순간 A의 역학적 에너지는 $mg(2h)+\frac{1}{3}\left(\frac{1}{2}mg\right)(2h)=\frac{7}{3}mgh$이므로 A가 빗면에 정지한 순간 $mgH_1=\frac{7}{3}mgh$에서 $H_1=\frac{7}{3}h$이다. 따라서 $H_2-H_1=2h$이다.

04 마찰력이 한 일, 일 · 운동 에너지 정리

마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 감소량은 마찰력이 물체에 한 일과 같고, (나)의 마찰 구간에서 물체의 운동 에너지 증가량은 물체에 작용하는 알짜힘이 한 일과 같다. 물체가 (가)의 p를 지나 (나)의 p를 지날 때까지 물체는 마찰력이 한 일만큼 역학적 에너지가 감소한다.

⑤ 물체의 질량이 m일 때, (가)에서 역학적 에너지 보존에 의해 $E_0=8mgh$이다. 오른쪽 빗면에서 물체에 작용하는 중력에 의해 운동 방향과 반대 방향으로 작용하는 힘의 크기를 f_1, 마찰 구간에서 물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하는 마찰력의 크기를 f_2, pq 사이의 거리를 s, qr 사이의 거리를 d라 할 때, (가)의 마찰 구간에서 물체의 역학적 에너지 감소량은 (나)의 마찰 구간에서 물체의 운동 에너지 증가량과 같으므로 $f_2d=(f_1-f_2)d$에서 $f_1=2f_2$이고, pq 구간에서 $E_0-E=f_1s$이다. 물체가 (가)의 p를 지나 (나)의 p를 지날 때까지 손실된 역학적 에너지는 $E_0-E=2f_2d$이다.

(나)의 rp 구간에서 알짜힘이 한 일은 운동 에너지 변화량과 같으므로 $E=(f_1-f_2)d+f_1s=f_2d+f_1s=\frac{1}{2}(E_0-E)+(E_0-E)=\frac{3}{2}(E_0-E)$에서 $E=\frac{3}{5}E_0$이다. (나)의 p를 지나 왼쪽 빗면에 정지할 때까지 물체의 역학적 에너지는 보존되므로 $E+mgh=mgH$에서 $H=\frac{29}{5}h$이다.

05 포물선 운동에서 역학적 에너지 보존

수평면과 θ의 각으로 속력 v_0으로 던져져 포물선 운동을 하는 질량이 m인 물체는 높이가 h인 최고점에서 속력의 연직 방향의 성분은 0이고, 속력의 수평 방향의 성분은 $v_0\cos\theta$이며, 물체의 역학적 에너지는 $mgh+\frac{1}{2}m(v_0\cos\theta)^2$이다.

㉠. 물체의 역학적 에너지는 $1\times10\times5=50$ J이고, 수평면에서 포물선 운동의 최고점의 높이를 H라고 하면, 포물선 운동의 최고점에서 물체의 속력은 $\frac{8}{\sqrt{2}}$ m/s이므로 $1\times10\times H+\frac{1}{2}\times1\times\left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2=50$에서 $H=3.4$ m이다.

~~ㄴ~~. 포물선 운동의 최고점에서 물체의 속력은 $\frac{8}{\sqrt{2}}$ m/s이므로 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}\times1\times\left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2=16$ J이다.

~~ㄷ~~. 수평면에서 물체의 운동 에너지 $\frac{1}{2}\times1\times v^2=50$에서 $v=10$ m/s이다.

06 포물선 운동과 역학적 에너지 보존

최고점에서 A와 B의 역학적 에너지가 같으므로 A와 B가 던져지는 순간 A와 B의 운동 에너지가 같다.

~~ㄱ~~. A와 B의 속도의 연직 방향의 성분은 각각 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_1$, $\frac{1}{2}v_2$이다. 최고점에서 A는 $0=\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_1\right)^2-2g(5h)$에서 $h=\frac{3v_1^2}{40g}$이고, B는 $0=\left(\frac{1}{2}v_1\right)^2-2g(2h)$에서 $h=\frac{v_2^2}{16g}$이다. $h=\frac{3v_1^2}{40g}=\frac{v_2^2}{16g}$이므로 $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{5}{6}}$이다. 따라서 v_1은 v_2의 $\sqrt{\frac{5}{6}}$배이다.

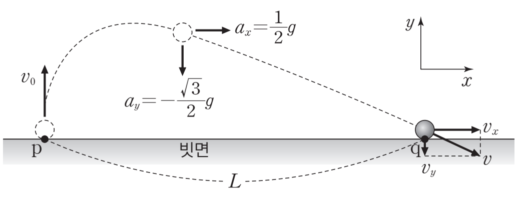
㉡. A와 B의 질량이 각각 m_1, m_2라면, 최고점에서 A와 B의 역학적 에너지가 같으므로 물체가 던져지는 지점에서 A와 B의 운동 에너지가 같다. 따라서 $\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_2v_2^2$이고, $v_1=\sqrt{\frac{5}{6}}v_2$이므로 $m_1=\frac{6}{5}m_2$이다.

~~ㄷ~~. 최고점에서 A와 B의 역학적 에너지가 같으므로 $m_1g(5h)+\frac{1}{2}m_1\left(\frac{1}{2}v_1\right)^2=m_2g(2h)+\frac{1}{2}m_2\left(\frac{\sqrt{3}}{2}v_2\right)^2$에서 $v_2=4\sqrt{gh}$이다. 따라서 B의 최고점에서의 속력은 $v_2\cos30°=2\sqrt{3gh}$이다.

[별해] $h=\frac{v_2^2}{16g}$이므로 $v_2=4\sqrt{gh}$이다. 따라서 B의 최고점에서 속력은 $v_2\cos30°=4\sqrt{gh}\times\frac{\sqrt{3}}{2}=2\sqrt{3gh}$이다.

07 일 · 운동 에너지 정리

물체가 p에서 q까지 운동하는 동안 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같다. 물체는 p에서 q까지 운동하는 동안 빗면에 나란한 방향과 빗면에 수직인 방향으로 모두 등가속도 운동을 한다. 빗면과 나란한 방향을 x방향, 빗면에 수직인 방향을 y방향이라고 할 때, 물체의 가속도, 속도의 각 성분을 나타내면 그림과 같다.



② 가속도의 x방향의 성분은 $a_x = g\sin30^\circ = \frac{1}{2}g$이고, y방향의 성분은 $a_y = -g\cos30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2}g$이다. 물체가 p에서 q까지 이동하는 데 걸린 시간이 t일 때, $L = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}g\right) \times t^2$에서 $t = 2\sqrt{\frac{L}{g}}$이고, y방향으로 변위는 $0 = v_0 t + \frac{1}{2}\left(-\frac{\sqrt{3}}{2}g\right)t^2$에서 $v_0 = \frac{\sqrt{3gL}}{2}$이다. q에 도달하는 순간 물체의 속도의 x방향의 성분은 $v_x = \frac{1}{2}g \times \left(2\sqrt{\frac{L}{g}}\right) = \sqrt{gL}$이고, y방향의 성분은 $v_y = v_0 - \frac{\sqrt{3}}{2}g \times \left(2\sqrt{\frac{L}{g}}\right) = -\frac{\sqrt{3gL}}{2}$이므로 $v^2 = {v_x}^2 + {v_y}^2 = \frac{7}{4}gL$이다. p에서 q까지 운동하는 동안 알짜힘이 물체에 한 일은 물체의 운동 에너지 변화량과 같으므로

$\Delta E_\mathrm{k} = \frac{1}{2}m\left(\frac{7}{4}gL\right) - \frac{1}{2}m\left(\frac{3gL}{4}\right) = \frac{1}{2}mgL$이다.

[별해] 물체의 역학적 에너지는 보존되고, 물체가 운동하는 동안 물체의 높이 변화는 $\frac{L}{2}$이다. 따라서 알짜힘이 물체에 한 일은 중력 퍼텐셜 에너지 변화량과 같으므로 $\frac{1}{2}mgL$이다.

08 포물선 운동을 하는 물체의 역학적 에너지 보존

A와 B가 운동하는 동안 역학적 에너지가 보존되므로 운동 경로 임의의 지점에서 A의 역학적 에너지는 B의 역학적 에너지의 $\frac{1}{2}$배이다.

⑤ A와 B가 운동을 시작할 때 A의 역학적 에너지는 B의 역학적 에너지의 $\frac{1}{2}$배이므로 $\left(mg(2h) + \frac{1}{2}m{v_0}^2\right) \times 2 = \frac{1}{2}m(2v_0)^2$에서 $mgh = \frac{1}{4}m{v_0}^2$이다. A와 B의 역학적 에너지는 각각 보존되므로 A와 B가 만날 때 A와 B에 각각 역학적 에너지 보존을 적용하면 $2mgh + \frac{1}{2}m{v_0}^2 = mgh + \frac{1}{2}m{v_\mathrm{A}}^2$에서 $v_\mathrm{A} = \sqrt{\frac{3}{2}}v_0$이고, $mgh + \frac{1}{2}m{v_\mathrm{B}}^2 = \frac{1}{2}m(2v_0)^2$에서 $v_\mathrm{B} = \sqrt{\frac{7}{2}}v_0$이다.

따라서 $\frac{v_\mathrm{B}}{v_\mathrm{A}} = \sqrt{\frac{7}{3}}$이다.

09 단진자 운동과 역학적 에너지

단진자 운동을 하는 추는 최고점에서 중력 퍼텐셜 에너지가 최대이고, 최저점에서 운동 에너지가 최대이다. 추를 매단 실의 길이가 l, 중력 가속도가 g일 때 단진자의 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이다.

ㄱ. (가)에서 시간에 따른 추의 운동 에너지를 나타낸 그래프는 (다)의 A이다. 따라서 (가)에서 단진자의 주기는 $2t_2$이다.

ㄴ. $2t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$이고, $2t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이므로 $t_2 = \sqrt{2}t_1$이다.

~~ㄷ~~. (가)에서 추의 최저점을 기준으로 최고점까지의 높이가 h일 때 최고점에서 추의 중력 퍼텐셜 에너지는 mgh이므로 최저점에서 운동 에너지는 $E_0 = mgh$이다. (나)에서 추의 최저점을 기준으로 최고점까지의 높이가 h일 때 관성력에 의해 추의 가속도의 크기가 $2g$인 효과가 발생하므로 최고점에서 추의 중력 퍼텐셜 에너지는 $m(2g)h$로 생각할 수 있다. 따라서 최저점에서 운동 에너지는 $2mgh$이므로 ㉠ $= 2E_0$이다.

10 단진자 운동과 역학적 에너지 보존

추의 최대 운동 에너지는 추의 최저점과 최고점의 중력 퍼텐셜 에너지 차와 같다. 실의 길이가 L, 실과 연직 방향이 이루는 각이 θ, 추의 질량이 m, 중력 가속도가 g일 때, 추의 최저점에서 최고점까지의 높이는 $L(1-\cos\theta)$이고, 추의 최저점과 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지의 차는 $mgL(1-\cos\theta)$이고 이는 추의 운동 에너지의 최댓값과 같다.

ㄱ. (나)의 그래프에서 L이 l_0, $2l_0$, $3l_0$, $4l_0$일 때 T^2이 각각 ${t_0}^2$, $2{t_0}^2$, $3{t_0}^2$, $4{t_0}^2$이므로 T^2은 L에 비례한다.

~~ㄴ~~. 추의 최저점에서 최고점까지의 높이는 실의 길이에 비례하므로 $L = 3l_0$일 때가 $L = l_0$일 때의 3배이다.

ㄷ. $T = \sqrt{3}t_0$일 때 실의 길이는 $3l_0$, $T = \sqrt{2}t_0$일 때 실의 길이는 $2l_0$이며 추의 최저점과 최고점에서의 중력 퍼텐셜 에너지 차는 실의 길이에 비례하므로 추의 최대 운동 에너지는 $T = \sqrt{3}t_0$일 때가 $T = \sqrt{2}t_0$일 때의 $\frac{3}{2}$배이다.

11 단진자 운동과 역학적 에너지 보존

추를 매단 실의 길이가 l, 중력 가속도 g일 때 단진자의 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$이고, 추의 질량과는 무관하다. 단진자의 주기는 추의 질량이나 진폭에 관계없이 진자의 길이에만 관계가 있는 것을 진자의 등시성이라고 한다.

~~ㄱ~~. 단진자의 주기는 추를 매단 실의 길이에만 관계가 있고 추의 질량과는 무관하므로 ㉠은 t_0이고 ㉡은 $\sqrt{2}t_0$이다. 따라서 ㉠ $\neq$ ㉡이다.

ㄴ. 최저점에서 최고점까지의 높이는 $h = L(1-\cos\theta)$이므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 h가 동일하다. 추의 최대 속력은 추의 질량과 무관하므로 추의 최대 속력은 Ⅰ과 Ⅱ에서 같다.

ㄷ. h는 Ⅲ에서가 Ⅱ에서의 2배이고, 추의 질량은 Ⅱ에서가 Ⅲ에서의 2배이므로 추의 운동 에너지의 최댓값은 Ⅱ와 Ⅲ에서 같다.

12 포물선 운동과 단진동 운동의 역학적 에너지 보존

q에서 A의 운동 에너지는 p에서 A의 중력 퍼텐셜 에너지와 q에서 A의 중력 퍼텐셜 에너지의 차와 같다. B가 s에서 t까지 이동하는 데 걸린 시간은 A가 r에서 t까지 이동하는 데 걸린 시간과 같다.

④ q에서 p까지의 높이는 $\frac{1}{2}l(1-\cos45^\circ)=\frac{2-\sqrt{2}}{4}l$이므로 q에서 A의 운동 에너지는 $E_1=4mg\left(\frac{2-\sqrt{2}}{4}l\right)=(2-\sqrt{2})mgl$이고, A가 r에서 t까지 도달하는 데 걸린 시간이 t일 때 연직 방향의 변위의 크기는 l이므로 $l=\frac{1}{2}gt^2$에서 $t=\sqrt{\frac{2l}{g}}$이다. s에서 발사된 B의 처음 속도가 v_0일 때, v_0의 수평 방향 성분은 $v_0\cos45^\circ=\frac{v_0}{\sqrt{2}}$이고, 수평 이동 거리 $2l=\frac{v_0}{\sqrt{2}}\times\sqrt{\frac{2l}{g}}$에서 $v_0{}^2=4gl$이다. s에서 B의 운동 에너지는 $E_2=\frac{1}{2}mv_0{}^2=2mgl$이다. 따라서 $\frac{E_1}{E_2}=\frac{2-\sqrt{2}}{2}$이다.

13 단진동과 역학적 에너지 보존

상자가 정지해 있거나 지면과 나란한 방향으로 등속 직선 운동을 할 때, 추는 연직 방향에 대하여 일정한 각을 가진 진자 운동을 한다. 상자가 지면과 나란한 방향으로 크기가 g인 가속도 운동을 할 때 추는 중력 mg와 상자의 가속도 방향과 반대 방향으로 관성력 mg를 받는다.

② 추의 운동 에너지의 최댓값은 추가 진동 운동의 진동 중심을 지나는 순간이므로 (가)에서 A가 측정한 추의 최대 운동 에너지는 $E_1=mgl(1-\cos\theta)$이다. (나)에서 A가 측정할 때 추에 작용하는 중력 가속도는 $\sqrt{2}g$이고, 진폭이 θ인 진자 운동을 하므로 추의 최대 운동 에너지 $E_2=m(\sqrt{2}g)l(1-\cos\theta)$이다. 따라서 추의 운동 에너지의 최댓값은 (나)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$배이다.

14 열과 일의 전환

마찰력은 물체의 운동 방향과 반대 방향이고, 마찰력이 한 일은 물체의 역학적 에너지 감소량과 같다. 마찰력이 한 일은 열로 전환되므로 물체의 감소한 역학적 에너지는 마찰에 의해 발생하는 열에너지와 같다.

ㄱ. Ⅰ에서 마찰력이 물체에 한 일을 W라고 하면 Ⅱ에서 마찰력이 물체에 한 일은 $4W$이다. Ⅰ을 지나기 전후 $1\times10\times2+\frac{1}{2}\times1\times v^2=\frac{1}{2}\times1\times8^2+W$이고, 수평면에서 $\frac{1}{2}\times1\times8^2=4W$에서 $W=8$ J이다. 따라서 $v=2\sqrt{10}$ m/s이다.

ㄴ. $W=8\text{ J}\times\frac{1}{4.2\text{ J/cal}}=\frac{40}{21}$ cal이다.

ㄷ. Ⅰ이 끝나는 지점에서의 중력 퍼텐셜 에너지가 E_p일 때, $E_\mathrm{p}+\frac{1}{2}\times1\times40=\frac{1}{2}\times1\times8^2$에서 $E_\mathrm{p}=12$ J이다.

15 열과 일의 전환

압력-부피 그래프 아랫부분의 면적은 기체가 외부에 한 일 또는 기체가 외부로부터 받은 일이다. A는 Q를 공급받은 이후 외부에 한 일을 뺀만큼 내부 에너지가 증가하고, B는 외부로부터 받은 일만큼 내부 에너지가 증가한다.

~~ㄱ~~. B의 상태 변화(단열 압축)를 나타내는 압력-부피 그래프 아랫부분의 면적이 84 J이므로 $\frac{1}{2}(P_1+P_2)(V_2-V_1)$은 84 J보다 크다.

ㄴ. A의 내부 에너지 증가량은 B의 내부 에너지 증가량의 k배이고, B의 내부 에너지 증가량이 84 J이므로 A의 내부 에너지 증가량은 $84k(\text{J})\times\frac{5}{21}(\text{cal/J})=20k(\text{cal})$이다.

ㄷ. Q는 A가 한 일과 A의 내부 에너지 증가량의 합이므로 $Q=84\text{ J}+84k\text{ J}=84(1+k)$ J이다.

따라서 $Q=84(1+k)\text{ J}\times\frac{5}{21}\text{ cal/J}=20(1+k)$ cal이다.

16 줄의 실험 장치

줄의 실험 장치에서는 추의 중력 퍼텐셜 에너지가 열량계 내부의 날개의 운동 에너지로 전환되고, 날개가 회전하면서 액체와의 마찰에 의해 열에너지로 전환된다.

ㄱ. 액체의 비열 1.8 J/g·℃는 1800 J/ kg·℃와 같으므로 추의 중력 퍼텐셜 에너지 변화량이 모두 액체의 온도 변화에만 사용되므로 $1800\times m\times0.1=10\times10\times0.9$에서 $m=0.5$ kg이다.

~~ㄴ~~. $1800\times0.5\times$㉠$=20\times10\times1.8$에서 ㉠$=0.4$이다.

~~ㄷ~~. 줄의 실험에서 역학적 에너지가 열에너지로 전환되는 것을 알 수 있고, 열의 일당량을 구할 수 있다.

06 전기장과 정전기 유도

수능 2점 테스트 본문 88~90쪽

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

01 쿨롱 법칙

두 전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는 두 전하의 전하량의 크기의 곱에 비례하고, 두 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다 $\left(F=k\frac{q_1q_2}{r^2}\right)$. 또한 작용 반작용 법칙에 따라 A가 B에 작용하는 전기력과 B가 A에 작용하는 전기력은 크기가 같고 방향은 반대이다.

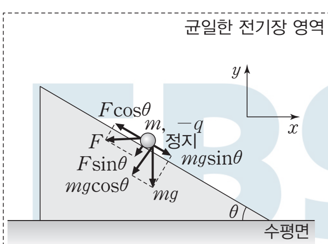
㉠. B가 받는 전기력의 방향이 $+x$방향이므로 A가 받는 전기력의 방향은 $-x$방향이다.

㉡. A와 B는 서로 밀어내는 방향으로 전기력이 작용하므로 전하의 종류는 A와 B가 서로 같다.

~~ㄷ~~. A와 B가 떨어진 거리가 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 쿨롱 법칙에 따라 (나)에서 B가 받는 전기력의 크기는 $\frac{F}{4}$이다.

02 전기장과 전기력

균일한 전기장에서 음(−)전하는 전기장의 반대 방향으로 전기력을 받고, 전하가 받는 전기력의 크기는 전하량의 크기와 전기장의 세기에 비례한다($F=qE$). 또한 정지한 전하에 작용하는 알짜힘은 0이다.



~~ㄱ~~. 음(−)전하로 대전된 물체는 전기장의 반대 방향으로 전기력을 받아 정지해 있으므로 전기장의 방향은 $+x$방향이다.

~~ㄴ~~. 물체가 받는 전기력의 크기를 F라 하면 $F\cos\theta=mg\sin\theta$이므로 $F=mg\tan\theta$이다.

㉢. $F=qE$이고 $F=mg\tan\theta$이므로 $qE=mg\tan\theta$에서 $E=\frac{mg}{q}\tan\theta$이다.

03 전기장

전기장이 0인 지점이 두 전하 사이에 있으면 두 전하의 종류가 같고, 전기장이 0인 지점이 두 전하 사이에 없으면 두 전하의 종류가 다르다.

㉠. q와 r에서 전기장의 방향은 서로 반대 방향이고 전기장이 0인 지점이 B의 오른쪽에 있으므로 A와 B의 전하의 종류는 서로 다르고 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

㉡. A와 B의 전하의 종류는 서로 다르고 A와 B 사이의 지점인 p에서 전기장의 방향이 $-x$방향이므로 A는 음(−)전하, B는 양(+)전하이다.

㉢. p는 A, B와 떨어진 거리가 d로 같고 p에서 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장이 같은 방향이다. 하지만 q는 A, B와 떨어진 거리가 각각 $3d$, d이고 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장이 반대 방향이다. 따라서 전기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크다$\left(E=k\frac{Q}{r^2}\right)$.

04 전기장

두 전하의 종류가 같으면 전기장이 0인 지점은 두 전하 사이에 있다.

㉠. (가)에서 전기장이 0인 지점이 A와 B 사이에 있으므로 전하의 종류는 A와 B가 서로 같다.

~~ㄴ~~. (가)에서 $-d<x<0$ 구간에서 전기장의 방향이 양(+)이므로 A, B는 모두 양(+)전하이다. 또한 전기장이 0인 지점이 (가)에서는 $0<x<d$ 구간에 있고 (나)에서는 $-d<x<0$ 구간에 있으므로 C는 양(+)전하이다.

~~ㄷ~~. A, B, C 모두 양(+)전하이므로 (나)의 x축상의 $x=-2d$에서 전기장의 방향은 $-x$방향이다.

05 전기장

전기장이 형성된 공간에 놓인 단위 양(+)전하에 작용하는 전기력의 크기를 전기장의 세기$\left(E=k\frac{Q}{r^2}\right)$라고 하고, 전기장 내에서 양(+)전하가 받는 전기력의 방향이 전기장의 방향이다.

~~ㄱ~~. p는 A, B로부터 떨어진 거리가 같고 p에서 전기장의 방향이 $-x$방향이므로 A는 음(−)전하, B는 양(+)전하이며 전하량의 크기는 A와 B가 서로 같다.

㉡. A는 음(−)전하, B는 양(+)전하이고 전하량은 크기는 A와 B가 서로 같으므로 q에서 전기장의 방향은 $+x$방향이다.

~~ㄷ~~. O와 p에서 전기장의 세기는 A와 B에 의한 각각의 전기장의 벡터 합의 크기이다. O에서 A에 의한 전기장과 B에 의한 전기장은 x성분만 있으므로 더해지고 p에서 A에 의한 전기장의 y성분과 B에 의한 전기장의 y성분은 상쇄되고 x성분만이 더해진다. 또한 A와 B로부터 떨어진 거리는 O에서가 p에서보다 작으므로 전기장의 세기는 O에서가 p에서보다 크다.

06 전기장과 전기력선

전하에서 나오거나 들어가는 전기력선의 수는 전하의 전하량 크기에 비례한다.

ㄱ. 전기력선의 분포에서 전기장이 0인 지점이 A와 B 사이에 있으므로 전하의 종류는 A와 B가 서로 같다.

~~ㄴ~~. 전기력선의 수는 A가 B보다 작으므로 전하량의 크기는 A가 B보다 작다.

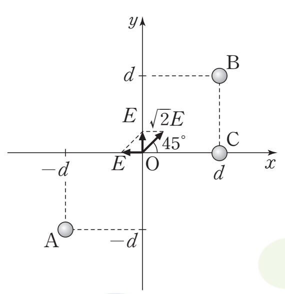
ㄷ. $x=2d$에서 전기장의 방향은 $+x$방향이므로 A, B는 모두 양(+)전하이고 전하량의 크기가 A가 B보다 작으므로 $x=0$에서 전기장의 방향은 $-x$방향이다.

07 전기장과 전기력선

전기장 내에서 양(+)전하가 받는 전기력의 방향이 전기장의 방향이다.

④ O에서 전기장의 방향이 x축과 45°의 각을 이루므로 O에서 A와 B에 의한 전기장의 세기는 같고 방향은 각각 $+x$방향, $-y$방향이다. 따라서 A는 양(+)전하이고 B는 음(−)전하이다. 또한, O에서 B까지의 거리는 O에서 A까지의 거리의 $\sqrt{2}$배이므로 전하량의 크기는 B가 A의 2배이다$\left(E=k\frac{Q}{r^2}\right)$. 전기력선은 양(+)전하에서는 나오는 방향이고 음(−)전하에서는 들어가는 방향이며, 나오거나 들어가는 전기력선의 수는 전하량의 크기에 비례하므로 가장 적절한 것은 ④번이다.

08 전기장



두 전하의 종류가 같으면 전기장이 0인 지점은 두 전하 사이에 있고, xy 평면에서 두 전하에 의한 전기장의 세기와 방향은 벡터의 합성과 분해로 구할 수 있다.

ㄱ. O에서 전기장의 방향이 $+y$방향이므로 O에서 A와 B에 의한 전기장의 방향은 x축과 45°를 이루는 방향이고 O에서 C에 의한 전기장의 방향은 $-x$방향이다. 따라서 C는 양(+)전하이므로 A와 B도 양(+)전하이다.

ㄴ. O에서 전기장의 방향이 $+y$방향이고 세기가 E이므로 O에서 A와 B에 의한 전기장의 세기와 O에서 C에 의한 전기장의 세기는 각각 $\sqrt{2}E$, E이다.

~~ㄷ~~. 쿨롱 상수를 k, A, B, C의 전하량의 크기를 각각 q_A, q_B, q_C라 하면 O에서 A와 B에 의한 전기장의 세기와 O에서 C에 의한 전기장의 세기는 각각 $\sqrt{2}E$, E이므로 $k\frac{q_A}{(\sqrt{2}d)^2}-k\frac{q_B}{(\sqrt{2}d)^2}=\sqrt{2}k\frac{q_C}{d^2}$이다. 따라서 $q_A=2\sqrt{2}q_C+q_B$이므로 전하량의 크기는 A가 C보다 크다.

09 전기장

두 전하의 종류가 같으면 전기장이 0인 지점은 두 전하 사이에 있다.

④ O에서 전기장의 방향이 x축과 30°의 각을 이루므로 O에서 B와 D에 의한 전기장의 방향은 $+x$방향이 되어야 한다. 따라서 B는 음(−)전하이다. 또한 O에서 A와 C에 의한 전기장의 방향은 $+y$방향이 되어야 하므로 C는 양(+)전하이다. 따라서 전하량의 크기는 B가 D보다 크고 C가 A보다 크다. O에서 전기장의 방향이 x축과 30°의 각을 이루므로 B와 D에 의한 전기장의 세기가 A와 C에 의한 전기장의 세기보다 크고, 원점으로부터 떨어진 거리는 B와 C가 같으므로 $q_B>q_C$이다.

10 정전기 유도의 이용

음(−)전하로 대전된 페인트 입자의 정전기 유도 효과로 인해 물체는 양(+)전하로 대전되고, 페인트 입자와 물체 사이에는 서로 당기는 힘이 작용하여 도색이 이루어진다.

ㄱ. 음(−)전하로 대전된 페인트 입자의 정전기 유도 효과로 인해 물체의 전자는 접지된 도선을 통해 빠져나간다.

ㄴ. 물체의 전자가 접지된 도선을 통해 빠져나가므로 물체는 양(+)전하로 대전된다.

ㄷ. 음(−)전하로 대전된 페인트 입자와 양(+)전하로 대전된 물체 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

11 정전기 유도

대전되지 않은 검전기에 대전체를 가까이하면 금속판에는 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되고 금속박에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다. 또한, 대전된 검전기에 손가락을 접촉시키면 전자가 손가락을 통해 빠져나가거나 들어온다.

ㄱ. (가)에서 금속판과 금속박에는 각각 양(+)전하, 음(−)전하가 유도되므로 (가)에서 막대와 금속판 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.

ㄴ. (나)에서 손가락을 접촉시키면 접지가 되어 금속박의 전자가 손가락을 통해 빠져나간다.

ㄷ. (나)에서 손가락을 떼고 막대를 멀리하면 금속판과 금속박은 모두 양(+)전하로 대전된다. 따라서 금속박은 다시 벌어진다.

12 정전기 유도와 유전 분극

대전되지 않은 도체에 대전체를 가까이하면 도체의 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되고, 절연체에 대전체를 가까이하면 분자나 원자 내부에서 전기력에 의하여 절연체의 대전체와 가까운 쪽에는 대전체와 다른 종류의 전하로 배열되는 유전 분극이 일어난다.

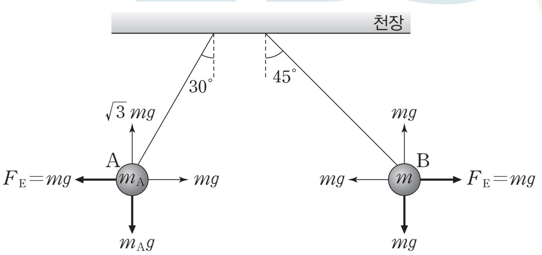
㉠. (다)에서 유전 분극이 일어난 C의 전하 분포를 통해 A는 음(−)전하로 대전되어 있는 것을 알 수 있다. 따라서 (가)에서 막대는 양(+)전하로 대전되어 있다.
~~ㄴ~~. (가)에서 막대는 양(+)전하로 대전되어 있으므로 A에는 음(−)전하가 유도되고 B에는 양(+)전하가 유도된다. 따라서 (나)에서 A와 B 사이에는 서로 당기는 전기력이 작용한다.
~~ㄷ~~. B는 양(+)전하로 대전되어 있으므로 (다)에서 A만을 (나)의 B로 바꾸어 놓으면 C의 전하 분포는 바뀐다.

수능 **3점** 테스트 본문 91~94쪽

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

01 전기력과 힘의 평형

전하의 종류가 같으면 서로 미는 전기력이 작용하고 전하의 종류가 다르면 서로 당기는 전기력이 작용한다. 정지한 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.



㉠. A와 B는 서로 밀어내는 전기력이 작용하므로 전하의 종류는 A와 B가 서로 같다.
~~ㄴ~~. A가 B에 작용하는 전기력은 B가 A에 작용하는 전기력과 크기가 같고 방향이 반대이다. B가 연결된 실이 연직선과 이루는 각이 45°이므로 A가 B에 작용하는 전기력의 크기를 F_E라 하면 $F_E=mg$이다.
~~ㄷ~~. A에 작용하는 알짜힘은 0이고 A가 연결된 실이 연직선과 이루는 각이 30°이므로 $m_Ag=\sqrt{3}mg$에서 $m_A=\sqrt{3}m$이다.

02 전기장과 전기력선

전기력선은 양(+)전하에서는 나오는 방향이고 음(−)전하에서는 들어가는 방향이며, 나오거나 들어가는 전기력선의 수는 전하의 전하량에 비례한다.

㉠. 전기력선의 수는 A가 B보다 크므로 전하량의 크기는 A가 B보다 크고, 전기장이 0인 지점이 A와 B 사이에 있으므로 A와 B는 같은 종류의 전하이다.
~~ㄴ~~. (가)의 p에서 A와 B에 의한 전기장의 방향은 전기력선 위의 접선 방향이므로 (나)의 p에서 그림과 같은 전기장의 방향이 되려면 p에서 C에 의한 전기장의 방향은 $-y$방향이어야 한다. 따라서 A, B는 모두 양(+)전하이고, C는 음(−)전하이다.
㉢. A, B는 모두 양(+)전하이고 전하량의 크기는 A가 B보다 크므로 (가)의 O에서 전기장의 방향은 $+x$방향이다.

03 전기장

전기장이 형성된 공간에 놓인 단위 양(+)전하에 작용하는 전기력의 크기를 전기장의 세기$\left(E=k\dfrac{Q}{r^2}\right)$라고 한다.

㉠. (가)의 O에서 전기장의 방향이 $+x$방향이므로 A는 양(+)전하이고 (나)의 O에서 전기장의 방향이 $-x$방향이므로 B는 양(+)전하이다.
~~ㄴ~~. 쿨롱 상수를 k, A, B의 전하량의 크기를 각각 q_A, q_B라 하면 (가)와 (나)의 O에서 전기장의 세기가 같으므로 $k\dfrac{q_A}{(2d)^2}=k\dfrac{q_B}{d^2}-k\dfrac{q_A}{(2d)^2}$에서 $q_A=2q_B$이다. 따라서 $x=-d$에서 전기장의 세기는 $k\dfrac{2q_B}{d^2}-k\dfrac{q_B}{(2d)^2}=k\dfrac{7q_B}{4d^2}$이고, $x=2d$에서 전기장의 세기는 $k\dfrac{2q_B}{(4d)^2}+k\dfrac{q_B}{d^2}=k\dfrac{9q_B}{8d^2}$이므로 (나)에서 전기장의 세기는 $x=-d$에서가 $x=2d$에서보다 크다.
~~ㄷ~~. C의 전하량의 크기를 q_C라 하면 (나)와 (다)의 O에서 전기장의 세기가 같으므로 $k\dfrac{q_B}{d^2}-k\dfrac{2q_B}{(2d)^2}=k\dfrac{2q_B}{(2d)^2}-k\dfrac{q_B}{d^2}+k\dfrac{q_C}{(2d)^2}$에서 $q_C=4q_B=2q_A$이므로 $q_A=\dfrac{1}{2}q_C$이다.

04 전기장

평면에서 두 전하에 의한 전기장의 세기와 방향은 벡터의 합성과 분해로 구할 수 있다.

㉠. C를 제거하였을 때 O에서 전기장의 방향이 $-y$방향이므로 O에서 C에 의한 전기장의 방향은 $+y$방향이고 세기는 $3E$이다. 따라서 C는 양(+)전하이다. 또한, (나)의 O에서 A, B에 의한 각각의 전기장의 방향은 x축과 아래로 45°를 이루는 y축 대칭이므로 A, B의 전하의 종류는 각각 양(+)전하, 음(−)전하이고 A, B는 O로부터 떨어진 거리가 같으므로 전하량의 크기는 A와 B가 같다.
㉡. 쿨롱 상수를 k, A, B, C의 전하량의 크기를 각각 q, q, q_C라 하면 (나)의 O에서 A, B에 의한 전기장의 세기

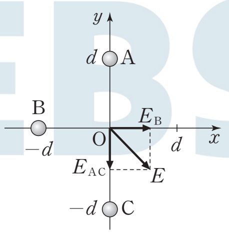
$2E=k\dfrac{q}{(\sqrt{2}d)^2}\times\dfrac{\sqrt{2}}{2}\times 2=k\dfrac{\sqrt{2}q}{2d^2}$이므로 $3E=k\dfrac{q_C}{d^2}$에서 $q_C=\dfrac{3\sqrt{2}}{4}q$이다. 따라서 전하량의 크기는 C가 A의 $\dfrac{3\sqrt{2}}{4}$배이다.

ㄷ. (가)의 $x=d$에서 C에 의한 전기장의 세기를 E_C라 하면 $E_C=k\dfrac{\frac{3\sqrt{2}}{4}q}{(\sqrt{2}d)^2}=k\dfrac{3\sqrt{2}q}{8d^2}=\dfrac{3}{2}E$이다.

05 전기장

전기장이 0인 지점이 두 전하 사이에 있으면 두 전하의 종류가 같고, 전기장이 0인 지점이 두 전하 사이에 없으면 두 전하의 종류가 다르다.

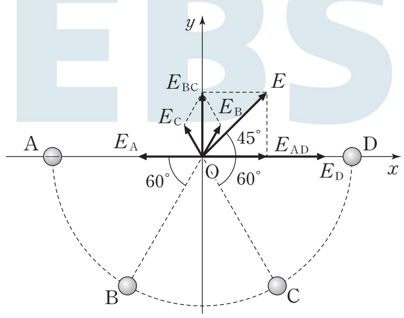
② (가)에서 $-d<x<0$ 구간에 전기장이 0인 지점이 있고 $0<x<d$ 구간에서 전기장의 방향이 음(−)이므로 A, B는 모두 양(+)전하이며 전하량의 크기는 A가 B보다 작다. (나)에서 전기장이 0인 지점이 A와 C 사이에 없고 $-d<x<d$ 구간에서 전기장의 방향이 양(+)이므로 C는 음(−)전하이며 전기장의 최솟값이 C에 가까우므로 전하량의 크기는 A가 C보다 크다. 따라서 그림과 같이 O에서 전기장의 방향을 나타낸 것으로 가장 적절한 것은 ②이다.



E_B: O에서 B에 의한 전기장의 방향
E_{AC}: O에서 A와 C에 의한 전기장의 방향

06 전기장

평면에서 두 전하에 의한 전기장의 세기와 방향은 벡터의 합성과 분해로 구할 수 있고, 전기장의 세기는 단위 양(+)전하가 받는 전기력의 크기이다$\left(E=k\dfrac{Q}{r^2}\right)$.



~~ㄱ~~. O에서 A, B, C, D에 의한 전기장의 세기를 각각 E_A, E_B, E_C, E_D라 하고, A와 D에 의한 전기장의 세기를 E_{AD}, B와 C에 의한 전기장의 세기를 E_{BC}라 하면 각 전기장의 방향은 위 그림과 같다. O에서 전기장의 방향이 x축과 45°의 각을 이루려면 E_{AD}의 방향은 $+x$방향, E_{BC}의 방향은 $+y$방향이어야 하므로 B는 양(+)전하, C는 양(+)전하, D는 음(−)전하이다.

~~ㄴ~~. 전기장의 세기는 $E_{AD}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}E$, $E_{BC}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}E$이므로 $E_B=\dfrac{\sqrt{6}}{6}E$, $E_C=\dfrac{\sqrt{6}}{6}E$이다. 따라서 O에서 C에 의한 전기장의 세기는 $\dfrac{\sqrt{6}}{6}E$이다.

ㄷ. 전기장의 세기는 전하량의 크기에 비례한다. 전하량의 크기는 A가 B의 $\sqrt{3}$배이므로 $E_A=\dfrac{\sqrt{2}}{2}E$이고, $E_{AD}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}E$이므로 $E_D=\sqrt{2}E$이다. 따라서 전하량의 크기는 A가 D의 $\dfrac{1}{2}$배이다.

07 정전기 유도

대전되지 않은 도체구에 대전체를 가까이하면 도체구의 대전체와 가까운 지점에는 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되고 대전체와 먼 지점에는 대전체와 같은 종류의 전하가 유도된다.

ㄱ. (다)에서 C는 음(−)전하로 대전되고, (라)에서 B와 C 사이에는 서로 미는 방향으로 전기력이 작용하므로 (라)에서 B는 음(−)전하로 대전되어 있다. 따라서 (가)에서 A는 양(+)전하가 유도되고 전자가 A에서 B로 이동하여 B는 음(−)전하가 유도된다.

ㄴ. (라)에서 A는 양(+)전하, C는 음(−)전하로 대전되어 있으므로 A와 C 사이에는 서로 당기는 방향으로 전기력이 작용한다.

~~ㄷ~~. (가)에서 A는 양(+)전하가 유도되고 전자가 A에서 B로 이동하여 B는 음(−)전하가 유도되므로 P는 음(−)전하로 대전되어 있다.

08 정전기 유도

대전된 도체구에 손가락을 접촉시키면 전자가 손가락을 통해 빠져나가거나 들어오고, 동일한 전하로 대전된 도체구 사이에는 서로 미는 전기력이 작용한다.

ㄱ. (가)에서 막대가 음(−)전하로 대전되어 있다고 가정하면 A에는 양(+)전하가 유도되고, B에는 음(−)전하가 유도된다. B에 유도된 음(−)전하는 접지된 손가락을 통해 빠져나가게 되므로 (나)에서 손을 치우고 막대를 멀리하면 A와 B는 동일한 전하량의 양(+)전하로 대전된다. 이후 B를 대전되지 않은 도체구 C에 붙이면 B와 C는 양(+)전하로 대전되고 이때 B, C 각각의 전하량의 크기는 A의 전하량의 크기보다 작으므로 A와 C가 만드는 전기장의 전기력선은 (라)와 같게 된다. 따라서 (가)에서 막대는 음(−)전하로 대전되어 있다.

ㄴ. (나)에서 전하량의 크기는 A가 B보다 크다.

ㄷ. (다)에서 A, C는 모두 양(+)전하로 대전되어 있으므로 A와 C 사이에는 서로 미는 전기력이 작용한다.

07 저항의 연결과 전기 에너지

수능 2점 테스트 본문 99~100쪽

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

01 전기장과 전위

양(+)전하는 전위가 높은 곳에서 전위가 낮은 곳으로 전기장의 방향을 따라 일정한 크기의 전기력을 받으며 등가속도 직선 운동한다.

ㄱ. P가 전기장의 방향으로 전기력을 받아 운동하므로 P는 양(+)전하이다.

ㄴ. 전기장의 방향으로 이동할수록 전위는 낮아지므로 전위는 b에서가 c에서보다 높다.

~~ㄷ~~. a와 b 사이의 전위차는 b와 c 사이의 전위차의 2배이므로 a와 b 사이의 거리는 b와 c 사이의 거리의 2배이다($V=Ed$). 따라서 전기력은 일정하므로 전기력이 P에 한 일은 a에서 b까지가 b에서 c까지의 2배이다($W=Fs$).

02 전위차와 전기력이 한 일

전기력이 음(−)전하에 한 일은 음(−)전하의 운동 에너지 증가량과 같다.

ㄱ. 음(−)전하가 $+x$방향으로 운동하므로 전기장 영역에서 전기장의 방향은 $-x$방향이다.

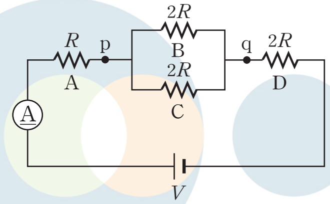
~~ㄴ~~. $x=0$과 $x=d$ 사이의 거리는 $x=d$와 $x=3d$ 사이의 거리의 $\frac{1}{2}$배이므로 $x=0$과 $x=d$ 사이의 전위차는 $x=d$와 $x=3d$ 사이의 전위차의 $\frac{1}{2}$배이다($V=Ed$).

~~ㄷ~~. 전기력의 크기가 일정하므로 전기력이 한 일은 음(−)전하의 운동 에너지 증가량과 같다. $x=d$에서 음(−)전하의 운동 에너지를 E_0이라 하면, $x=2d$에서 음(−)전하의 운동 에너지는 $2E_0$이므로 ㉠은 $\sqrt{2}v$이다. 또한, $x=3d$에서 음(−)전하의 운동 에너지는 $3E_0$이므로 ㉡은 $\sqrt{3}v$이다. 따라서 ㉡은 ㉠의 $\sqrt{\frac{3}{2}}$ 배이다.

03 저항의 연결과 옴의 법칙

저항이 직렬로 연결되었을 때 각 저항 양단에 걸리는 전압은 저항의 저항값에 비례하고, 저항이 병렬로 연결되었을 때 각 저항 양단에 걸리는 전압은 같다.

~~ㄱ~~. 그림과 같이 4개의 저항을 각각 A, B, C, D라 하면 B와 C는 병렬로 연결되어 있으므로 합성 저항값은 $\frac{2R\times 2R}{2R+2R}=R$이고, p와 q 사이의 전위차가 V_0이므로 B와 C의 합성 저항의 양단에 걸리는 전압이 V_0이다. 따라서 A 양단에 걸리는 전압은 V_0이고 D 양단에 걸리는 전압은 $2V_0$이다.



ㄴ. A, B와 C의 합성 저항, D가 직렬로 연결되어 있으므로 $V=V_0+V_0+2V_0=4V_0$이다.

~~ㄷ~~. 전류계에 흐르는 전류는 회로의 전체 전류이므로 옴의 법칙에 따라 $\frac{4V_0}{R+R+2R}=\frac{V_0}{R}$이다.

04 저항의 연결과 옴의 법칙

저항값은 비저항과 저항체의 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다$\left(R=\rho\frac{l}{S}\right)$. 또한, 저항이 병렬로 연결되면 각 저항 양단에 걸리는 전압이 같고 저항이 직렬로 연결되면 각 저항 양단에 걸리는 전압은 각 저항의 저항값에 비례한다.

ㄱ. (나)에서 A, B 양단에 걸리는 전압이 V이고, A 양단에 걸리는 전압은 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (가)에서 A, B 양단에 걸리는 전압은 각각 V, $2V$이다. 저항값이 같을 때 소비되는 전력은 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례하므로 B에서 소비되는 전력은 (가)에서가 (나)에서의 4배이다$\left(P=\frac{V^2}{R}\right)$.

ㄴ. (가)에서 저항 양단에 걸리는 전압이 B가 A의 2배이므로 저항값도 B가 A의 2배이다. A, B의 길이는 같고 단면적은 A가 B의 2배이므로 비저항은 A와 B가 같다$\left(R=\rho\frac{l}{S}\right)$.

ㄷ. A의 저항값을 R라 하면 B의 저항값은 $2R$이다. (가)에서 합성 저항값 $R_{(가)}=R+2R=3R$이므로 (가)의 전류계에 흐르는 전류 $I_{(가)}=\frac{3V}{3R}=\frac{V}{R}$이고, (나)에서 합성 저항값은 $\frac{1}{R_{(나)}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{2R}=\frac{3}{2R}$에서 $R_{(나)}=\frac{2R}{3}$이므로 (나)의 전류계에 흐르는 전류 $I_{(나)}=\frac{V}{\frac{2}{3}R}=\frac{3V}{2R}$이다. 따라서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{2}{3}$배이다.

05 저항의 연결과 소비 전력

저항에서 소비되는 전력 $P=VI=I^2R=\dfrac{V^2}{R}$이다.

ㄱ. 회로에 흐르는 전류의 세기가 일정할 때 저항에서 소비되는 전력은 저항값에 비례한다($P=I^2R$). A, B에서 소비되는 전력이 A가 B의 4배이므로 저항값은 A가 B의 4배이다.

~~ㄴ~~. A, B의 단면적은 같고, 길이는 A가 B의 2배이며 저항값은 A가 B의 4배이므로 비저항은 A가 B의 2배이다.

~~ㄷ~~. 막대에 흐르는 전류의 세기를 I라 하면 $5P_0=VI$이므로 $I=\dfrac{5P_0}{V}$이다.

06 저항의 연결과 옴의 법칙

저항에 흐르는 전류의 세기는 저항 양단에 걸리는 전압에 비례하고 저항의 저항값에 반비례한다.

ㄱ. A에 흐르는 전류의 세기는 B와 C에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다. 전원 장치의 전압이 4 V일 때, A와 B에 흐르는 전류의 세기가 각각 3 A, 2 A이므로 C에 흐르는 전류의 세기는 1 A이다.

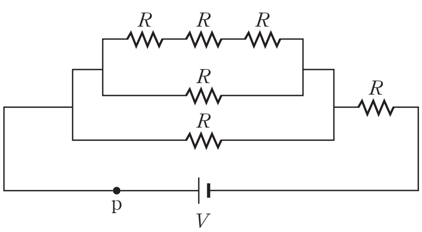
ㄴ. A의 저항값은 1 Ω이고 전원 장치의 전압이 4 V일 때 A에 흐르는 전류의 세기는 3 A이므로 A 양단에 걸리는 전압은 3 V이다. 또한 전원 장치의 전압이 4 V일 때 B와 C의 합성 저항 양단에 걸리는 전압은 1 V이다. 따라서 저항 양단에 걸리는 전압은 A가 B의 3배이다.

ㄷ. 전원 장치의 전압이 4 V일 때 B, C에 흐르는 전류의 세기가 각각 2 A, 1 A이므로 B의 저항값을 R라 하면 C의 저항값은 $2R$이고 B와 C의 합성 저항값은 $\dfrac{2R}{3}$이다. $1\,\Omega : \dfrac{2R}{3} = 3\text{ V} : 1\text{ V}$에서 $R=\dfrac{1}{2}\,\Omega$이므로 C의 저항값은 1 Ω이다.

07 저항의 연결과 옴의 법칙

저항이 직렬로 연결되었을 때 합성 저항값은 각 저항의 저항값의 합과 같고($R=R_1+R_2$), 저항이 병렬로 연결되었을 때 합성 저항값의 역수는 각 저항값의 역수를 모두 더한 값과 같다$\left(\dfrac{1}{R}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}\right)$.

④ 회로에서 전류가 나누어지는 부분을 기준으로 회로를 다시 표현하면 그림과 같다.



따라서 회로의 합성 저항값은 $\dfrac{10R}{7}$이고 p에 흐르는 전류의 세기는 $\dfrac{7V}{10R}$이다.

08 저항의 연결과 소비 전력

저항에 흐르는 전류의 세기는 저항의 저항값에 반비례하고 저항 양단에 걸리는 전압에 비례한다$\left(I=\dfrac{V}{R}\right)$.

ㄱ. 스위치를 a에 연결했을 때의 합성 저항값을 R_a, 스위치를 b에 연결했을 때의 합성 저항값을 R_b, 전원의 전압을 V라 하면 전류계에 흐르는 전류의 세기는 스위치를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때의 $\dfrac{3}{4}$배이므로 $\dfrac{V}{R_a}=\dfrac{3}{4}\times\dfrac{V}{R_b}$이다. 따라서 $R_a=\dfrac{4}{3}R_b$이다.

ㄴ. $R_a=\dfrac{4}{3}R_b$이므로 $2\,\Omega=\dfrac{4}{3}\times\dfrac{3R+6\,\Omega}{R+5\,\Omega}$에서 $R=1\,\Omega$이다.

~~ㄷ~~. 전원의 전압을 V라 하면, 스위치를 a에 연결했을 때 D에 걸리는 전압은 $\dfrac{V}{2}$이고, 스위치를 b에 연결했을 때 D에 걸리는 전압은 $\dfrac{V}{3}$이다. 저항에서 소비되는 전력은 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례하므로 D에서 소비되는 전력은 스위치를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때의 $\dfrac{9}{4}$배이다.

수능 3점 테스트 본문 101~104쪽

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

01 전기력이 한 일

균일한 전기장에서 음(−)전하에 전기력이 한 일은 음(−)전하의 운동 에너지 감소량과 같다.

ㄱ. Ⅰ, Ⅱ에서 음(−)전하의 운동 에너지가 모두 감소하므로 전기장의 방향은 Ⅰ에서와 Ⅱ에서가 같다.

~~ㄴ~~. 음(−)전하에 작용하는 전기력이 음(−)전하에 작용하는 알짜힘이므로 음(−)전하에 작용하는 전기력이 한 일은 음(−)전하의 운동 에너지 감소량과 같다. 따라서 그래프의 기울기는 음(−)전하에 작용하는 전기력의 크기이므로 음(−)전하에 작용하는 전기력의 크기는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다.

~~ㄱ~~. 음(−)전하의 운동 에너지는 음(−)전하의 속력의 제곱에 비례한다$\left(E_k=\frac{1}{2}mv^2\right)$. 따라서 음(−)전하의 속력은 $x=d$에서가 $x=3d$에서의 2배이다.

02 저항의 연결과 옴의 법칙

전류의 세기를 전압에 따라 나타낸 그래프에서 기울기는 합성 저항값의 역수이다.

② A, B의 저항값을 각각 R_A, R_B라 하면 회로의 합성 저항값은 스위치를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때의 2배이므로 $2R_A+R_B=2\left(R_A+\frac{R_AR_B}{R_A+R_B}\right)$에서 $R_A=R_B$이다. A, B의 단면적을 각각 $2S$, S라 하고 A, B의 길이를 l이라 하면 $\rho_A\frac{l}{2S}=\rho_B\frac{l}{S}$에서 $\rho_A : \rho_B=2:1$이다.

03 저항의 연결과 소비 전력

저항값은 비저항과 저항체의 길이에 비례하고 단면적에 반비례한다$\left(R=\rho\frac{l}{S}\right)$.

㉠. 전류계에 흐르는 전류의 세기가 P, Q를 a와 b에 연결했을 때가 a와 c에 연결했을 때의 5배이므로 회로의 합성 저항값은 P, Q를 a와 b에 연결했을 때가 a와 c에 연결했을 때의 $\frac{1}{5}$배이다. 따라서 B의 저항값은 A의 저항값의 4배이고, A와 B는 단면적이 같고 길이는 B가 A의 2배이므로 비저항은 A가 B의 $\frac{1}{2}$배이다.

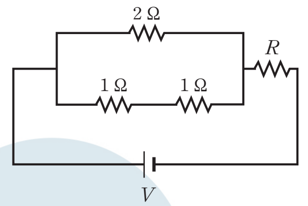
㉡. B의 저항값은 A의 저항값의 4배이므로 합성 저항값은 P, Q를 c와 d에 연결했을 때가 a와 b에 연결했을 때의 $\frac{4}{5}$배이다. 전류계에 흐르는 전류의 세기는 회로의 전체 합성 저항값에 반비례하므로 ㉠은 $\frac{5}{4}I$이다.

㉢. B의 저항값은 A의 저항값의 4배이므로 합성 저항값은 P, Q를 a와 d에 연결했을 때가 a와 b에 연결했을 때의 $\frac{29}{5}$배이다. 따라서 전류계에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{5}{29}I$이므로 회로 전체에서 소비되는 전력은 $\frac{5}{29}VI$이다($P=VI$).

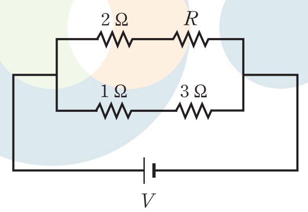
04 저항의 연결과 소비 전력

저항에서 소비되는 전력은 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다$\left(P=\frac{V^2}{R}\right)$.

③ 전원의 전압을 V라 하면 스위치를 a에 연결했을 때와 b에 연결했을 때 회로는 그림과 같다.



〈스위치를 a에 연결〉



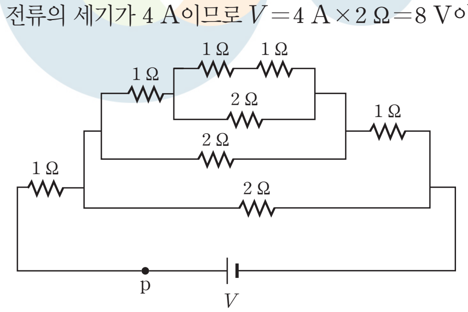
〈스위치를 b에 연결〉

저항값이 R인 저항에서 소비되는 전력은 스위치를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때의 $\frac{16}{9}$배이므로 저항값이 R인 저항 양단에 걸리는 전압은 스위치를 a에 연결했을 때가 b에 연결했을 때의 $\frac{4}{3}$배이다. 스위치를 a에 연결했을 때 병렬로 연결된 저항들의 합성 저항값을 구하면 1 Ω이므로 저항값이 R인 저항 양단에 걸리는 전압을 4 V라 하면 합성 저항값이 1 Ω인 저항 양단에 걸리는 전압은 $V-4$ V이고, 스위치를 b에 연결했을 때 저항값이 R인 저항 양단에 걸리는 전압을 3 V라 하면 2 Ω 양단에 걸리는 전압은 $V-3$ V이다. 이를 정리하면 1 Ω : $R=V-4$ V : 4 V이고 2 Ω : $R=V-3$ V : 3 V이므로 $V=6$ V이고 $R=2$ Ω이다.

05 저항의 연결과 옴의 법칙

저항이 복잡하게 연결된 회로는 전류가 나누어지는 곳과 합쳐지는 곳을 중심으로 저항의 직렬연결과 병렬연결을 파악할 수 있다.

④ 회로에서 전류가 나누어지는 부분을 기준으로 회로를 다시 표현하면 그림과 같다. 따라서 회로의 합성 저항값은 2 Ω이고 p에 흐르는 전류의 세기가 4 A이므로 $V=4\text{ A}\times 2\ \Omega=8$ V이다.



06 저항의 연결과 소비 전력

저항이 직렬로 연결되었을 때 저항값에 비례하여 전원의 전압이 각 저항 양단에 나뉘어 걸린다.

㉠. (가)에서 저항 양단에 걸리는 전압은 A에서와 B에서가 같으므로 A의 저항값은 B와 C의 합성 저항값과 같다. A의 저항값을 R_A, B와 C의 저항값을 모두 R라 하면 $R_A=\frac{R^2}{2R}$에서 $R_A=\frac{R}{2}$이다. 따라서 저항값은 A가 C의 $\frac{1}{2}$배이다.

~~ㄴ~~. 전원의 전압을 $4V$라 하면 (가)에서 A, B, C 양단에 걸리는 전압은 모두 $2V$이다. (나)에서 A와 C의 합성 저항값이 $\frac{R}{3}$이므로 B 양단에 걸리는 전압은 $3V$이고 A와 C 양단에 걸리는 전압은 V로 같다. 저항에 흐르는 전류의 세기는 저항 양단에 걸리는 전압에 비례하고 저항의 저항값에 반비례하므로 (가)의 B에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{2V}{R}$이고, (나)의 B에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{3V}{R}$이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{2}{3}$배이다.

㉢. 저항값이 일정할 때 저항에서 소비되는 전력은 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다. C 양단에 걸리는 전압은 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로 C에서 소비되는 전력은 (가)에서가 (나)에서의 4배이다.

07 저항의 연결과 소비 전력

저항에서 소비되는 전력은 저항값에 반비례하고 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다$\left(P=\frac{V^2}{R}\right)$.

㉠. $R_x=0$일 때 A 양단에는 전원의 전압이 걸리므로 전원의 전압은 $4V$이다. $R_x=R$일 때 A 양단에는 전원의 전압의 $\frac{1}{2}$배인 $2V$가 걸리므로 가변 저항의 저항값과 A의 저항값은 같다. 따라서 A의 저항값은 R이다.

~~ㄴ~~. $R_x=R$일 때, 회로의 합성 저항값은 $2R$이므로 A에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{4V}{2R}=\frac{2V}{R}$이다.

~~ㄷ~~. $R_x=2R$일 때, A 양단에 걸리는 전압은 $\frac{4V}{3}$이므로 A에서 소비되는 전력은 $\frac{\left(\frac{4}{3}V\right)^2}{R}=\frac{16V^2}{9R}$이다.

08 저항의 연결과 소비 전력

저항이 직렬로 연결되었을 때 저항의 저항값에 비례하여 전원의 전압이 각 저항 양단에 나뉘어 걸린다. 저항이 병렬로 연결되었을 때 각 저항 양단에 걸리는 전압은 전원의 전압과 같다.

㉠. 저항에서 소비되는 전력은 저항 양단에 걸리는 전압의 제곱에 비례한다$\left(P=\frac{V^2}{R}\right)$. 저항값이 R_1인 저항에서 소비되는 전력은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{1}{9}$배이므로 R_1 양단에 걸리는 전압은 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{1}{3}$배이다. 전원의 전압을 V라 하면 스위치를 a에 연결할 때 저항값이 R_1, R_2인 저항 양단에 걸리는 전압은 각각 $\frac{1}{3}V$, $\frac{2}{3}V$이다. 따라서 $R_2=2R_1$이다.

㉡. $R_2=2R_1$이므로 회로의 합성 저항값은 스위치를 a에 연결할 때는 $3R_1$이고 스위치를 b에 연결할 때는 $\frac{2}{3}R_1$이다. 따라서 회로의 합성 저항값은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{9}{2}$배이므로 전류계에 흐르는 전류의 세기는 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{2}{9}$배이다.

㉢. 회로 전체에서 소비되는 전력은 회로 전체 합성 저항값에 반비례한다$\left(P=\frac{V^2}{R}\right)$. 합성 저항값은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{9}{2}$배이므로 회로 전체에서 소비되는 전력은 스위치를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때의 $\frac{2}{9}$배이다.

08 트랜지스터와 축전기

수능 2점 테스트 본문 110~112쪽

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

01 p-n-p형 트랜지스터

p-n-p형 트랜지스터에서는 이미터에서 베이스로 이동한 양공 대부분이 베이스를 통과하여 컬렉터에 도달한다.

㉠. 이미터 단자로 들어간 전류가 베이스 단자와 컬렉터 단자로 나오고 이미터 단자와 베이스 단자 사이에 순방향 전압이 걸려 있으므로 트랜지스터는 p-n-p형 트랜지스터이다. 따라서 A는 p형 반도체이다.

㉡. p-n-p형 트랜지스터이므로 '양공'은 ㉠으로 적절하다.

㉢. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 $I_A = I_B + I_C$이다.

02 p-n-p형 트랜지스터

p-n-p형 트랜지스터에서 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

㉠. 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 하므로 트랜지스터는 p-n-p형 트랜지스터이다. 따라서 X는 p형 반도체이다.

~~ㄴ~~. p-n-p형 트랜지스터이므로 전위는 이미터 단자가 베이스 단자보다 높다.

~~ㄷ~~. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 전류의 세기는 이미터 단자에서가 컬렉터 단자에서보다 크다.

03 p-n-p형 트랜지스터

p-n-p형 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압을 걸어 주면 증폭 작용이 일어난다.

~~ㄱ~~. X를 지나 A로 들어간 전류가 컬렉터 단자인 Y에서 나오므로 X는 이미터 단자, Z는 베이스 단자, Y는 컬렉터 단자이다. 따라서 A는 p-n-p형 트랜지스터이다.

㉡. A는 p-n-p형 트랜지스터이므로 Z에 흐르는 전류의 방향은 ㉠ 방향이다.

~~ㄷ~~. p-n-p형 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압을 걸어 주면 증폭 작용이 일어난다. 따라서 Y와 Z 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

04 n-p-n형 트랜지스터

n-p-n형 트랜지스터에서는 베이스 단자와 컬렉터 단자로 전류가 들어가고 이미터 단자로 전류가 나온다.

㉠. n-p-n형 트랜지스터에서 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 하므로 X는 이미터 단자이고, Y는 컬렉터 단자이다.

~~ㄴ~~. n-p-n형 트랜지스터이므로 전위는 이미터 단자가 베이스 단자보다 낮다.

㉢. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 전류의 세기는 X에서가 Y에서보다 크다.

05 n-p-n형 트랜지스터

n-p-n형 트랜지스터에서 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

㉠. 베이스 단자와 컬렉터 단자로 전류가 들어가고 이미터 단자로 전류가 나오므로 A는 n-p-n형 트랜지스터이다.

~~ㄴ~~. n-p-n형 트랜지스터에서 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 a, b, c는 각각 베이스 단자, 이미터 단자, 컬렉터 단자이다.

~~ㄷ~~. 전류 증폭률은 $\dfrac{\text{컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기}}{\text{베이스 단자에 흐르는 전류의 세기}}$이므로 $\dfrac{100I}{I}=100$이다.

06 축전기의 전기 용량

축전기의 전기 용량은 두 극판 사이에 채워진 유전체의 유전율에 비례하고 극판의 면적에 비례하며 극판 사이의 간격에 반비례한다.

② A, B, C의 전기 용량이 모두 같으므로 $\varepsilon\dfrac{2S}{d_A}=2\varepsilon\dfrac{S}{d_B}=2\varepsilon\dfrac{2S}{d_C}$에서 $d_A : d_B : d_C = 1 : 1 : 2$이다.

07 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기 양단의 전위차의 제곱에 비례한다$\left(E=\dfrac{1}{2}CV^2\right)$.

④ A, B, C에 저장된 전기 에너지가 모두 같으므로 $\dfrac{1}{2}\left(\varepsilon_1\dfrac{S}{d}\right)V^2=\dfrac{1}{2}\left(\varepsilon_2\dfrac{S}{2d}\right)(2V)^2=\dfrac{1}{2}\left(\varepsilon_3\dfrac{2S}{d}\right)(2V)^2$이다. 따라서 $\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \varepsilon_3 = 8 : 4 : 1$이다.

08 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기에 충전된 전하량의 제곱에 비례하고 축전기의 전기 용량에 반비례한다$\left(E=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}\right)$.

ㄱ. 축전기의 전기 용량이 같으므로 축전기에 충전된 전하량은 A와 B가 같다.

~~ㄴ~~. A, B의 극판의 면적을 S라 하면 축전기의 전기 용량은 A와 B가 같으므로 $\varepsilon_A \frac{S}{2d}=\varepsilon_B \frac{S}{d}$에서 $\varepsilon_B=\frac{1}{2}\varepsilon_A$이다.

ㄷ. A와 B의 전기 용량이 같고 A와 B에 충전된 전하량이 같으므로 축전기에 저장된 전기 에너지는 A와 B가 같다.

09 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기의 전기 용량은 축전기의 극판 사이에 채워진 유전체의 유전율에 비례한다.

ㄱ. A, B는 극판의 면적, 극판 사이의 간격, 축전기에 채워진 유전체의 유전율이 같으므로 축전기의 전기 용량은 A와 B가 같다. 따라서 S_1만 닫았을 때 A에 충전된 전하량은 B에 충전된 전하량과 같은 Q이다.

~~ㄴ~~. 축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$). 따라서 B 양단의 전위차는 S_1만 닫았을 때가 S_2만 닫았을 때의 $\frac{1}{2}$배이다.

~~ㄷ~~. A와 C는 극판의 면적, 극판 사이의 간격이 같고 유전체의 유전율은 C가 A의 2배이므로 축전기의 전기 용량은 C가 A의 2배이다. A, B는 전기 용량이 같고 S_1만 닫았을 때 A, B는 충전된 전하량이 같으므로 B 양단의 전위차를 V라 하면 A 양단의 전위차도 V이다. 또한 S_2만 닫았을 때 B 양단의 전위차는 $2V$이므로 C 양단의 전위차도 $2V$이다. 따라서 S_1만 닫았을 때 A에 저장된 전기 에너지는 S_2만 닫았을 때 C에 저장된 전기 에너지의 $\frac{1}{8}$배이다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

10 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기 양단의 전압에 따른 축전기에 충전된 전하량 그래프에서 기울기는 축전기의 전기 용량이고 그래프 아래의 면적은 축전기에 저장된 전기 에너지이다.

ㄱ. 그래프의 기울기는 전기 용량이므로 축전기의 전기 용량은 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이다.

ㄴ. A, B의 극판 면적을 S라 하면, 축전기의 전기 용량은 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이므로 $\varepsilon_1\frac{S}{2d}=\frac{3}{2}\times\varepsilon_2\frac{S}{d}$이다. 따라서 $\varepsilon_1=3\varepsilon_2$이다.

ㄷ. 전원 장치의 전압이 $2V$일 때, 그래프 아래의 면적은 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이므로 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 $\frac{3}{2}$배이다.

11 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$). 또한 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기에 충전된 전하량의 제곱에 비례하고 축전기의 전기 용량에 반비례한다$\left(\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}\right)$.

④ A, B는 전기 용량이 같으므로 A, B에 충전된 전하량은 같다. A에 충전된 전하량을 Q, A의 전기 용량을 C라 하면 $E=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$이다. 스위치를 열고 B의 극판 사이의 간격을 변화시켜도 B에 충전된 전하량은 Q에서 변하지 않으므로 B의 극판 사이의 간격을 조절하여 B에 저장된 전기 에너지가 $2E$가 되려면 B의 전기 용량이 $\frac{C}{2}$가 되어야 한다. 따라서 B의 극판 사이의 간격은 $2d$이다$\left(C=\varepsilon\frac{S}{d}\right)$.

12 축전기의 이용

축전기가 충전되는 동안 전하량이 증가하므로 축전기 내부의 전기장의 세기는 증가한다. 또한 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기 양단의 전위차가 일정할 때, 축전기의 전기 용량에 비례한다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

~~ㄱ~~. S_1이 닫혀 축전기가 충전되는 동안 축전기에 충전되는 전하량이 증가하므로 축전기 내부의 전기장의 세기는 증가한다.

~~ㄴ~~. 전위가 높은 곳에서 전위가 낮은 곳으로 전류가 흐르므로 축전기가 충전되는 동안 저항에는 오른쪽 방향으로 전류가 흐르게 되고, 충전되는 동안 축전기의 왼쪽 극판이 오른쪽 극판보다 전위가 높아지게 된다. 반대로 축전기가 방전되는 동안은 전위가 높은 축전기의 왼쪽 극판에서 전위가 낮은 오른쪽 극판으로 전류가 흐르므로 축전기가 방전되는 동안 저항에는 왼쪽 방향으로 전류가 흐르게 된다. 따라서 축전기가 충전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향은 축전기가 방전되는 동안 저항에 흐르는 전류의 방향과 서로 반대이다.

ㄷ. 축전기 양단에 걸리는 전압이 일정할 때, 축전기의 전기 용량이 클수록 축전기에 저장된 전기 에너지는 크다.

수능 3점 테스트 본문 113~116쪽

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

01 p−n−p형 트랜지스터

p−n−p형 트랜지스터에서 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

ㄱ. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기는 I_1-I_2이다.

~~ㄴ~~. 트랜지스터가 전류를 증폭하려면 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 하므로 전원 장치의 a는 (+)극이다.

~~ㄷ~~. 트랜지스터의 전류 증폭률은 $\dfrac{\text{컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기}}{\text{베이스 단자에 흐르는 전류의 세기}}$이므로 $\dfrac{I_2}{I_1-I_2}$이다.

02 p−n−p형 트랜지스터

p−n−p형 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압을 걸어 주면 증폭 작용이 일어난다.

~~ㄱ~~. X를 지나 A로 들어간 전류가 베이스 단자인 Z에서 나오므로 X는 이미터 단자, Z는 베이스 단자, Y는 컬렉터 단자이다. 따라서 A는 p−n−p형 트랜지스터이므로 는 A로 적절하다.

ㄴ. p−n−p형 트랜지스터이므로 전위는 이미터 단자인 X에서가 베이스 단자인 Z에서보다 높다.

~~ㄷ~~. p−n−p형 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 컬렉터 단자와 베이스 사이에는 역방향 전압을 걸어 주면 증폭 작용이 일어난다. 따라서 Y와 Z 사이에는 역방향 전압이 걸려 있다.

03 n−p−n형 트랜지스터

n−p−n형 트랜지스터에서는 베이스 단자와 컬렉터 단자로 전류가 들어가고 이미터 단자로 전류가 나온다.

ㄱ. 트랜지스터의 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주고, 컬렉터 단자와 베이스 단자 사이에는 역방향 전압을 걸어 주면 전류가 증폭된다. 따라서 트랜지스터는 n−p−n형 트랜지스터이고 X는 p형 반도체이다.

~~ㄴ~~. n−p−n형 트랜지스터에서는 베이스 단자와 컬렉터 단자로 전류가 들어가고 이미터 단자로 전류가 나오므로 베이스 단자에 흐르는 전류의 방향은 ㉠의 반대 방향이다.

ㄷ. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 전류의 세기는 이미터 단자에서가 베이스 단자에서보다 크다.

04 n−p−n형 트랜지스터

n−p−n형 트랜지스터에서 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다.

~~ㄱ~~. 베이스 단자인 Y로 전류가 들어가므로 A는 n−p−n형 트랜지스터이고, X는 이미터 단자이다.

ㄴ. n−p−n형 트랜지스터에서 이미터 단자와 베이스 단자 사이에는 순방향 전압을 걸어 주어야 하므로 X와 Y 사이에는 순방향 전압이 걸려 있다.

ㄷ. 전류 증폭률은 $\dfrac{\text{컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기}}{\text{베이스 단자에 흐르는 전류의 세기}}$이므로 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기는 $150I$이다. 이미터 단자에 흐르는 전류의 세기는 베이스 단자에 흐르는 전류의 세기와 컬렉터 단자에 흐르는 전류의 세기의 합과 같으므로 X에 흐르는 전류의 세기는 $I+150I=151I$이다.

05 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기의 전기 용량과 축전기 양단의 전위차의 제곱에 비례한다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

ㄱ. 축전기가 전원과 병렬로 연결되어 있으므로 축전기 양단의 전위차는 A와 B가 같다. 전원의 전압이 V일 때 축전기에 저장된 전기 에너지는 A가 B의 4배이므로 축전기의 전기 용량은 A가 B의 4배이다.

ㄴ. 축전기의 전기 용량은 A가 B의 4배이므로 A와 B의 극판의 면적을 S, A와 B에 채워진 유전체의 유전율을 각각 ε_A, ε_B라 하면, $\varepsilon_A\dfrac{S}{d}=4\times\varepsilon_B\dfrac{S}{2d}$이므로 $\varepsilon_A=2\varepsilon_B$이다.

ㄷ. 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기에 충전된 전하량과 축전기 양단의 전위차에 비례하므로 A와 B에 저장된 전기 에너지가 같을 때, 축전기에 충전된 전하량은 A가 B의 2배이다 $\left(E=\frac{1}{2}QV\right)$.

06 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

두 축전기가 병렬로 연결되어 있을 때 두 축전기 양단의 전위차는 같으며, 축전기에 충전된 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$). 또한 축전기에 저장된 전기 에너지는 축전기 양단의 전위차가 같을 때, 축전기의 전기 용량에 비례한다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

ㄱ. (가)에서 A, B는 전원 장치에 병렬로 연결되어 있으므로 A, B 양단의 전위차는 같다. 축전기의 전기 용량이 A가 B의 2배이므로 축전기에 충전된 전하량도 A가 B의 2배이다($Q=CV$).

㉡. (가)에서는 A, B가 전원 장치에 병렬로 연결되어 있으므로 a에 측정된 전위차는 전원 장치의 전압과 같은 V이고, (나)에서는 A, B가 직렬로 연결되어 있으므로 a에 측정된 전위차는 전원 장치의 전압인 V보다 작다. 따라서 a에 측정된 전위차는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
㉢. B 양단의 전위차는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 B에 저장된 전기 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

07 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

(가)에서는 A와 B 양단의 전위차가 같고, (나)에서는 A와 C 양단의 전위차가 같다.
㉠. A, B의 극판의 면적을 S라 하면, A와 B의 전기 용량은 각각 $\varepsilon_0\frac{S}{d}$, $3\varepsilon_0\frac{S}{2d}$이므로 축전기의 전기 용량은 A가 B의 $\frac{2}{3}$배이다.
~~ㄴ~~. B에 저장된 전기 에너지가 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 B 양단의 전위차도 (가)에서가 (나)에서보다 작다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$. 축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고 축전기 양단의 전위차에 비례하므로 B에 충전된 전하량은 (가)에서가 (나)에서보다 작다($Q=CV$).
~~ㄷ~~. B 양단의 전위차가 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 C 양단의 전위차는 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 C에 저장된 전기 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다$\left(E=\frac{1}{2}CV^2\right)$.

08 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

축전기에 충전되는 전하량은 축전기의 전기 용량에 비례하고, 축전기 양단의 전위차에 비례한다($Q=CV$).
㉠. 전원 장치의 전압이 $3V$일 때 A에 충전된 전하량은 전원 장치의 전압이 V일 때 B에 충전된 전하량과 같으므로 A, B의 전기 용량을 각각 C_A, C_B라 하면 $C_A(3V)=C_BV$에서 $C_B=3C_A$이다. A, B의 극판의 면적을 S라 하면
$2\varepsilon_0\frac{S}{d_B}=3\times\varepsilon_0\frac{S}{d_A}$에서 $d_A=\frac{3}{2}d_B$이다.
~~ㄴ~~. $C_B=3C_A$이므로 $Q_1=\frac{1}{3}Q$이고 $Q_2=3Q$이다. 따라서 $Q_2=9Q_1$이다.
㉢. 전원 장치의 전압이 V일 때 A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}C_AV^2$이고, 전원 장치의 전압이 $3V$일 때 B에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}(3C_A)(3V)^2$이므로 전원 장치의 전압이 V일 때 A에 저장된 전기 에너지는 전원 장치의 전압이 $3V$일 때 B에 저장된 전기 에너지의 $\frac{1}{27}$배이다.

09 전류에 의한 자기장

수능 2점 테스트 본문 123~125쪽

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

01 직선 전류에 의한 자기장

세기가 I인 전류가 흐르는 직선 도선으로부터 떨어진 거리가 r인 지점에서 직선 전류에 의한 자기장의 세기는 $B=k\frac{I}{r}$이다.
③ $B=k\frac{I}{a}$라고 하면, O에서 자기장의 세기는
$B_0=B+B+B-B=2B$이다. P에서 자기장의 세기를 B'라고 하면 $B'=B+B+\frac{1}{3}B+B=\frac{10}{3}B$에서 $B'=\frac{5}{3}B_0$이다.

02 직선 전류에 의한 자기장

O에서 전류에 의한 자기장의 방향이 $+x$방향이므로, O에서 A, B에 의한 자기장은 0이다.
㉠. O에서 A, B에 의한 자기장이 0이므로, B에는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 I인 전류가 흐른다.
~~ㄴ~~. O에서 전류에 의한 자기장은 C에 의한 자기장과 같다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
~~ㄷ~~. O에서 A, C에 의한 자기장의 세기를 각각 B_1, B_2라고 하면, O, P에서 다음 관계가 성립한다.
O: $B_2=B_0$ ⋯ (1)
P: $\left(\frac{B_1}{\sqrt{2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\times2+\frac{B_2}{2}=B_0$ ⋯ (2)
(1), (2)에서 $B_1=\frac{1}{2}B_0$이므로, P에서 A에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}B_0=\frac{\sqrt{2}}{4}B_0$이다.

03 직선 전류에 의한 자기장

지구 자기장의 세기를 $B_{지}$, 전류에 의한 자기장의 세기를 $B_{전}$, 자침이 회전한 각을 θ라고 하면, $\tan\theta=\frac{B_{전}}{B_{지}}$이므로, 전류에 의한 자기장의 세기는 $B_{전}=B_{지}\tan\theta$이다.
② ㉠ Ⅰ에서 θ가 동쪽으로 30°이므로, 나침반 위치에서 A에 의한 자기장의 방향은 동쪽이다. 따라서 ㉠은 •이다.
㉡ Ⅱ에서 θ가 서쪽으로 60°이므로, 나침반 위치에서 B에 의한 자기장의 방향은 서쪽이다. 따라서 ㉡은 •이다.

㉢ 나침반 위치에서 A, B에 의한 자기장의 세기가 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 3배이고, A, B에 의한 자기장의 방향이 반대이다. 따라서 ㉢은 $4I_0$이다.

04 직선 전류에 의한 자기장

나침반 위치에서 A, B 각각에 의한 자기장은 동서 방향에 나란하다. 그런데 N극이 북쪽을 향하므로, (가)의 나침반 위치에서 A, B에 의한 자기장은 세기가 같고 방향이 반대이다.

㉠. (나)에서 자침이 시계 반대 방향으로 회전하였으므로 A에 흐르는 전류의 방향은 연직 위쪽이다.

~~ㄴ~~. B에 의한 자기장의 방향은 동쪽이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 남쪽이다.

㉢. (가)의 나침반 위치에서 A와 B에 의한 자기장의 세기가 같다. 그런데 나침반으로부터 떨어진 거리가 A가 B의 3배이므로 전류의 세기는 A에서가 B에서의 3배이다.

05 직선 전류에 의한 자기장

x축상의 $x=3d$에서 전류에 의한 자기장의 x성분이 0이다. 따라서 P, Q에 흐르는 전류의 방향은 모두 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

① P와 Q에 흐르는 전류의 방향과 세기가 같다. 따라서 원점에서 자기장은 0이다.

06 직선 전류에 의한 자기장

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

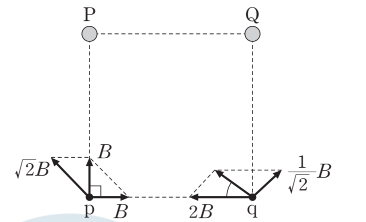
㉠. $B=k\dfrac{I}{a}$라고 하고 xy 평면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 (+)방향으로 하면, 원점에서 A, B, C에 흐르는 전류에 의한 자기장은 각각 $B_A=-B$, $B_B=-3B$, $B_C=4B$이다. 따라서 원점에서 자기장은 0이다.

㉡. x축상의 $x=-\dfrac{1}{2}a$에서 자기장의 세기는 $-B-3B+8B=4B$이고, x축의 $x=a$에서 자기장의 세기는 $|-B-3B+2B|=2B$이다.

㉢. y축상의 $y=-\dfrac{1}{2}a$에서 자기장은 $-\dfrac{2}{3}B-6B+4B=-\dfrac{8}{3}B$이다. 따라서 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

07 직선 전류에 의한 자기장

꼭짓점 p에서 전류에 의한 자기장이 P를 향하는 방향으로 세기가 B이므로, p, q에서 A, B 각각에 의한 자기장과 합성 자기장의 방향과 세기는 그림과 같다.



② q에서 합성 자기장의 수평 성분과 수직 성분의 크기가 각각 $2B-\dfrac{1}{2}B=\dfrac{3}{2}B$, $\dfrac{1}{2}B$이다. 따라서 q에서 전류에 의한 자기장의 세기는 $\dfrac{1}{2}B\times\sqrt{3^2+1^2}=\dfrac{\sqrt{10}}{2}B$이다.

08 직선 전류에 의한 자기장

y축상의 $y=2d$에서 C에 의한 자기장은 x축에 나란하다. 그런데 y축상의 $y=2d$에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 A, B에 의한 자기장의 y성분은 0이다.

㉠. y축상의 $y=2d$에서 A에 의한 자기장의 y성분이 $+y$방향이므로, B에 의한 자기장의 y성분은 $-y$방향이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

㉡. y축상의 $y=2d$에서 A, B에 의한 자기장의 방향이 $-x$방향이므로, C에 의한 자기장의 방향은 $+x$방향이다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

~~ㄷ~~. B, C에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_B, I_C라고 하면 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{I}{\sqrt{5}}\times\frac{1}{\sqrt{5}}=\frac{I_B}{2\sqrt{2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}} \cdots (1)$$

$$\left(\frac{I}{\sqrt{5}}\times\frac{2}{\sqrt{5}}\right)+\left(\frac{I_B}{2\sqrt{2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\right)=I_C \cdots (2)$$

(1), (2)에서 $I_B=\dfrac{4}{5}I$, $I_C=\dfrac{3}{5}I$이다.

09 원형 전류에 의한 자기장

원형 도선에 흐르는 전류의 세기가 I이고 원형 도선의 반지름이 r이면, 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 다음과 같다.

$$B=k'\frac{I}{r}$$

㉠. (가)에서 오른손을 전류 방향으로 감아쥐고 엄지손가락을 세우면, 엄지손가락이 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 향한다. 따라서 A에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

~~ㄴ~~. B에서 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 A와 B에서 자기장의 방향은 반대이다.

㉢. A, B에서 자기장의 세기를 각각 B_A, B_B라고 하면, $B_A : B_B=\dfrac{3I}{r} : \dfrac{2I}{3r}=9 : 2$이다. 따라서 $\dfrac{B_A}{B_B}=\dfrac{9}{2}$이다.

10 직선 전류에 의한 자기장

p에서 자침의 S극이 $+y$방향으로 향하므로 N극은 $-y$방향으로 향한다.

~~ㄱ~~. 자기장의 방향은 자침의 N극이 향하는 방향과 같다. 따라서 p에서 전류에 의한 자기장의 방향은 $-y$방향이다.

㉡. p에서 전류에 의한 자기장의 x성분이 0이다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류의 세기는 같다.

~~ㄷ~~. A에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, B에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.

11 솔레노이드에 의한 자기장

솔레노이드에 흐르는 전류의 세기가 I이고, 단위 길이당 감은 수가 n이면, 솔레노이드 내부에 생기는 균일한 자기장의 세기는 $B=k''nI$이다.

~~ㄱ~~. 전류의 방향으로 오른손을 감아쥐고 엄지손가락을 세우면, 엄지손가락이 가리키는 방향이 솔레노이드 내부에서 자기장의 방향이다. 따라서 $\vec{B}_\text{P}$의 방향은 오른쪽이다.

㉡. $\vec{B}_\text{Q}$의 방향은 왼쪽이다. 따라서 $\vec{B}_\text{P}$와 $\vec{B}_\text{Q}$의 방향은 서로 반대이다.

~~ㄷ~~. $\vec{B}=k''nI$에서 n과 I 모두 Q가 P의 2배이다. 따라서 세기는 $\vec{B}_\text{Q}$가 $\vec{B}_\text{P}$의 4배이다.

12 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

세기가 I인 전류가 흐르는 직선 도선으로부터 떨어진 거리가 r인 지점에서 자기장의 세기는 $B_{\text{직}}=k\dfrac{I}{r}$이고, 세기가 I'인 전류가 흐르는 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 $B_{\text{원}}=k'\dfrac{I'}{r}$이다.

③ O에서 두 직선 전류에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 세기가 $B+\frac{3}{2}B=\frac{5}{2}B$이고, 원형 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이고 세기는 B이다. 따라서 O에서 전류에 의한 자기장의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고 세기는 $\frac{3}{2}B$이다.

수능 3점 테스트

본문 126~130쪽

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

01 직선 전류에 의한 자기장

a에서 P에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 a에서 Q에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

㉠. a에서 Q에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이므로, Q에 흐르는 전류의 방향은 ㉡이다.

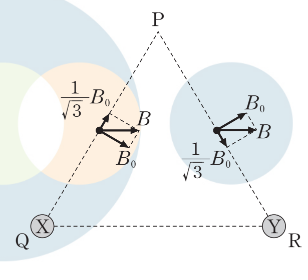
~~ㄴ~~. 모눈의 간격을 d라고 하면, a에서 P, Q까지 떨어진 거리는 각각 $2d$, $\sqrt{2}d$이다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 세기를 I_Q라고 하면 $\dfrac{I}{2d}=\dfrac{I_\text{Q}}{\sqrt{2}d}$에서 $I_\text{Q}=\dfrac{\sqrt{2}}{2}I$이다.

㉢. b에서 P, Q에 의한 자기장의 세기가 각각 $\frac{1}{2}B$, B이고, 자기장의 방향이 반대이므로, b에서 전류에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2}B$이다.

02 직선 전류에 의한 자기장

a에서 자기장이 $+x$방향이므로 X, Y에 의한 자기장의 y성분이 0이며, X, Y에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

② a에서 Q, R까지 거리의 비가 $1:\sqrt{3}$이므로 X, Y에 흐르는 전류의 세기를 각각 I_X, I_Y라고 하면 $\dfrac{I_\text{X}}{1}\times\sin30^\circ=\dfrac{I_\text{Y}}{\sqrt{3}}\times\sin60^\circ$에서 $I_\text{X}=I_\text{Y}$이므로, a에서 X에 의한 자기장의 세기를 B_0이라고 하면, a, b에서 X, Y 각각에 의한 자기장과 합성 자기장은 그림과 같다. 따라서 b에서 전류에 의한 자기장도 $+x$방향으로 세기가 B이다.



03 직선 전류에 의한 자기장

$x=3d$에서 전류에 의한 자기장은 0이므로, $x=3d$에서 A, B에 의한 자기장의 세기가 같다. 따라서 $x=2d$에서는 B에 의한 자기장의 세기가 A에 의한 자기장의 세기보다 크다.

~~ㄱ~~. $x=3d$에서 전류에 의한 자기장이 0이므로, A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.
ㄴ. $x=3d$에서 떨어진 거리는 A가 B의 2배이다. 그런데 $x=3d$에서 A, B에 의한 자기장의 세기가 같으므로, 전류의 세기는 A에서가 B에서의 2배이다.
ㄷ. $x=2d$에서 B에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, B에는 $-y$방향으로 전류가 흐른다. 따라서 $x=0$에서 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

04 직선 전류에 의한 자기장

p로부터 떨어진 거리는 A가 B의 2배이다. 그런데 p에서 자기장이 0이므로, 전류의 세기는 A에서가 B에서의 2배이다.
ㄱ. p에서 A에 의한 자기장이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로 B에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 $+y$방향이다.
~~ㄴ~~. 전류의 세기가 A에서가 B에서의 2배이므로, B에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{1}{2}I$이다.
ㄷ. 모눈의 간격을 d라고 하고 $B=k\frac{I}{d}$라고 하면, q, r에서 자기장의 세기는 각각 $\frac{1}{2}B-\frac{1}{4}B=\frac{1}{4}B$, $B-\frac{1}{4}B=\frac{3}{4}B$이다. 따라서 전류에 의한 자기장의 세기는 r에서가 q에서의 3배이다.

05 직선 전류에 의한 자기장

(가)의 나침반 위치에서 A, B에 의한 자기장은 0이다.
~~ㄱ~~. 나침반 위치에서 A에 의한 자기장의 세기와 B에 의한 자기장의 세기가 같다. 그런데 나침반으로부터 떨어진 거리가 B가 A의 2배이므로, 전류의 세기는 B에서가 A에서의 2배이다.
ㄴ. (가)의 나침반 위치에서 A, B에 의한 자기장은 0이다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 반대이다.
ㄷ. (나)에서 N극이 동쪽으로 회전하였으므로, A에 흐르는 전류의 방향은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 B에 흐르는 전류의 방향은 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다.

06 직선 전류에 의한 자기장

X, Y 각각에 의한 자기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크다. 그런데 p, q에서 자기장의 세기가 같으므로, p에서는 X, Y에 의한 자기장의 방향이 반대이고, q에서는 X, Y에 의한 자기장의 방향이 같다.
~~ㄱ~~. q에서 X에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, p에서는 X, Y에 의한 자기장의 방향이 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
ㄴ. q에서 자기장의 방향이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, Y에는 ㉠ 방향으로 전류가 흐른다.
ㄷ. q에서 X, Y에 의한 자기장의 세기를 각각 B, B'라고 하면, p에서 X, Y에 의한 자기장의 세기는 각각 $\sqrt{3}B$, $\sqrt{3}B'$이다. 그런데 p, q에서 자기장의 방향이 반대이고 세기가 같으므로, $\sqrt{3}(B'-B)=B+B'$에서 $B'=\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}-1}B=(2+\sqrt{3})B$이다. 따라서 Y에 흐르는 전류의 세기는 $(2+\sqrt{3})I$이다.

07 직선 전류에 의한 자기장

원점에서 자기장의 방향이 y축에 나란하므로, a에서 자기장의 방향도 y축에 나란하다.
ㄱ. a에서 자기장의 방향이 y축에 나란하므로, a에서 Q에 의한 자기장의 x성분의 방향은 $+x$방향이다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
ㄴ. a에서 자기장의 x성분이 0이다. 따라서 P, Q에 흐르는 전류의 세기를 각각 I, I'라고 하면 $\frac{I}{2}\cos30^\circ=\frac{I'}{2\sqrt{3}}\cos60^\circ$에서 $I'=3I$이다.
ㄷ. 원점에서 P에 의한 자기장의 세기를 B라고 하면, Q에 의한 자기장의 세기도 B이므로 원점에서 전류에 의한 자기장의 세기는 $2B$이다. a에서 P, Q에 의한 자기장의 세기가 각각 $\frac{1}{2}B$, $\frac{\sqrt{3}}{2}B$이므로, 합성 자기장의 세기는 B이다. 따라서 전류에 의한 자기장의 세기는 원점에서가 a에서의 2배이다.

08 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

O에서 P에 의한 자기장의 세기는 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{3}{2}$배이다. 그런데 O에서 전류에 의한 자기장의 세기가 같으므로, (가)의 O에서는 P, Q에 의한 자기장의 방향이 반대이고, (나)의 O에서는 P, Q에 의한 자기장의 방향이 같다.
~~ㄱ~~. (가), (나)에서 P의 위치가 다른데 O에서 자기장의 세기가 같으므로, O에서 자기장의 방향은 (가), (나)에서 반대이다. 따라서 자기장의 방향이 (가)의 O에서는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이고, (나)의 O에서는 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다.
ㄴ. O에서 Q에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 Q에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
ㄷ. 종이면에서 수직으로 나오는 자기장의 방향을 (+)방향으로 정하고, (가)의 O에서 P, Q에 의한 자기장을 각각 B_1, B_2라고 하면, (가), (나)에서 다음 관계가 성립한다.

• (가): $-B_1+B_2=-B$ ⋯ (1)

• (나): $\frac{2}{3}B_1+B_2=+B$ ⋯ (2)

(1), (2)에서 $B_1=\frac{6}{5}B$, $B_2=\frac{1}{5}B$이다.

09 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

p에서 A에 의한 자기장과 B에 의한 자기장 모두 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

ㄱ. p에서 전류에 의한 자기장이 0이므로 C에 의한 자기장은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.

ㄴ. q에서 A, B에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. C의 내부에서 C에 의한 자기장이 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향이므로, q에서 C에 의한 자기장은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다. 따라서 q에서 전류에 의한 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

~~ㄷ~~. A, B에서 p까지 거리는 d이고 q까지 거리는 $\sqrt{3}d$이다. 따라서 q에서 A, B에 의한 자기장의 세기는 $\left|\frac{B_0}{\sqrt{3}}-\frac{2B_0}{\sqrt{3}}\right|=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$이다.

10 직선 전류와 원형 전류에 의한 자기장

원형 도선의 중심에서 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례하고, 원형 도선의 반지름에 반비례한다.

③ (나)의 원형 도선의 중심에서 자기장의 세기가 $2B$이다. 그런데 원형 도선과 직선 도선에 의한 자기장의 방향이 각각 종이면에 수직으로 들어가는 방향, 종이면에서 수직으로 나오는 방향이다. 따라서 (나)의 원형 도선 중심에서 직선 전류에 의한 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 $3B$이다.

(다)의 원형 도선 중심에서 원형 도선에 의한 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 세기가 $2B$이고, 직선 전류에 의한 자기장은 종이면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 $\frac{3}{2}B$이다. 따라서 (다)의 원형 도선의 중심에서 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 세기가 $\frac{1}{2}B$이다.

10 전자기 유도와 상호유도

수능 2점 테스트 본문 137~139쪽

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

01 도선의 운동과 전자기 유도

도선이 이동하면서 도선을 통과하는 자기 선속이 변한다.

ㄱ. t_1일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가한다. 따라서 도선에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐른다.

ㄴ. 자기 선속의 크기는 자기장의 세기와 자기장 영역에 포함된 도선의 면적을 곱한 값과 같다. 따라서 도선을 통과하는 자기 선속의 크기는 t_2일 때가 t_3일 때보다 크다.

~~ㄷ~~. t_2일 때에는 자기 선속의 변화가 없으므로 유도 기전력이 0이고, t_3일 때는 자기 선속의 변화가 있으므로 도선에 유도 기전력이 걸린다. 따라서 도선에 유도되는 기전력의 크기는 t_3일 때가 t_2일 때보다 크다.

02 자기장 변화와 전자기 유도

균일한 자기장의 세기가 변하므로 도선을 통과하는 자기 선속이 변한다. $V=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta(BA)}{\Delta t}$에서 도선 내부의 면적 A가 일정하므로 유도 기전력의 크기는 $V=A\frac{\Delta B}{\Delta t}$이다. 이때 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$가 그래프의 기울기이므로 유도 기전력의 크기는 그래프의 기울기에 비례한다.

ㄱ. 0부터 $2t_0$까지 종이면에 수직으로 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

~~ㄴ~~. $3t_0$일 때는 그래프의 기울기가 0이므로 유도 기전력이 0이고, t_0일 때는 그래프의 기울기가 0이 아니므로 유도 기전력이 걸린다. 따라서 도선에 유도되는 기전력의 크기는 t_0일 때가 $3t_0$일 때보다 크다.

~~ㄷ~~. $4t_0$부터 $6t_0$까지 그래프의 기울기가 일정하므로, 유도 기전력의 크기가 일정하다. 따라서 유도 전류의 세기도 일정하다.

03 금속 막대의 운동과 전자기 유도

금속 막대가 오른쪽으로 이동하면서 도선과 금속 막대로 둘러싸인 영역을 통과하는 자기 선속이 증가하므로, 도선에 유도 기전력이 발생한다. 이때 발생하는 유도 기전력의 크기는 $V=Blv$이다.

~~ㄱ~~. 금속 막대의 운동에 의해 자기 선속이 변하므로, 금속 막대의 운동을 방해하는 방향으로 전자기 유도가 일어난다. 따라서 금속 막대에 작용하는 자기력의 방향은 왼쪽이다.

ㄷ. 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기 선속이 증가한다. 따라서 a → R → b 방향으로 유도 전류가 흐른다.
ㄷ. $V=Blv$에서 금속 막대의 속력이 2배 증가하면 유도 기전력의 크기가 2배 증가한다.

04 전자기 유도

$t=4t_0$, $t=8t_0$일 때 p의 위치는 각각 $x=a$, $x=3a$이다.
ㄱ. $t=8t_0$일 때 도선에 p → q → R 방향으로 전류가 흐르므로, Y에 형성된 자기장의 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.
~~ㄴ~~. 도선의 세로 길이를 l이라고 하면, 도선에 유도되는 기전력의 크기가 $t=4t_0$일 때는 Blv이고 $t=8t_0$일 때는 $Blv+2Blv=3Blv$이다. 따라서 $t=4t_0$일 때 도선에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{1}{3}I$이다.
~~ㄷ~~. 도선 내부 면적을 A라고 하면, $t=4t_0$일 때 자기 선속의 크기는 $\frac{1}{2}AB$이고, $t=8t_0$일 때 자기 선속의 크기는 $-\frac{1}{2}AB+\left(2B\times\frac{A}{2}\right)=\frac{1}{2}AB$이다. 따라서 도선을 통과하는 자기 선속의 크기는 $t=4t_0$일 때와 $t=8t_0$일 때가 같다.

05 전자기 유도

유도 전류의 방향은 도선 내부를 통과하는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향이고 세기는 자기 선속의 시간에 따른 변화율에 비례한다.
~~ㄱ~~. $t=1$초일 때 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기 선속이 증가한다. 따라서 도선에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐른다.
ㄴ. $t=5$초일 때 도선의 폭이 4 cm인 부분이 자기장 영역으로 들어가고, $t=9$초일 때 도선의 폭이 16 cm인 부분이 자기장 영역에서 나온다. 따라서 유도 기전력의 크기는 9초일 때가 5초일 때의 $\frac{16}{4}=4$배이다.
ㄷ. 자기장이 일정하므로, 자기 선속은 자기장 영역에 포함된 도선의 면적에 비례한다. 따라서 자기 선속의 크기는 $t=8$초일 때가 $t=2$초일 때의 $\frac{(16\times2)+(4\times6)}{16\times2}=\frac{7}{4}$배이다.

06 도선의 운동과 전자기 유도

균일한 자기장의 세기를 B, 도선의 세로 길이를 l이라고 하면, 도선에 유도되는 기전력의 크기는 $V=Blv$이다.
ㄱ. A 내부에서 종이면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기 선속이 증가한다. 따라서 A에 흐르는 전류의 방향은 시계 반대 방향이다.
~~ㄴ~~. 유도 기전력의 크기가 도선의 세로 길이와 속력을 곱한 값에 비례하므로, A, B에 유도되는 유도 기전력의 크기를 각각 V_A, V_B라고 하면 $V_A : V_B=0.1\times4 : 0.2\times3=2 : 3$이다.
ㄷ. A, B의 길이가 각각 0.4 m, 0.6 m이므로 A, B에 흐르는 유도 전류의 세기를 각각 I_A, I_B라고 하면,
$I_A : I_B=\frac{2}{0.4} : \frac{3}{0.6}=1 : 1$이다. 따라서 A와 B에 유도되는 전류의 세기는 같다.

07 금속 막대의 운동과 전자기 유도

t_0부터 t까지 금속 막대와 레일로 둘러싸인 영역이 증가하므로, 종이면에서 나오는 방향의 자기 선속이 증가한다.
~~ㄱ~~. 종이면에서 나오는 방향의 자기 선속이 증가하므로 금속 막대와 레일에는 시계 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 금속 막대에는 위 방향으로 전류가 흐른다.
ㄴ. t_0부터 t까지 금속 막대가 왼쪽으로 운동한다. 따라서 금속 막대에 작용하는 자기력의 방향은 오른쪽이다.
~~ㄷ~~. 금속 막대와 레일에 유도 전류가 흐르므로, 역학적 에너지의 일부가 전기 에너지로 전환된다. 따라서 금속 막대의 역학적 에너지는 감소한다.

08 도선의 운동과 전자기 유도

t_1부터 t_2까지 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 증가한다.
ㄱ. t_1부터 t_2까지 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.
ㄴ. t_3부터 t_4까지 도선 내부를 통과하는 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 t_3부터 t_4까지 도선의 역학적 에너지는 일정하게 보존되고, 도선의 속력은 점점 빨라진다.
~~ㄷ~~. t_3부터 t_4까지 자기 선속이 변하지 않으므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

09 상호유도

A에 흐르는 전류를 I_1, 상호유도에 의해 B에 유도되는 기전력을 V_2라고 하면 $V_2=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$이다.
~~ㄱ~~. $t=t_0$일 때 B 내부를 오른쪽으로 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 B에는 ㉠과 반대 방향으로 전류가 흐른다.
ㄴ. $V_2=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$에서 $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$이 그래프의 기울기에 해당하므로, B에 흐르는 전류의 세기는 $t=4.5t_0$일 때가 $t=t_0$일 때의 2배이다.
~~ㄷ~~. $t=2t_0$부터 $t=4t_0$까지 A에 흐르는 전류가 일정하다. 따라서 B에는 전류가 흐르지 않는다.

10 상호유도

1차 코일에 흐르는 전류가 변하면 주위의 자기장이 변하므로, 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 변하여 2차 코일에 유도 기전력이 발생한다.

ㄱ. S를 닫기 전에는 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 0이고, S를 닫으면 1차 코일에 흐르는 전류에 의해 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 생긴다. 따라서 S를 닫으면 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 증가한다.
ㄴ. S를 닫으면 1차 코일의 오른쪽 끝이 N극이 되어, 2차 코일의 오른쪽을 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 2차 코일은 왼쪽 끝이 N극이 되도록 상호유도가 일어나므로 2차 코일에 흐르는 전류의 방향은 p → Ⓖ → q이다.
~~ㄷ~~. S를 닫으면 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 증가하는 것을 방해하는 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 1차 코일과 2차 코일 사이에는 서로 미는 방향으로 자기력이 작용한다.

11 상호유도

직선 도선에 흐르는 전류가 변하면 직선 도선 주위의 자기장이 변하므로, 직사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 변하여 상호유도가 일어난다.
④ $V=M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$에서 $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$이 제시된 그래프의 기울기와 같으므로, 직사각형 도선에 흐르는 전류는 일정한 값을 갖다가 0이 된다. I_1이 증가하는 동안 직사각형 도선 내부에서 종이면에 들어가는 방향으로 자기 선속이 증가하므로, 직사각형 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

12 도선의 운동과 전자기 유도

자기 선속은 도선 내부를 통과하는 자기력선의 개수에 비례한다.
~~ㄱ~~. A가 오른쪽으로 이동함에 따라 A 내부를 통과하는 자기력선의 개수가 감소한다. 따라서 A를 통과하는 자기 선속은 점점 감소한다.
ㄴ. A를 오른쪽으로 통과하는 자기 선속은 점점 감소하고, B를 오른쪽으로 통과하는 자기 선속은 점점 증가한다. 따라서 A와 B에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이다.
~~ㄷ~~. C를 통과하는 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 C에는 전류가 흐르지 않는다.

수능 3점 테스트

본문 140~144쪽

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

01 도선의 운동과 전자기 유도

도선의 변위 x가 $0\leq x\leq a$에서는 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 일정하게 증가하고, $a\leq x\leq 2a$에서는 자기 선속이 일정하며, $2a\leq x\leq 3a$에서는 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 일정하게 감소한다.
④ 자기 선속이 일정하게 변하는 구간에서는 유도 전류의 세기가 일정하며, $0\leq x\leq a$에서 유도 전류는 시계 반대 방향으로 흐르고, $2a\leq x\leq 3a$에서는 유도 전류가 시계 방향으로 흐른다.

02 도선의 운동과 전자기 유도

도선의 운동에 의해 도선을 통과하는 자기 선속이 변하며, 도선의 한 변의 길이를 l이라고 하면 도선의 속력이 v일 때 유도 기전력의 크기는 $V=Blv$이다.
~~ㄱ~~. 0초부터 1초까지 종이면에 들어가는 방향으로 정사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 증가한다. 따라서 0.5초일 때 도선에는 시계 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.
ㄴ. 1초일 때 도선이 자기장 영역에 완전히 들어가므로, 1초부터 2초까지 도선을 통과하는 자기 선속이 변하지 않는다. 따라서 1초부터 2초까지 도선에는 유도 전류가 흐르지 않는다.
~~ㄷ~~. 4초부터 6초까지 도선의 속력이 0초부터 1초까지보다 느리다. 따라서 도선에 유도되는 기전력의 크기는 0.5초일 때가 5초일 때보다 크다.

03 도선의 운동과 전자기 유도

직사각형 도선이 자기장 영역에 들어가기 시작하면, 종이면에 들어가는 방향으로 직사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 증가한다.
~~ㄱ~~. (가)에서 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 도선에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐른다.
ㄴ. 균일한 자기장의 세기를 B, 도선의 가로 길이를 l이라고 하면 도선에 유도되는 기전력의 크기는 $V=Blv$이다. 따라서 도선에 흐르는 유도 전류의 세기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
~~ㄷ~~. 유도 기전력의 크기는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

04 금속 막대의 운동과 전자기 유도

금속 막대의 운동에 의해 금속 막대와 레일로 둘러싸인 영역에서 자기 선속이 변한다.
~~ㄱ~~. 금속 막대가 오른쪽으로 운동하면 종이면에서 나오는 방향의 자기 선속이 감소하므로, 도선에는 r → q → p 방향으로 유도 전류가 흐른다.
~~ㄴ~~. 용수철이 최대로 압축된 순간 금속 막대의 속력이 0이므로 전류가 흐르지 않는다. 따라서 자기력은 0이고, 막대에는 용수철의 탄성력만 작용한다.
ㄷ. 금속 막대의 운동에 의해 유도 전류가 흐르므로, 역학적 에너지가 점점 전기 에너지로 전환된다. 따라서 금속 막대의 역학적 에너지는 점점 감소하고, 금속 막대의 진폭은 점점 감소한다.

05 도체 막대의 운동과 전자기 유도

$0 \le x \le 3d$에서 도체 막대가 $+x$방향으로 운동하면 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하고, 도체 막대가 $-x$방향으로 운동하면 종이면에 들어가는 방향의 자기 선속이 감소한다.

㉠. t일 때 도체 막대의 운동 방향은 $+x$방향이다. 따라서 p → R → q 방향으로 유도 전류가 흐른다.

㉡. 균일한 자기장의 세기를 B, 평행한 두 도선 사이의 간격을 l, 도체 막대의 속력을 v라고 하면 유도 기전력의 크기는 $V=Blv$이다. 따라서 R에 흐르는 전류의 세기는 $7t$일 때가 $5t$일 때보다 크다.

~~㉢~~. $V=Blv$에서 $l=d$, $v=\frac{d}{2t}$이므로 $4t$일 때 도체 막대에 유도되는 기전력의 크기가 $V=\frac{B_0d^2}{2t}$이다. 따라서 $4t$일 때 R에 걸린 전압은 $\frac{B_0d^2}{2t}$이다.

06 전자기 유도

Ⅱ에 포함된 면적이 Ⅰ에 포함된 면적의 3배이다. 따라서 Ⅰ에 포함된 면적을 S라고 하면, Ⅱ에 포함된 면적은 $3S$이다.

㉠. t일 때는 Ⅰ에서의 자기장 세기가 감소하므로, 종이면에서 수직으로 나오는 자기장이 감소한다. 따라서 전류의 방향은 A → B → C → A 방향이다.

~~㉡~~. t일 때와 $3t$일 때 유도 기전력의 크기는 각각 $\frac{BS}{4t}$, $\frac{BS}{4t}+\frac{3BS}{2t}=\frac{7BS}{4t}$이다. 따라서 전류의 세기는 $3t$일 때가 t일 때의 7배이다.

~~㉢~~. t일 때와 $2t$일 때 도선을 통과하는 자기 선속의 크기는 각각 $3BS-\frac{7BS}{4}=\frac{5BS}{4}$, $3BS-\frac{3BS}{2}=\frac{3BS}{2}$이다. 따라서 도선을 통과하는 자기 선속의 크기는 $2t$일 때가 t일 때보다 크다.

07 도선의 운동과 전자기 유도

도선의 회전 운동에 의해 도선을 통과하는 자기 선속이 변하므로 기전력이 유도된다. 이때 LED에 순방향 전압이 걸리면 도선에 전류가 흐른다.

~~㉠~~. $\theta=30°$일 때 xy 평면에서 나오는 방향으로 정사각형 도선을 통과하는 자기 선속이 감소하므로, 도선에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐른다. 따라서 Y는 p형, X는 n형 반도체이다.

~~㉡~~. $\theta=120°$일 때 xy 평면에 들어가는 방향의 자기 선속이 증가하므로, 도선에는 시계 반대 방향으로 전류가 흐르도록 기전력이 유도된다. 따라서 LED에 순방향 전압이 걸려 빛이 방출된다.

㉢. 도선 내부에서 자기장 영역의 경계의 길이가 길수록 유도 기전력의 크기가 크다. 따라서 유도 전류의 세기는 $\theta=45°$일 때가 $\theta=30°$일 때보다 크다.

08 전자기 유도

$t=\frac{3}{4}T$일 때 O → B → A 방향으로 세기가 I인 전류가 흐르므로, Ⅱ에는 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향으로 자기장이 형성되어 있다.

㉠. $t=0$일 때 전류의 방향은 $t=\frac{3}{4}T$일 때와 반대이고, $t=0$일 때 전류의 세기는 $t=\frac{3}{4}T$일 때의 2배이다. 따라서 Ⅰ과 Ⅱ에서 자기장의 방향은 반대이고, 자기장의 세기는 같다.

㉡. $t=0$일 때와 $t=\frac{1}{4}T$일 때 도선에 흐르는 전류의 방향과 세기가 같으므로, 단위 시간당 자기 선속의 변화량은 같다. Ⅰ에서 자기장의 세기를 B라고 하면, Ⅲ에서 자기장은 xy 평면에서 수직으로 나오는 방향으로 세기가 $3B$이다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ에서 자기장의 방향은 같다.

㉢. 자기장의 세기가 Ⅲ에서가 Ⅱ에서의 3배이므로, $t=\frac{1}{2}T$일 때 도선에 흐르는 전류의 세기는 $t=\frac{3}{4}T$일 때의 3배이다. 따라서 $t=\frac{1}{2}T$일 때 도선에 흐르는 전류의 세기는 $3I$이다.

09 전자기 유도의 이용

영구 자석이 만드는 자기장에 의해 현의 아래쪽은 S극, 현의 위쪽은 N극으로 자기화되어 있다.

㉠. 자기화되어 있는 전기 기타의 현이 자석과 동일한 역할을 하므로, 현이 진동하면 코일 주위에서 자석이 운동하는 것과 같은 효과가 생겨 코일에 유도 전류가 흐른다. 따라서 전기 기타는 전자기 유도를 이용한다.

~~㉡~~. 현이 코일에 가까워지면 S극이 코일 위쪽에서 다가오므로 ㉠과 반대 방향으로 유도 전류가 흐른다.

㉢. 현이 자석과 같은 역할을 하므로, 현이 코일로부터 멀어지면 코일을 통과하는 자기 선속이 감소한다.

10 상호유도의 이용

자기력선이 철심을 따라 형성되므로, 1차 코일과 2차 코일을 통과하는 자기 선속이 같다. 또한 1차 코일과 2차 코일의 감은 수를 각각 N_1, N_2, 자기 선속을 $\varPhi(t)$라고 하면 $V_1=N_1\frac{d\varPhi(t)}{dt}$, $V_2=N_2\frac{d\varPhi(t)}{dt}$에서 $\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}$이다.

㉠. 2차 코일에 걸린 전압을 V'라고 하면, $\frac{V'}{V}=\frac{2N}{3N}$에서 $V'=\frac{2}{3}V$이다.

~~㉡~~. 저항에 흐르는 전류의 세기는 $\frac{\text{전압}}{\text{저항값}}$이므로 $\frac{2V}{3R}$이다.

~~㉢~~. 스위치를 열면 2차 코일에 전류가 흐르지 않으므로, 1차 코일에서 상호 유도 기전력이 0이다. 따라서 1차 코일의 자체 인덕턴스를 L이라고 하면 1차 코일에 연결된 회로는 교류 전원에 코일이 연결된 회로와 같다. 따라서 교류 전류계의 측정값은 0이 아니다.

11 전자기파의 간섭과 회절

수능 2점 테스트					본문 151~153쪽
01 ③	02 ②	03 ①	04 ⑤	05 ②	06 ③
07 ⑤	08 ④	09 ②	10 ②	11 ①	12 ⑤

01 이중 슬릿 실험

파동이 중첩될 때 같은 위상으로 만나면 보강 간섭이, 반대 위상으로 만나면 상쇄 간섭이 일어난다.
ㄱ. 영의 이중 슬릿 실험에서 밝은 무늬는 보강 간섭의 결과이고, 보강 간섭은 중첩된 빛의 위상이 같을 때 일어난다.
ㄴ. 어두운 무늬는 중첩되는 파동의 위상이 반대여서 상쇄 간섭이 일어난 결과이다.
~~ㄷ~~. 이웃한 무늬 사이 간격 Δx는 단색광의 파장에 비례한다. 따라서 단색광의 파장을 증가시키면 Δx는 증가한다.

02 물결파의 간섭

마루와 마루, 골과 골이 중첩되면 보강 간섭, 마루와 골이 중첩되면 상쇄 간섭이 일어난다.
~~ㄱ~~. p에서는 상쇄 간섭, q에서는 보강 간섭이 일어난다. 따라서 물결파의 진폭은 q에서가 p에서보다 크다.
ㄴ. 물결파의 파장을 λ라 할 때, p에서의 경로차는 $d=\frac{\lambda}{2}$이고, q에서의 경로차 ㉠$=\lambda$이다. 따라서 ㉠은 $2d$이다.
~~ㄷ~~. S_1과 S_2 사이의 거리는 3λ이므로 $6d$이다.

03 이중 슬릿 실험

$|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|$는 이중 슬릿에서 P까지의 경로차이고,
$|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=\frac{\lambda}{2}(2m)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$일 때는 보강 간섭이,
$|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=\frac{\lambda}{2}(2m+1)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$일 때는 상쇄 간섭이 일어난다.
ㄱ. $|\overline{S_1O}-\overline{S_2O}|=0$이므로 O에서는 보강 간섭이 일어난다.
~~ㄴ~~. $|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=2\lambda$이므로 P에서는 보강 간섭이 일어나서 밝은 무늬가 생긴다.
~~ㄷ~~. $|\overline{S_1P}-\overline{S_2P}|=2\lambda$이므로 P는 O로부터 두 번째 밝은 무늬가 생긴다. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x=\frac{\lambda}{d}L$이므로 $\frac{\overline{OP}}{2}=\frac{\lambda}{d}L$이고, $\overline{OP}=\frac{2\lambda L}{d}$이다.

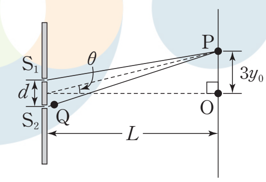
04 이중 슬릿 실험

빛의 이중 슬릿 실험에서 단색광의 파장이 λ일 때, 경로차 $\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$인 지점에서 보강 간섭이 일어난다.
ㄱ. O는 S_1과 S_2로부터 같은 거리에 위치하므로 보강 간섭이 일어난다.
ㄴ. 슬릿 사이의 간격이 좁아지면 스크린에 나타나는 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 넓어진다.
ㄷ. P점에서 경로차가 λ이므로, 단색광의 파장을 $\frac{\lambda}{2}$로 바꾸면 P점에서는 두 번째 밝은 무늬가 생긴다.

05 이중 슬릿 실험

이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x=\frac{\lambda}{d}L$이다.
② $\overline{S_1P}=\overline{QP}$이므로 $\overline{S_2Q}$는 S_1, S_2로부터 P까지의 경로차이다. $\overline{S_2Q}=\frac{3}{2}\lambda$이므로 P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬이다. 따라서 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x=\overline{OP}\times\frac{2}{3}=2y_0$이다.
$\Delta x=\frac{\lambda}{d}L=2y_0$이므로 $\lambda=\frac{2y_0d}{L}$이다.

[별해]



경로차 $\overline{S_2Q}=d\sin\theta\approx d\tan\theta=d\frac{3y_0}{L}$이다. 따라서 $\frac{3}{2}\lambda=d\frac{3y_0}{L}$이므로 $\lambda=\frac{2y_0d}{L}$이다.

06 이중 슬릿 실험

빛의 이중 슬릿 실험에서 단색광의 파장이 λ일 때, 경로차 $\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$인 지점에서 보강 간섭이,
$\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m+1)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$인 지점에서 상쇄 간섭이 일어난다.
ㄱ. $x=x_0$에서 간섭무늬의 밝기가 0이므로 어두운 무늬에 해당한다. 따라서 $x=x_0$은 상쇄 간섭이 일어난 지점이다.
ㄴ. $x=x_0$은 $x=0$으로부터 두 번째 어두운 무늬의 지점이므로 두 슬릿으로부터 $x=x_0$까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이다.
~~ㄷ~~. 두 슬릿으로부터 $x=x_0$까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이고, 단색광의

파장만을 $\frac{3}{5}\lambda$로 바꾸면 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda=\frac{3}{5}\lambda\times\frac{5}{2}$의 관계가 성립한다. 경로차가 $\frac{3}{5}\lambda\times\frac{5}{2}$이므로 $x=x_0$에서는 세 번째 어두운 무늬가 생긴다.

07 이중 슬릿 실험

P에 세 번째 어두운 무늬가 생겼으므로 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\Delta x=\frac{2}{5}\overline{\mathrm{OP}}=\frac{\lambda}{d}L$이다. P와 Q 사이에 보강 간섭이 일어나는 지점의 개수가 3개일 때는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 O와 P 사이에 생겨야 하고, 두 번째 밝은 무늬는 O로부터 P보다 먼 지점에 생겨야 한다. 따라서 보강 간섭이 일어나는 지점의 개수가 3개일 때 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x'$은 $\frac{\overline{\mathrm{OP}}}{2}<\Delta x'<\overline{\mathrm{OP}}$이고, $\frac{5}{4}\frac{\lambda}{d}L<\Delta x'<\frac{5}{2}\frac{\lambda}{d}L$이다.

ㄱ. 단색광의 파장이 $\frac{5}{3}\lambda$일 때 $\Delta x'=\frac{5}{3}\frac{\lambda}{d}L$이므로 성립한다.

ㄴ. 슬릿 간격이 $\frac{2}{3}d$일 때 $\Delta x'=\frac{3}{2}\frac{\lambda}{d}L$이므로 성립한다.

ㄷ. 이중 슬릿에서 스크린까지의 거리가 $2L$일 때 $\Delta x'=\frac{2\lambda L}{d}$이므로 성립한다.

08 이중 슬릿 실험

단색광의 파장이 λ, 이중 슬릿의 간격이 d, 이중 슬릿과 스크린 사이의 거리가 L일 때 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x=\frac{\lambda}{d}L$이다.

~~ㄱ~~. 이중 슬릿에 의한 빛의 간섭무늬는 빛의 파동성을 증명하는 현상이다.

ㄴ. (가)에서 P는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 생기는 지점이므로 S_1, S_2에서 P까지의 경로차는 λ이고, (나)에서 P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생기는 지점이므로 S_1, S_2에서 P까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda$이다.

ㄷ. 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 (가)에서 $\frac{\lambda}{d}L_1=\overline{\mathrm{OP}}$이고, (나)에서 $\frac{\lambda}{d}L_2=\frac{2}{3}\overline{\mathrm{OP}}$이다. 따라서 $L_1=\frac{3}{2}L_2$이다.

09 파동의 회절

파동이 진행하다가 장애물을 만났을 때 뒤쪽으로 돌아 들어가거나, 좁은 틈을 통과한 후에 퍼져 나가는 현상은 회절이다.

~~ㄱ~~. 파동의 굴절은 파동이 매질의 경계에서 속력 차이로 인해 진행 방향을 바꾸는 현상이다. 물체의 그림자 경계가 명확하지 않은 이유는 회절 때문이다.

~~ㄴ~~. 회절은 파장이 길수록 잘 일어난다. 빨간색 단색광은 파란색 단색광보다 파장이 길므로 회절이 잘 일어나서 그림자의 경계가 더욱 불명확해진다.

ㄷ. 좁은 틈을 통과한 물결파가 퍼져 나가는 현상도 회절이다.

10 회절의 이용

회절이란 좁은 틈을 통과한 파동이 퍼져 나가는 현상이다.

② 마스크의 좁은 틈을 통과한 빛이 웨이퍼에 선명한 회로도를 그리기 위해서는 회절이 잘 일어나지 않아야 한다. 좁은 틈을 통과하는 빛은 빛의 파장이 짧을수록, 슬릿의 폭이 클수록 회절이 잘 일어나지 않는다.

11 회절 실험

회절은 파동의 파장이 길수록, 파동이 통과하는 슬릿의 폭이 작을수록 잘 일어난다. 단색광의 회절 무늬에서 중앙 밝은 무늬의 폭이 클수록 회절이 잘 일어난 결과이다.

ㄱ. 회절은 파동의 성질이다. 따라서 단색광의 회절 무늬는 단색광의 파동성으로 설명할 수 있다.

~~ㄴ~~. 회절은 슬릿의 폭이 작을수록 잘 일어난다. 따라서 a를 감소시키면 중앙 밝은 무늬의 폭은 D보다 크다.

~~ㄷ~~. 회절은 파동의 파장이 길수록 잘 일어난다. 따라서 파장이 λ보다 긴 단색광을 슬릿에 통과시키면 중앙 밝은 무늬의 폭은 D보다 크다.

12 회절의 이용

가까이 있는 두 별을 관찰할 때 빛의 회절이 나타나 두 별의 상이 겹쳐서 보이므로 분해능이 좋은 망원경을 사용해야 한다.

ㄱ. 별의 상이 겹쳐 보이는 정도가 A를 통과할 때가 B를 통과할 때보다 크므로 회절은 A를 통과할 때가 B를 통과할 때보다 잘 일어난다.

ㄴ. 망원경을 통과한 별의 상이 겹쳐 보이는 현상은 회절에 의한 결과이고, 회절은 빛의 파동성에 의해 나타난다.

ㄷ. 구경이 큰 망원경을 사용하면 회절이 일어나는 정도를 줄여서 분해능을 높일 수 있다. 분해능이 좋은 B가 A보다 구경이 크다.

수능 3점 테스트

본문 154~158쪽

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

01 이중 슬릿 실험

이중 슬릿 실험에서 스크린에 나타난 밝은 무늬는 보강 간섭에 의해 생기고, 어두운 무늬는 상쇄 간섭에 의해 생긴다.

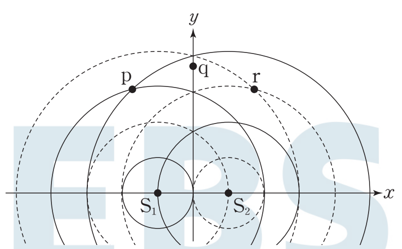
~~ㄱ~~. S_1, S_2로부터 거리가 같은 O에서 상쇄 간섭이 일어나므로 S_1, S_2에서 단색광의 위상은 반대이다.

~~ㄴ~~. O에서 상쇄 간섭이 일어나고, P는 O에서 두 번째 상쇄 간섭이 일어나는 지점이므로 S_1, S_2로부터 P까지의 경로차는 2λ이다.

ㄷ. O는 어두운 무늬가 생기는 지점이고, P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생기는 지점이다. 이웃한 어두운 무늬의 간격은 $\Delta x=\frac{\lambda L}{d}$이므로 $\frac{y}{2}=\frac{\lambda L}{d}$이다. 따라서 $y=\frac{2\lambda L}{d}$이다.

02 물결파의 간섭

S_1, S_2로부터 같은 거리만큼 떨어진 지점 S_1, S_2에서 같은 위상으로 동일한 물결파가 발생하면 보강 간섭이, 반대 위상으로 물결파가 발생하면 상쇄 간섭이 일어난다.



~~ㄱ~~. q에서 물결파의 진폭이 0이므로 q에서는 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄴ. y축상에서는 상쇄 간섭이 일어나며 p와 r에서는 첫 번째 보강 간섭이 일어났으므로 $\overline{\mathrm{pr}}$에서 상쇄 간섭이 일어나는 지점의 수는 1개이다.

ㄷ. S_1, S_2로부터 같은 거리만큼 떨어진 q에서 상쇄 간섭이 일었으므로 S_1, S_2에서는 반대 위상으로 물결파가 발생한다. r에서는 y축으로부터 첫 번째 보강 간섭이 일어났으므로 S_1, S_2로부터의 경로차는 물결파 파장의 절반인 $\frac{\lambda_0}{2}$이다.

03 이중 슬릿 실험

빛의 이중 슬릿 실험에서 단색광의 파장이 λ일 때, 경로차가 $\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$인 지점에서 보강 간섭이 일어나고 $\Delta=\frac{\lambda}{2}(2m+1)(m=0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$인 지점에서 상쇄 간섭이 일어난다.

ㄱ. 이중 슬릿 실험에서 스크린에 나타난 밝은 무늬는 보강 간섭에 의해 생기고, 보강 간섭은 중첩하는 두 파동의 위상이 같을 때 일어난다.

~~ㄴ~~. 이중 슬릿의 두 슬릿으로부터 스크린 상의 점 P까지의 거리는 변하지 않으므로 두 슬릿으로부터 P까지의 경로차는 (나)와 (다)에서 같다.

ㄷ. (나)에서 P는 O로부터 첫 번째 밝은 무늬가 생긴 지점이므로 두 슬릿으로부터 P까지의 경로차는 λ이다. (다)에서 레이저의 파장(㉠)을 λ_2라 할 때, P는 O로부터 두 번째 어두운 무늬가 생긴 지점이므로 두 슬릿으로부터 P까지의 경로차는 $\frac{3}{2}\lambda_2$이다. P까지의 경로차는 (나)와 (다)에서 같으므로 $\lambda=\frac{3}{2}\lambda_2$이다. 따라서 $\lambda_2=\frac{2}{3}\lambda$이다.

04 이중 슬릿 실험

단색광의 진동수가 금속판의 문턱 진동수보다 크면 광전자가 방출되고, 문턱 진동수보다 작으면 광전자가 방출되지 않는다. 따라서 진동수가 B가 A보다 크고, 파장은 A가 B보다 길다.

~~ㄱ~~. Ⅱ와 Ⅲ에서 d와 L이 각각 같을 때 Δx는 단색광의 파장에 비례한다$\left(\Delta x=\frac{\lambda}{d}L\right)$. 파장은 A가 B보다 길므로 $x_2>x_3$이다.

ㄴ. $\Delta x=\frac{\lambda}{d}L$에서 $x_1=\frac{\lambda_A}{d_0}L$이고, $x_2=\frac{\lambda_A}{1.5d_0}L$이므로 $x_1=\frac{3}{2}x_2$이다.

~~ㄷ~~. $x_3=\frac{\lambda_B}{1.5d_0}L$이고, Ⅳ에서 L을 $\frac{3}{2}L$로 바꾸면 $\Delta x=\frac{\lambda_B}{2d_0}\times\frac{3}{2}L=\frac{3\lambda_B}{4d_0}L$이다. 따라서 $\Delta x\neq x_3$이다.

05 이중 슬릿 실험

이중 슬릿의 간격을 d, 레이저 빛의 파장을 λ라 할 때, 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격 $\Delta x=\frac{\lambda}{d}L$이다.

ㄱ. (나)의 q에서 밝은 무늬가 생겼으므로 q에서는 보강 간섭이 일어난다.

~~ㄴ~~. (다)에서 p와 q 사이의 거리는 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격이므로 $\overline{\mathrm{pq}}=\frac{\lambda}{d}\times$㉠이다. (나)에서 p와 r 사이의 거리는 이웃한 어두운 무늬 사이의 간격이므로 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격은 $\overline{\mathrm{pr}}=2\overline{\mathrm{pq}}=\frac{\lambda}{d}\times L$ 이다. 따라서 ㉠은 $\frac{L}{2}$이다.

ㄷ. 이웃한 무늬 사이의 간격이 (나)에서가 (다)에서의 2배이므로 (나)의 r가 가장 밝은 무늬로부터 n번째 어두운 무늬일 때 두 슬릿으로부터 r까지의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}(2n-1)$ $(n=1,\ 2,\ 3\ \cdots)$이고, (다)의 r에서는 경로차가 $\frac{\lambda}{2}2(2n-1)$ $(n=1,\ 2,\ 3\ \cdots)$이다. 즉, (나)에서 r가 가장 밝은 무늬로부터 첫 번째 또는 두 번째 또는 세

번째 어두운 무늬일 때 두 슬릿으로부터 r까지의 경로차는 $\frac{\lambda}{2}$ 또는 $\frac{3\lambda}{2}$ 또는 $\frac{5\lambda}{2}$이다. (다)에서 r가 가장 밝은 무늬로부터 첫 번째 또는 두 번째 또는 세 번째 밝은 무늬일 때 두 슬릿으로부터 r까지의 경로차는 λ 또는 3λ 또는 5λ이다. 따라서 두 슬릿으로부터 r까지의 경로차는 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

06 회절의 이용

빛의 속력은 진공 > 기체 > 액체 > 고체 순으로 크므로 동일한 진동수의 빛의 파장은 진공 > 기체 > 액체 > 고체 순으로 길다.

ㄱ. 좁은 틈을 통과하는 빛은 회절에 의해 퍼져나가는 현상이 일어난다.

ㄴ. 빛의 속력은 진공에서가 액체에서보다 크다. 따라서 자외선의 속력은 진공에서가 물에서보다 크다.

~~ㄷ~~. 빛의 속력은 진공에서가 물에서보다 크므로 빛의 파장은 물에서가 진공에서보다 짧다. 회절은 파동의 파장이 짧을수록 잘 일어나지 않으므로 (나)에서 웨이퍼에 도달하는 자외선의 퍼진 폭은 d보다 작다.

07 빛의 회절 실험

회절은 파동의 파장이 길수록, 파동이 통과하는 슬릿의 폭이 좁을수록 잘 일어난다. 단색광의 회절 무늬에서 중앙 밝은 무늬의 폭이 클수록 회절이 잘 일어난 결과이다.

ㄱ. 중앙 밝은 무늬의 폭은 ㉠이 ㉡보다 크다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 회절이 잘 일어난 무늬이다.

ㄴ. 슬릿의 폭이 d_1일 때, 중앙 밝은 무늬의 폭은 λ_1일 때가 λ_2일 때보다 크다. 따라서 $\lambda_1 > \lambda_2$이다.

~~ㄷ~~. 파장이 λ_1일 때, 중앙 밝은 무늬의 폭은 d_1일 때가 d_2일 때보다 크다. 따라서 $d_1 < d_2$이다.

08 빛의 회절 실험

A는 $n=2$, B는 $n=3$, C는 $n=5$인 양자수 상태이다. 전자가 B에서 A로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 C에서 A로 전이할 때 방출되는 빛의 파장보다 길다.

ㄱ. 원운동 궤도에 물질파의 파장이 2번 들어가 있으므로 A의 양자수는 2이다.

~~ㄴ~~. 회절 무늬의 가운데 밝은 무늬의 폭은 슬릿의 지름에 반비례한다. 따라서 슬릿의 지름을 a보다 작게 하면 스크린에 나타나는 가운데 밝은 무늬의 폭은 D보다 크다.

ㄷ. 회절 무늬의 가운데 밝은 무늬의 폭은 슬릿을 통과하는 빛의 파장에 비례한다. 전자가 B에서 A로 전이할 때 방출되는 빛의 파장은 C에서 A로 전이할 때 방출되는 빛의 파장보다 길므로 가운데 밝은 무늬의 폭은 D보다 크다.

09 파동의 회절

파동의 회절은 좁은 틈을 통과한 파동이 퍼져나가는 현상으로, 파동의 파장이 길수록, 틈의 간격이 좁을수록 회절이 잘 일어난다.

ㄱ. 좁은 틈을 통과한 후 파동이 퍼져나가는 정도는 (나)에서가 (라)에서보다 크므로 회절은 (나)에서가 (라)에서보다 잘 일어난 것이다.

~~ㄴ~~. 회절은 틈의 간격이 좁을수록 잘 일어난다. 따라서 가림막 틈의 간격은 (라)에서보다 회절이 잘 일어난 (나)에서가 작다.

~~ㄷ~~. 파동은 회절이 일어날 때 파동의 진동수는 변하지 않는다. 따라서 P에서 물결파의 진동수는 (나)와 (라)에서 f_0으로 같다.

10 빛의 회절 실험

단색광의 진동수는 회절 전후에 변하지 않고 매질의 종류에 따라 파장이 달라진다. 회절 무늬에서 가운데 밝은 무늬의 폭은 슬릿을 통과하는 단색광의 파장에 비례한다.

ㄱ. 가운데 밝은 무늬의 폭은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크므로 단색광의 파장은 공기에서가 B에서보다 길다.

~~ㄴ~~. 단색광의 진동수는 매질이 달라져도 변하지 않으므로 공기, A, B에서 단색광의 진동수는 모두 같다.

~~ㄷ~~. 슬릿을 통과할 때 단색광이 진행하는 매질이 B이므로 ㉠은 실험 Ⅱ의 회절 무늬와 같다.

12 도플러 효과와 전자기파의 송수신

수능 2점 테스트 본문 165~167쪽

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

01 도플러 효과

음원의 속력을 v, 음속을 V, 음파의 진동수를 f_0이라 할 때, 음파 측정기에서 측정한 음파의 진동수 $f=\left(\frac{V}{V+v}\right)f_0$이다.

~~ㄱ~~. 음원이 음파 측정기를 향해 운동할 때는 음파 측정기에서 측정한 진동수가 음원의 진동수보다 크고, 음원이 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 운동할 때는 음파 측정기에서 측정한 진동수가 음원의 진동수보다 작다. A에서 측정한 진동수가 B에서 측정한 진동수보다 크므로 S는 B에서 A를 향해 운동한다.

ㄴ. $3f=\left(\frac{V}{V-v}\right)f_0$이고, $2f=\left(\frac{V}{V+v}\right)f_0$이므로 $v=\frac{1}{5}V$이다.

ㄷ. $3f=\left(\frac{V}{V-v}\right)f_0$이고, $v=\frac{1}{5}V$이므로 $f_0=\frac{12}{5}f$이다.

02 도플러 효과

음파 측정기를 향해 운동하는 음원의 속도를 v, 음속을 V, 음파의 진동수를 f라 할 때, 음파 측정기에서 측정한 음파의 진동수는 $f'=\left(\frac{V}{V-v}\right)f$이다.

④ $f_A=\frac{V}{V-v}f_0$이고, $f_B=\frac{V}{V-3v}f_0$이다.

$f_A : f_B=1:2$이므로 $v=\frac{1}{5}V$이다.

03 도플러 효과

음원이 관찰자에게 가까워질 때 관찰자가 측정한 진동수는 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어질 때 관찰자가 측정한 음파의 진동수는 감소한다. 음원의 속도를 v, 음속을 V, 음파의 진동수를 f라 할 때, 관찰자가 측정한 음파의 진동수 $f'=\left(\frac{V}{V+v}\right)f$이다.

④ C가 측정하는 A의 진동수는 $f_A\frac{V}{\left(V-\frac{1}{10}V\right)}$이고, C가 측정하는 B의 진동수는 $f_B\frac{V}{\left(V+\frac{1}{10}V\right)}$이다.

$f_A\frac{V}{V-\frac{1}{10}V}=f_B\frac{V}{V+\frac{1}{10}V}$이므로 $\frac{f_A}{f_B}=\frac{9}{11}$이다.

04 도플러 효과

음원에서 발생시키는 음파의 진동수를 f_0이라 할 때, 음파의 한 주기 동안 이동한 음원의 이동 거리는 $\frac{v}{f_0}$이므로 $\lambda_A=\lambda+\frac{v}{f_0}$, $\lambda_B=\lambda-\frac{v}{f_0}$이다.

ㄱ. $\lambda_A+\lambda_B=\left(\lambda+\frac{v}{f_0}\right)+\left(\lambda-\frac{v}{f_0}\right)=2\lambda$이므로 $\frac{\lambda_A+\lambda_B}{2}=\lambda$이다.

ㄴ. $\lambda_A-\lambda_B=\left(\lambda+\frac{v}{f_0}\right)-\left(\lambda-\frac{v}{f_0}\right)=\frac{2v}{f_0}$이다. 따라서 v가 클수록 A와 B가 측정하는 파장의 차이는 크다.

ㄷ. 음속을 V라 할 때, $f_A=f_0\frac{V}{V+v}$, $f_B=f_0\frac{V}{V-v}$이므로

$f_A+f_B=f_0\frac{V}{V+v}+f_0\frac{V}{V-v}=f_0\frac{2V^2}{V^2-v^2}$이다.

$(\lambda_A-\lambda_B)$가 클수록 v가 크므로 (f_A+f_B)는 크다.

05 빛의 도플러 효과

빛의 도플러 효과에서 광원이 관찰자에게 접근할 때는 청색 편이가, 멀어질 때는 적색 편이가 관측된다.

ㄱ. p에서 청색 편이가 관측되므로 별이 지구에게 접근하는 상태이고, q에서 적색 편이가 관측되므로 별이 지구에서 멀어지는 상태이다. 따라서 별의 공전 방향은 ⓐ이다.

ㄴ. 파원이 관찰자에게 접근할 때 도플러 효과에 의해 파동의 파장은 짧아진다. p는 별이 지구에 접근하는 지점이므로 지구에서 관측하는 별빛의 파장은 별에서 방출되는 빛의 파장보다 짧아진다.

ㄷ. 도플러 효과는 파원의 속력이 빠를수록 더 크게 일어난다. q에서 별은 지구에서 멀어지는 방향으로 운동하므로 q에서 별의 속력이 빠를수록 적색 편이가 더 크게 일어난다.

06 도플러 효과의 이용

도플러 효과는 파원이나 관찰자가 움직이게 되면 정지해 있을 때와는 다른 진동수의 파동을 측정하게 되는 현상이다.

① 음원에서 발생시키는 음파의 진동수를 f_0, 물체에서 반사되어 되돌아오는 음파의 진동수를 f_r이라 할 때, 물체가 음원을 향해 다가오면 f_r은 f_0보다 크고, 물체가 음원에서 멀어지면 f_r은 f_0보다 작다. 물체의 속력이 클수록 도플러 효과에 의해 f_0과 f_r의 차이는 크다.

07 전자기파의 발생

시간에 따라 변하는 전기장이 변하는 자기장을 유도하고, 변하는 자기장이 변하는 전기장을 유도하면서 공간으로 퍼져 나가는 파동이 전자기파이다.

ㄱ. 일정한 주기로 변하는 전기장과 변하는 자기장을 발생시키는 전원은 교류 전원이다.

~~ㄴ~~. 안테나에서는 교류 전류에 의해 변하는 전기장과 변하는 자기장이 생성된다.
ㄷ. 전자기파가 진행할 때, 전기장의 진동 방향과 자기장의 진동 방향은 서로 수직이고, 전자기파의 진행 방향과도 서로 수직이다.

08 전자기파의 수신

전자기파는 전기장의 진동과 자기장의 진동이 결합된 파동이고, 안테나는 전자기파를 수신할 때 교류 전류가 흐른다.
ㄱ. 안테나가 연결된 교통카드가 작동되기 위해서는 전자기파가 필요하므로 단말기에서 전자기파가 방출되어야 한다.
ㄴ. 원형 안테나는 전자기파의 자기장 진동을 감지하여 전자기 유도에 의한 유도 전류가 흐른다.
ㄷ. 교통카드 회로에는 저항, 코일, 축전기가 연결된 RLC 회로이고, RLC 회로는 최대 전류가 흐를 수 있는 공명 진동수가 존재한다. 안테나에 회로의 공명 진동수와 일치하는 진동수의 전자기파가 수신되면 저항에는 최대 전류가 흐른다.

09 RLC 회로

교류 전원에 연결된 축전기는 교류 전원의 진동수가 클수록 저항의 역할이 감소한다.
~~ㄱ~~. 축전기의 저항의 역할은 교류 전원의 진동수에 반비례하므로 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 흐름을 방해하는 정도는 작아진다.
ㄴ. 최대 전류를 흐르게 하는 진동수가 공명 진동수이다.
~~ㄷ~~. 코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다. 따라서 자체 유도 계수 L이 증가하면 공명 진동수는 작아진다.

10 RC 회로, RL 회로

저항에 병렬연결된 전압계는 저항 양단에 걸리는 전압을 측정한다. 저항에 흐르는 전류의 세기와 저항에 걸리는 전압은 비례 관계이다.
~~ㄱ~~. 교류 전원이 연결된 회로에서 코일은 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 크다.
ㄴ. (나)에서 진동수가 증가할수록 저항에 걸리는 전압이 감소하므로 저항에 흐르는 전류의 세기가 감소한다. 교류 전원에 연결된 코일은 교류 전원의 진동수가 증가할수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 증가하므로 저항에 걸리는 전압은 감소한다. 따라서 (나)는 스위치를 a에 연결하였을 때의 결과이다.
~~ㄷ~~. 축전기는 교류 전원의 진동수가 증가할수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 감소한다. 따라서 스위치를 b에 연결하고 교류 전원의 진동수를 증가시키면 저항에 흐르는 전류의 세기는 증가한다.

11 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.
① 축전기 유전체의 유전율을 ε, 극판의 면적을 S라 할 때, $C=\varepsilon\frac{S}{d}$이다. 따라서 $f\propto\sqrt{d}$의 관계가 성립하므로 d가 증가하면 f도 증가한다.

12 RLC 회로의 공명 진동수

RLC 회로의 공명 진동수는 축전기의 전기 용량이 클수록 작다.
ㄱ. 전자기파는 전기장의 진동과 자기장의 진동이 결합된 파동이고, 안테나의 전자는 전자기파의 전기장에 의해 전기력을 받는다.
~~ㄴ~~. 전기 용량은 S를 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 작으므로, 수신 회로의 공명 진동수는 a에 연결할 때가 b에 연결할 때보다 크다. 또한, 수신 회로에 공명 진동수의 전자기파가 수신될 때 수신 회로에 최대 전류가 흐른다. 따라서 S를 a에 연결할 때, 수신 회로의 공명 진동수는 f_2이다.
ㄷ. S를 b에 연결할 때, 수신 회로의 공명 진동수는 f_1이므로 회로에 흐르는 전류의 세기는 f_1일 때가 f_2일 때보다 크고, 저항 양단에 걸리는 전압도 f_1일 때가 f_2일 때보다 크다.

수능 3점 테스트 본문 168~172쪽

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

01 도플러 효과

음원이 음파 측정기를 향해 운동할 때는 음파 측정기에서 측정한 파장이 음원의 파장보다 짧고, 음원이 음파 측정기에서 멀어지는 방향으로 운동할 때는 음파 측정기에서 측정한 파장이 음원의 파장보다 길다.
~~ㄱ~~. B에서 측정한 음파의 파장이 S에서 발생시키는 음파의 파장보다 길므로 S의 이동 방향은 $-x$방향이다.
ㄴ. B에서 측정한 음파의 파장은 S의 파장보다 $\frac{1}{5}\lambda_0$만큼 길다. 따라서 한 주기 동안 S의 이동 거리는 $\frac{1}{5}\lambda_0=vT_0$이다. 그러므로 $v=\frac{\lambda_0}{5T_0}$이다.
ㄷ. S는 A를 향해 한 주기 동안 $\frac{1}{5}\lambda_0$만큼 이동하므로 A에서 측

정한 음파의 파장은 $\frac{4}{5}\lambda_0$이다. 음속을 V라 할 때, $V=\frac{\lambda_0}{T_0}$이고, $\frac{4}{5}\lambda_0=VT_A$이므로 $T_A=\frac{4}{5}\frac{\lambda_0}{V}=\frac{4}{5}T_0$이다.

02 도플러 효과

음파 측정기 B가 측정하는 음파의 진동수는 A가 B에 다가갈 때 f_0보다 크고, A가 B에서 멀어질 때는 f_0보다 작다.

① 도플러 효과 공식에서 $f_0+3f=\frac{v}{v-\frac{1}{4}v}f_0$이므로, $f=\frac{1}{9}f_0$이다.

t_0 이후 B에서 멀어지는 A의 속력을 V라 할 때, $f_0-f=\frac{8}{9}f_0=\frac{v}{v+V}f_0$이므로 $V=\frac{1}{8}v$이다.

03 도플러 효과

음원이 관찰자에게 가까워질 때 관찰자가 측정한 진동수는 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어질 때 관찰자가 측정한 음파의 진동수는 감소한다. 음원의 속력을 v, 음속을 V, 음파의 진동수를 f라 할 때, 관찰자가 측정한 음파의 진동수는 $f'=\left(\frac{V}{V\mp v}\right)f$이다.

ㄱ. A는 P를 향해 운동하므로 P가 측정한 f_A는 f_0보다 크다.

ㄴ. 음속이 일정하므로 $V=\lambda f$의 관계에 의해 파장과 진동수는 반비례한다. A, B에서 측정한 음파의 파장의 비가 2 : 3이므로 $f_A : f_B=3 : 2$이다.

ㄷ. $f_A=f_0\left(\frac{V}{V-\frac{1}{10}V}\right)$이고, $f_B=f_0\left(\frac{V}{V+㉠}\right)$이다.

$f_A : f_B=3 : 2$이므로 ㉠$=\frac{7}{20}V$이다.

04 도플러 효과

시간 0부터 t까지 A와 S 사이의 거리가 줄어들므로 A는 S를 향해 운동하고, A의 속도를 v, 음속을 V라 할 때, S에서 측정한 A의 진동수는 $f_A=\frac{V}{V-v}f_0$이다.

~~ㄱ~~. S를 향해 운동하는 A의 속력 $v_A=\frac{2d}{t}$이고, 거리가 줄어드는 A와 B 사이의 시간에 대한 거리 변화가 $\frac{d}{t}$이므로 B의 운동 방향은 S에서 멀어지는 방향이고 속력 $v_B=\frac{d}{t}$이다.

~~ㄴ~~. $v_A=2v$라 할 때, $v_B=v$이다. $f_A=\frac{V}{V-2v}f_0$이고, $f_B=\frac{V}{V+v}f_0$이므로 $f_A-f_B=\frac{4}{9}f_0$일 때 $V=8v=\frac{8d}{t}$이다.

ㄷ. $v=\frac{1}{8}V$이므로 $f_A=\frac{4}{3}f_0$이고, $f_B=\frac{8}{9}f_0$이다. 따라서 $\frac{f_A}{f_B}=\frac{3}{2}$이다.

05 도플러 효과

음원이 관찰자에게 가까워질 때 관찰자가 측정한 진동수는 증가하고, 음원이 관찰자로부터 멀어질 때 관찰자가 측정한 음파의 진동수는 감소한다. 음원의 속도를 v, 음속을 V, 음파의 진동수를 f라 할 때, 관찰자가 측정한 음파의 진동수는 $f'=\left(\frac{V}{V\mp v}\right)f$이다.

③ 등속 원운동 하는 A와 B의 거리가 일정하게 유지되므로 A와 B의 각속도는 같다. A와 B의 각속도는 같고 반지름은 A가 B의 두 배이므로 A와 B의 속력은 2 : 1이다. B의 속력을 v라 할 때 A의 속력은 $2v$이다. $y=2d$, $y=-d$인 위치에서 각각 실이 끊어진 A와 B는 접선 방향으로 운동하므로 A는 $-x$방향으로, B는 $+x$방향으로 등속도 운동한다. P에서 측정한 A에서 발생한 음파의 진동수는 $f_P=\frac{V}{V-2v}3f$이고, Q에서 측정한 B에서 발생한 음파의 진동수는 $f_Q=\frac{V}{V+v}4f$이다. $f_P=f_Q$이므로 $\frac{V-2v}{V+v}=\frac{3}{4}$이다. 따라서 $v=\frac{1}{11}V$이다.

06 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수가 L, 축전기의 전기 용량이 C일 때, RLC 회로의 공명 진동수 $f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.

② S를 a에 연결할 때와 b에 연결할 때 코일과 축전기는 같으므로 회로의 공명 진동수는 변하지 않는다. 옴의 법칙 $I=\frac{V}{R}$에 의해 저항의 저항값이 클수록 전류의 최댓값은 작다. 따라서 b에 연결할 때 공명 진동수는 f_0이고 전류의 최댓값은 I_0보다 작다.

07 전자기파의 발생

변하는 전기장이 변하는 자기장을 유도하고, 변하는 자기장이 변하는 전기장을 유도하면서 공간으로 퍼져 나가는 파동이 전자기파이다.

~~ㄱ~~. 완충된 축전기 극판 사이에는 일정한 전기장이 형성되므로 변하는 자기장이 형성되지 않는다.

ㄴ. 가변 저항의 저항값을 변화시키면 직선 도선에 흐르는 전류의 세기는 변한다. 전류의 세기가 변하는 도선 주변에 변하는 자기장이 형성되고, 변하는 자기장은 변하는 전기장을 유도하므로 전자기파가 방출된다.

ㄷ. 보어의 수소 원자 모형에서 양자수가 큰 궤도에서 양자수가 작은 궤도로 전이할 때 전자기파가 방출된다. 양자수 $n_A=4$이고, $n_B=2$이므로 $n_A=4$에서 $n_B=2$로 전자가 전이할 때 전자기파가 방출된다.

08 RLC 회로, RC 회로

스위치를 a에 연결할 때 저항, 축전기, 코일이 직렬연결된 RLC 회로에서 공명 진동수가 존재한다. 따라서 a에 연결한 결과는 P이다.

㉠. 스위치를 b에 연결한 결과는 Q이고 진동수가 증가할수록 회로에 흐르는 전류가 증가하려면 회로의 저항 역할이 감소해야 한다. 축전기는 교류 전원의 진동수가 클수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 작다. 따라서 진동수가 증가할 때 저항의 역할이 감소하는 전기 소자는 축전기이므로 ㉠은 축전기이다.

㉡. 결과 P는 공명 진동수가 존재하는 회로의 결과이므로 스위치를 a에 연결한 결과이다.

~~㉢~~. 스위치를 b에 연결하면 저항-축전기 회로가 되므로 회로에 최대 전류가 흐르는 공명 진동수가 존재하지 않는다. 저항-축전기 회로는 교류 전원의 진동수가 증가할수록 회로에 흐르는 전류가 증가하므로 교류 전원의 진동수가 f_0일 때 저항 양단에 걸리는 전압은 최대가 아니다.

09 RLC 회로의 공명 진동수

코일의 자체 유도 계수를 L, 축전기의 전기 용량을 C라 할 때, 공명 진동수 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.

~~㉠~~. 코일의 자체 유도 계수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다. 따라서 공명 진동수는 (나)에서가 (가)에서보다 작다. (다)에서 A, B의 공명 진동수는 각각 f_1, f_2이고, $f_1<f_2$이므로 A는 (나)의 결과를 나타낸 것이다.

㉡. 교류 전원에 연결된 축전기는 진동수가 커질수록 전류의 흐름을 방해하는 정도가 감소하므로 저항 역할이 작아진다.

~~㉢~~. (나)의 결과는 A이고 f_1일 때가 f_2일 때보다 전류의 최댓값이 크다. 전류의 최댓값이 클수록 저항 양단에 걸리는 전압의 최댓값도 크다.

10 전자기파의 발생과 수신

RLC 회로에서는 회로의 공명 진동수와 같은 진동수를 교류 전원에서 공급할 때 회로에 흐르는 전류의 세기는 최대이다.

㉠. 교류 전원에 의한 전기장의 변화에 의해 축전기 극판 사이에서 전파가 발생한다. 따라서 교류 전원의 진동수와 축전기에서 발생하는 전파의 진동수는 같다.

㉡. 교류 전원의 진동수가 송신 회로의 공명 진동수와 같을 때 최대 세기의 전파가 발생하고, 발생한 전파의 진동수와 수신 회로의 공명 진동수가 같을 때 수신 회로에 최대 전류가 흐르게 된다. 따라서 송신 회로의 공명 진동수, 수신 회로의 공명 진동수는 f_0으로 같다.

㉢. 축전기 전기 용량을 증가시키면 수신 회로의 공명 진동수가 감소한다. 전파의 진동수는 f_0이고, 수신 회로의 공명 진동수가 f_0보다 작아지면 저항에 흐르는 전류의 세기는 감소한다.

13 볼록 렌즈에 의한 상

수능 2점 테스트 본문 177~178쪽

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

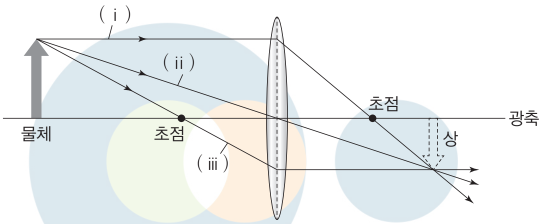
01 볼록 렌즈에 의한 상

볼록 렌즈에 의한 상은 다음과 같은 광선의 경로 (ⅰ), (ⅱ), (ⅲ) 중 두 개의 광선이 만나거나 광선의 연장선이 만나는 곳에 생긴다.

(ⅰ) 광축에 나란하게 입사한 광선은 렌즈를 지난 후 초점을 지나간다.

(ⅱ) 렌즈의 중심을 향해 입사한 광선은 렌즈를 지난 후 그대로 직진한다.

(ⅲ) 초점을 지나서 입사한 광선은 렌즈를 지난 후 광축에 나란하게 진행한다.



㉠. 빛이 초점을 지나 렌즈에 입사하였으므로 F와 렌즈를 지난 후 빛의 경로는 광축과 나란하다.

~~㉡~~. 렌즈와 물체 사이의 거리가 렌즈와 초점 사이의 거리보다 크므로 렌즈에 의한 상은 실상이다.

㉢. 렌즈를 지난 후 광축과 나란하게 진행하는 빛의 경로상에 상이 생긴다. 광축에서 광축과 나란하게 진행하는 빛의 경로까지의 거리가 광축에서 물체의 위쪽 끝 지점까지의 거리보다 작으므로 상의 크기는 물체의 크기보다 작다.

02 볼록 렌즈에 의한 상

볼록 렌즈와 물체 사이의 거리에 따라 축소된 도립 실상, 확대된 도립 실상, 확대된 정립 허상이 생긴다.

㉠. 렌즈와 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 크면 렌즈를 중심으로 물체 반대편에 도립 실상이 생긴다.

㉡. 렌즈와 물체 사이의 거리를 x라고 하면, $2d<x$인 경우 축소된 도립 실상이, $d<x<2d$인 경우 확대된 도립 실상이, $0<x<d$인 경우 확대된 정립 허상이 생긴다. 따라서 (다)에서 상의 크기는 A의 크기보다 크다.

~~㉢~~. $x>d$일 때 렌즈와 물체 사이의 거리가 작을수록 렌즈와 상 사이의 거리는 크다.

03 볼록 렌즈에 의한 상

실험에서 볼록 렌즈에 의한 휴대 전화 화면의 상은 렌즈를 중심으로 휴대 전화의 반대편에 생긴다.

~~ㄱ~~. 렌즈를 중심으로 휴대 전화의 반대편에 상이 생기고, 벽에 상이 맺히므로 벽에 생긴 상은 도립 실상이다.

ㄴ. 확대된 도립 실상이 생기므로 렌즈와 벽 사이의 거리는 렌즈와 휴대 전화 사이의 거리 L보다 크다.

~~ㄷ~~. 렌즈에 의한 상이 실상이므로 렌즈의 초점 거리는 L보다 작다.

04 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다.

ㄱ. 볼록 렌즈에 의해 허상이 생길 때 허상의 크기는 물체의 크기보다 크다. 문제에서 상의 크기가 물체의 크기와 같으므로 상은 실상이다.

~~ㄴ~~. 물체의 크기와 상의 크기가 같으므로 렌즈와 상 사이의 거리는 렌즈와 물체 사이의 거리($3d$)와 같다. 초점 거리를 f라고 하면, $\frac{1}{3d}+\frac{1}{3d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{3}{2}d$이다.

ㄷ. 렌즈와 물체 사이의 거리가 $2d$일 때, $\frac{1}{2d}+\frac{1}{b}=\frac{2}{3d}$에서 $b=6d$이다. 따라서 상의 크기는 $h\times\frac{6d}{2d}=3h$이다.

05 렌즈 방정식과 배율

볼록 렌즈와 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 크면 렌즈에 의한 상은 도립 실상이고, 볼록 렌즈와 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 작으면 렌즈에 의한 상은 정립 허상이다.

ㄱ. 렌즈에 의한 상이 도립상이므로 렌즈는 물체와 상 사이에 놓여 있다.

~~ㄴ~~. 렌즈와 물체 사이의 거리를 a라고 하면 렌즈와 상 사이의 거리(b)는 $b=d-a$이다. 배율이 2이므로 $\frac{d-a}{a}=2$에서 $a=\frac{1}{3}d$이고, $b=\frac{2}{3}d$이다.

~~ㄷ~~. 초점 거리를 f라고 하고 렌즈 방정식을 적용하면 $\frac{1}{\frac{1}{3}d}+\frac{1}{\frac{2}{3}d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{2}{9}d$이다.

06 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다. 배율($M$)은 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

ㄱ. $\mathrm{I_A}$의 크기가 $\frac{1}{3}h$이므로 A와 $\mathrm{I_A}$ 사이의 거리를 b라고 하면, $\frac{b}{4d}=\frac{1}{3}$에서 $b=\frac{4}{3}d$이다. A, B의 초점 거리를 f라고 하면 $\frac{1}{4d}+\frac{1}{\frac{4}{3}d}=\frac{1}{f}$에서 $f=d$이다.

ㄴ. $b=\frac{4}{3}d$이므로 B와 $\mathrm{I_A}$ 사이의 거리(a')는 $a'=\frac{5}{3}d$이다. $a'>d$이므로 $\mathrm{I_{AB}}$는 실상이다.

ㄷ. B와 $\mathrm{I_{AB}}$ 사이의 거리를 b'라고 하면, $\frac{1}{\frac{5}{3}d}+\frac{1}{b'}=\frac{1}{d}$에서 $b'=\frac{5}{2}d$이다. 따라서 $\mathrm{I_{AB}}$의 크기는 $\frac{1}{3}h\times\frac{b'}{a'}=\frac{1}{2}h$이다.

07 볼록 렌즈의 이용

돋보기(볼록 렌즈)를 이용하면 글자를 확대하여 관찰할 수 있다. 확대된 정립상을 관찰하기 위해서는 렌즈와 글자 사이의 거리를 초점 거리보다 작게 해야 한다.

~~ㄱ~~. (가)에서 상은 정립상이므로 렌즈와 글자 사이의 거리는 초점 거리보다 작고, (나)에서 상은 도립상이므로 렌즈와 글자 사이의 거리는 초점 거리보다 크다. 따라서 렌즈와 글자 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

ㄴ. (나)에서 상이 도립상이므로 렌즈와 글자 사이의 거리는 f보다 크고, 렌즈와 상 사이의 거리도 f보다 크다. 따라서 (나)에서 상과 글자 사이의 거리는 $2f$보다 크다.

~~ㄷ~~. 허상이 생길 때 상의 크기는 렌즈와 물체 사이의 거리가 작을수록 작다. 따라서 (가)에서 렌즈와 글자 사이의 거리를 감소시키면 상의 크기가 작아진다.

08 볼록 렌즈의 이용

수정체는 볼록 렌즈 역할을 하여 물체의 상을 망막에 맺힐 수 있게 한다. 수정체의 두께가 두껍거나 얇으면 수정체에 의한 상이 망막 앞이나 망막 뒤에 맺히게 되므로 망막에 흐릿한 상이 생긴다.

ㄱ. (가)에서 수정체(볼록 렌즈)를 통과한 빛이 망막의 한 점에 모였으므로 (가)에서 P의 상은 실상이다.

~~ㄴ~~. 실상이 생겼으므로 수정체의 초점 거리는 수정체와 P 사이의 거리보다 작다.

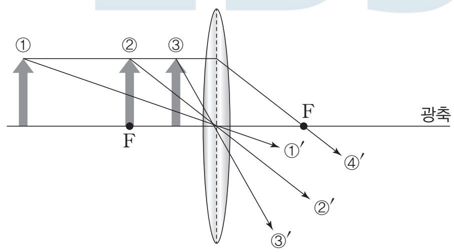
ㄷ. (나)에서 볼록 렌즈 안경을 사용하여 빛을 모아주면 망막에 선명한 상이 생기게 할 수 있다.

수능 3점 테스트 본문 179~183쪽

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

01 볼록 렌즈에 의한 상

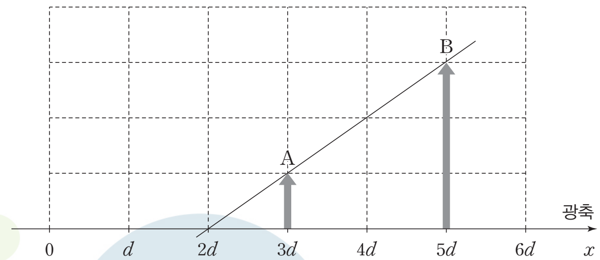
그림은 렌즈에 의한 상을 작도하는 원리를 나타낸 것이다. ①, ②, ③은 물체의 위치, ①′, ②′, ③′는 렌즈의 중심을 지난 빛의 경로, ④′는 광축과 나란하게 입사한 빛이 렌즈를 지난 후의 경로를 나타낸 것이다.



①의 경우 ①′와 ④′가 오른쪽에서 모이므로 실상이 생기고, ③의 경우 ③′와 ④′가 오른쪽에서 서로 벌어지므로 두 경로의 연장선이 만나는 곳에 허상이 생긴다.
②의 경우 ②′와 ④′가 나란하므로 상이 생기지 않으며, 이때 물체는 초점에 놓여 있다.
㉠. 광축에 나란하게 입사한 빛이 p를 지나므로 p는 렌즈의 초점이다.
㉡. (가)에서 렌즈를 지난 후 Ⅰ, Ⅱ의 진행 방향이 나란하므로 (가)에서 렌즈와 물체 사이의 거리는 초점 거리와 같다. 따라서 (나)와 같이 렌즈와 물체 사이의 거리를 감소시키면 확대된 정립 허상이 생긴다.
㉢. (나)에서 물체와 렌즈 사이의 거리가 작을수록 위 그림에서 ③′의 기울기가 더 커지므로 상의 위치가 렌즈 쪽으로 이동한다. 따라서 (나)에서 렌즈와 물체 사이의 거리가 작을수록 렌즈와 상 사이의 거리도 작다.

02 볼록 렌즈에 의한 상

물체의 방향과 상의 방향이 같으므로 렌즈에 의한 상은 정립 허상이다.
㉠. 렌즈 중심을 향해 입사한 광선은 렌즈를 지난 후 그대로 직진하므로 그림과 같이 A, B의 위쪽 끝을 연결한 연장선과 광축이 만나는 $x=2d$에 렌즈가 놓여 있다.



㉡. 볼록 렌즈에 의해 허상이 생길 때 허상의 크기는 물체의 크기보다 크다. 따라서 A는 물체이고 B는 상이다.
㉢. 렌즈에 의한 상이 허상이므로 렌즈와 A(물체) 사이의 거리는 초점 거리보다 작다. 따라서 렌즈와 A 사이의 거리가 d이므로 렌즈의 초점 거리는 d보다 크다.

03 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다.
배율(M)은 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.
㉠. $x=3d$일 때 배율이 $\frac{2}{3}$이므로 상의 크기가 물체의 크기보다 작다. 볼록 렌즈에 의한 상이 허상일 때 허상의 크기는 물체의 크기보다 항상 크므로 ㉠은 실상이다.
㉡. $x=3d$일 때 렌즈에 의한 상은 실상이고 배율은 $\frac{2}{3}$이므로 렌즈와 상 사이의 거리를 b라고 하면 $\frac{b}{3d}=\frac{2}{3}$에서 $b=2d$이다. 렌즈 방정식을 적용하면 $\frac{1}{3d}+\frac{1}{2d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{6}{5}d$이다.
㉢. 렌즈와 상 사이의 거리가 ㉡일 때 배율이 6이므로 렌즈와 상 사이의 거리는 6×㉡이다. 허상임을 고려하여 렌즈 방정식을 적용하면 $\frac{1}{㉡}+\frac{1}{-6\times ㉡}=\frac{1}{\frac{6}{5}d}$에서 ㉡은 d이다.

04 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다.
㉠. (가)에서 상이 실상이면 (나)에서의 상도 실상이다. 이 경우 렌즈와 상 사이의 거리는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 A와 상 사이의 거리가 (나)에서가 (가)에서의 2배가 될 수 없다. 따라서 (가)에서 상은 실상이 아니다.
㉡. (가), (나)에서 A와 상 사이의 거리를 각각 x, $2x$라고 하면, (가)와 (나)에서 상이 모두 허상일 경우
$\frac{1}{d}-\frac{1}{d+x}=\frac{1}{2d}-\frac{1}{2d+2x}$에서 $x=0$이므로 불가능하다. 따라서 렌즈에 의한 상은 (가)에서는 허상, (나)에서는 실상이다.

ㄷ. 렌즈에 의한 상이 (가)에서는 허상, (나)에서는 실상이므로 $\frac{1}{d}-\frac{1}{d+x}=\frac{1}{2d}+\frac{1}{2x-2d}$에서 $x=3d$이다. 따라서 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, $\frac{1}{d}-\frac{1}{d+x}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{4}{3}d$이다.

05 렌즈 방정식과 배율

(나)와 (다)에서 물체와 스크린 사이의 거리는 일정하다. 따라서 (나)에서 렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 스크린 사이의 거리를 b라고 하면, (다)에서는 렌즈와 물체 사이의 거리가 b이고 렌즈와 스크린 사이의 거리는 a이다. 따라서 (나)에서 배율(M_1)은 $M_1=\frac{b}{a}$이고, (다)에서 배율(M_2)은 $M_2=\frac{a}{b}$이다.

ㄱ. 상의 크기가 (나)에서가 (다)에서의 9배이므로 $9=\frac{M_1}{M_2}=\frac{b^2}{a^2}$에서 $M_1=\frac{b}{a}=3$이다. 따라서 물체의 크기는 1.5 cm이다.

~~ㄴ~~. (나)에서 배율이 3이므로 $\frac{30\text{ cm}}{a}=3$에서 $a=10$ cm이다. 따라서 (다)에서 ㉠은 10 cm이다.

~~ㄷ~~. 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면 $\frac{1}{30\text{ cm}}+\frac{1}{10\text{ cm}}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{15}{2}$ cm이다.

06 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다. 배율($M$)은 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

~~ㄱ~~. 렌즈를 통과한 빛이 광축과 나란하게 진행하므로 볼록 렌즈에 입사하기 전 광선의 연장선과 광축이 만나는 지점이 초점이다. 따라서 렌즈와 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 작으므로 렌즈에 의한 상은 정립 허상이다.

ㄴ. 렌즈에 의한 상이 허상이고 물체와 상 사이의 거리는 $3d$이므로 렌즈와 상 사이의 거리는 $5d$이다. 따라서 배율이 $\frac{5d}{2d}=\frac{5}{2}$이므로 상의 크기는 $\frac{5}{2}h$이다.

~~ㄷ~~. 렌즈의 초점 거리를 f라고 하고 허상임을 고려하여 렌즈 방정식을 적용하면, $\frac{1}{2d}+\frac{1}{-5d}=\frac{1}{f}$에서 $f=\frac{10}{3}d$이다.

07 렌즈 방정식과 배율

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다. 배율($M$)은 $M=\left|\frac{b}{a}\right|$이다.

ㄱ. 초점 거리가 Q가 P보다 크므로 (가)에서 허상이 생기면 (나)에서도 허상이 생기므로 (가), (나)에서 상의 위치가 같을 수 없다. 따라서 (가)에서 상은 실상이다.

ㄴ. (가), (나)에서 모두 실상이 생기면 (가), (나)에서 상의 위치가 같을 수 없다. 따라서 (가)에서는 실상이 생기고, (나)에서는 허상이 생긴다. P와 상 사이의 거리를 b라고 하면 Q와 상 사이의 거리는 $b+2d$이다. P, Q의 초점 거리를 각각 f, $2f$라고 하면, (가)에서 $\frac{1}{d}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이고, (나)에서 $\frac{1}{d}+\frac{1}{-(b+2d)}=\frac{1}{2f}$에서 $b=2d$, $f=\frac{2}{3}d$이다.

ㄷ. (가)에서 배율(M_1)은 $M_1=\frac{b}{d}=\frac{2d}{d}=2$이고, (나)에서 배율($M_2$)은 $M_2=\frac{b+2d}{d}=\frac{4d}{d}=4$이다. 따라서 $\frac{M_2}{M_1}=2$이므로 상의 크기는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

08 렌즈 방정식과 배율

A와 물체 사이의 거리가 초점 거리보다 크므로 A에 의한 상은 실상이고, 광축과 나란하게 진행하는 광선과 광축 사이의 거리가 $2d$이므로 A에 의한 상의 크기는 물체의 크기의 2배이다.

ㄱ. A에 의한 상의 크기가 물체의 크기의 2배이므로 A와 A에 의한 상 사이의 거리는 A와 물체 사이의 거리의 2배인 $4d$이다.

~~ㄴ~~. A의 초점 거리를 f_{A}라고 하면 $\frac{1}{2d}+\frac{1}{4d}=\frac{1}{f_{\text{A}}}$에서 $f_{\text{A}}=\frac{4}{3}d$이다. 최종 상의 크기가 물체의 크기와 같으므로 B에 의한 배율은 $\frac{1}{2}$이다. B와 A에 의한 상 사이의 거리가 $3d$이므로 B와 최종 상 사이의 거리는 $\frac{3}{2}d$이고, B의 초점 거리를 f_{B}라고 하면 $\frac{1}{3d}+\frac{1}{\frac{3}{2}d}=\frac{1}{f_{\text{B}}}$에서 $f_{\text{B}}=d$이다. 따라서 초점 거리는 A가 B의 $\frac{4}{3}$배이다.

ㄷ. B의 초점 거리가 d이고 B와 물체 사이의 거리가 $2d$이므로 B와 B에 의한 상 I_1 사이의 거리는 $2d$이고 I_1의 크기는 d이다. A와 I_1 사이의 거리(a)가 $a=5d$이므로 A와 A에 의한 상 I_2 사이의 거리를 b라고 하면 $\frac{1}{5d}+\frac{1}{b}=\frac{1}{\frac{4}{3}d}$에서 $b=\frac{20}{11}d$이다. 따라서 I_2의 크기는 $d\times\frac{b}{a}=\frac{4}{11}d$이다.

09 볼록 렌즈의 이용

렌즈와 물체 사이의 거리를 a, 렌즈와 상 사이의 거리를 b, 렌즈의 초점 거리를 f라고 하면, 렌즈 방정식 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$이 성립한다.

배율(M)은 $M=\left|\dfrac{b}{a}\right|$이다.

㉠. P의 초점 거리가 d보다 작고, P와 물체 사이의 거리는 $2d$이므로 P에 의한 물체의 상($\mathrm{I_P}$)은 실상이다.

~~ㄴ~~. P의 초점 거리가 d보다 작고, P와 물체 사이의 거리는 $2d$이므로 $\mathrm{I_P}$는 P와 Q 사이에 생긴다. P에서 $\mathrm{I_P}$까지 거리를 x라고 하면 Q와 $\mathrm{I_P}$ 사이의 거리는 $2d-x$이다. 따라서 물체의 크기를 h라고 하면 $\mathrm{I_P}$의 크기는 $h\times\dfrac{x}{2d}$이고, 최종 상 $\mathrm{I_{PQ}}$의 크기는 $h\times\dfrac{x}{2d}\times\dfrac{4d}{2d-x}$이다. $\mathrm{I_{PQ}}$의 크기가 물체의 크기의 2배이므로 $\dfrac{2x}{2d-x}=2$에서 $x=d$이다. 따라서 P의 초점 거리를 f_P라고 하고 렌즈 방정식을 적용하면 $\dfrac{1}{2d}+\dfrac{1}{d}=\dfrac{1}{f_\mathrm{P}}$에서 $f_\mathrm{P}=\dfrac{2}{3}d$이다.

~~ㄷ~~. Q를 통과한 빛이 광축과 나란하게 진행하기 위해서는 빛이 Q의 초점을 지나 Q에 입사해야 한다. Q와 $\mathrm{I_P}$ 사이의 거리는 $2d-x=d$이고, Q와 $\mathrm{I_{PQ}}$ 사이의 거리가 $4d$이므로, 허상임을 고려하여 렌즈 방정식을 적용하면 $\dfrac{1}{d}+\dfrac{1}{-4d}=f_\mathrm{Q}$에서 $f_\mathrm{Q}=\dfrac{4}{3}d$이다. 따라서 P의 중심과 Q의 초점의 위치가 다르므로 P의 중심을 지나 Q에 입사한 빛은 Q를 통과한 후 광축과 나란하게 진행하지 않는다.

10 볼록 렌즈의 이용

광학 현미경은 볼록 렌즈 2개를 사용하여 물체를 확대하여 관찰하는 장치이다. 대물렌즈는 물체에서 나오는 빛을 모아 실상을 만드는 역할을 하고, 이 실상은 접안렌즈에 의해 확대된 허상으로 보인다.

㉠. 중간 상 ㉠의 크기가 물체의 크기보다 크므로 대물렌즈로부터 거리는 ㉠이 물체보다 크다.

㉡. ㉠과 최종 상 ㉡이 모두 접안렌즈 아래쪽에 있으므로 최종 상 ㉡은 허상이다.

㉢. ㉡이 허상이므로 접안렌즈의 초점 거리는 접안렌즈와 ㉠ 사이의 거리보다 크다.

14 빛과 물질의 이중성

수능 2점 테스트 본문 188~189쪽

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

01 광전 효과

광전 효과 실험에서 회로에 흐르는 전류의 세기가 0이 되는 순간의 전압을 정지 전압이라고 한다.

㉠. 단색광을 비추었을 때 금속판에서 광전자가 방출되었으므로 단색광의 진동수는 금속판의 문턱 진동수보다 크다.

㉡. 광전류가 0이 되는 순간 광전자의 최대 운동 에너지와 역전압에 의해 감소한 광전자의 운동 에너지가 같으므로 광전자의 최대 운동 에너지는 eV_s이다.

㉢. 단색광을 진동수가 더 큰 단색광으로 바꾸어 금속판에 비추면 광전자의 최대 운동 에너지가 증가한다. 따라서 정지 전압도 증가한다.

02 광전 효과

광전 효과 실험에서 회로에 흐르는 전류의 세기가 0이 되는 순간의 전압을 정지 전압(V_s)이라고 한다. 금속판에서 방출되는 전자의 최대 운동 에너지를 E_k라고 하면 $E_\mathrm{k}=eV_\mathrm{s}$($e$: 기본 전하량)이다.

㉠. 정지 전압이 금속판에 A를 비출 때가 C를 비출 때보다 크다. 따라서 진동수는 A가 C보다 크다.

㉡. 금속판에 A, B를 각각 비추었을 때 정지 전압이 같으므로 A와 B의 진동수는 서로 같다. 광전류의 최대 세기는 A를 비출 때가 B를 비출 때보다 크므로 단색광의 세기는 A가 B보다 크다.

~~ㄷ~~. A, B를 각각 비추었을 때 정지 전압이 서로 같으므로 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지는 A를 비출 때와 B를 비출 때가 서로 같다.

03 광양자설

문턱 진동수가 f_0인 금속판에 진동수가 f인 단색광을 비추었을 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_\mathrm{k}=hf-hf_0$(h: 플랑크 상수)이다. E_k는 금속판에 비춘 빛 중 진동수가 가장 큰 빛의 진동수가 클수록 크고, 금속판에 비춘 빛의 세기와는 관계없다.

~~ㄱ~~. P에 A를 비추었을 때와 A와 B를 함께 비추었을 때 광전자의 최대 운동 에너지가 각각 E_0, $3E_0$이므로 진동수는 B가 A보다 크다. 따라서 P에 B를 비추었을 때 광전자의 최대 운동 에너지 ㉠은 $3E_0$이다.

ㄴ. P의 일함수를 W, A, B의 진동수를 각각 f, $2f$라고 하면, $E_0=hf-W$, $3E_0=2hf-W$이다. 따라서 $hf=2E_0$, $W=E_0$이다.
~~ㄷ~~. P에 비추는 A의 세기를 증가시키면 단위 시간당 방출되는 광전자의 수는 증가하지만 광전자의 최대 운동 에너지는 변하지 않는다.

04 광양자설

일함수가 W인 금속판에 진동수가 f인 단색광을 비추었을 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_k=hf-W$ (h: 플랑크 상수)이다. 광전자의 최대 운동 에너지-진동수 그래프에서 $E_k=0$일 때의 진동수가 금속판의 문턱 진동수이고, 그래프의 기울기는 h이다.
ㄱ. 금속판에 진동수가 f_0인 단색광을 비추었을 때 $E_0=hf_0-2E_0$에서 $3E_0=hf_0$이다. 따라서 금속판의 일함수가 $2E_0=\frac{2}{3}hf_0$이므로 금속판의 문턱 진동수는 $\frac{2}{3}f_0$이다.
~~ㄴ~~. 금속판에 진동수가 $2f_0$인 단색광을 비추었을 때 $E=2hf_0-2E_0$이므로 $3E_0=hf_0$을 대입하여 정리하면 $E=4E_0$이다.
~~ㄷ~~. 금속판에 비추는 단색광의 진동수가 f_0일 때 정지 전압을 V_s라고 하면 $E_0=eV_s$이다. 따라서 $3E_0=hf_0$을 대입하여 정리하면 $V_s=\frac{hf_0}{3e}$이다.

05 물질파

운동량의 크기가 p인 입자의 물질파 파장은 $\frac{h}{p}$(h: 플랑크 상수)이다.
ㄱ. 전자가 파동성을 나타내므로 전자를 금속박에 비추었을 때 X선과 유사한 무늬가 나타난다.
~~ㄴ~~. 회절 무늬 중앙의 밝은 무늬의 지름이 (다)에서가 (가)에서보다 크므로 (다)에서 전자의 물질파 파장은 (가)에서 X선의 파장보다 길다. 따라서 $\lambda<\frac{h}{p}$이다.
~~ㄷ~~. 회절 무늬 중앙의 밝은 무늬의 지름이 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 전자의 물질파 파장도 (다)에서가 (나)에서보다 길다. 운동 에너지가 E인 전자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$($m$: 전자의 질량)이므로 전자의 운동 에너지는 (다)에서가 (나)에서보다 작다.

06 물질파

질량이 m, 운동량의 크기가 p, 운동 에너지가 E인 입자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$이다.
④ A, B에서 각각 $2\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_0E_0}}$, $\lambda_0=\frac{h}{\sqrt{2m_B\times6E_0}}$이므로 $m_B=\frac{2}{3}m_0$이다. A, B에서 각각 $p_0=\frac{h}{2\lambda_0}$, $p_B=\frac{h}{\lambda_0}$이므로 $p_B=2p_0$이다.

07 물질파

운동량의 크기가 p, 질량이 m, 운동 에너지가 E인 입자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE}}$이다.
② 정지해 있던 전자를 전압 V로 가속시켰을 때 방출된 전자의 운동 에너지(E)는 $E=eV$(e: 기본 전하량)이다. 따라서 전자의 물질파 파장은 $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE}}=\frac{h}{\sqrt{2meV}}$이므로 λ를 V에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은 ②번이다.

08 보어의 수소 원자 모형과 물질파

전자가 운동하는 원 궤도의 둘레는 전자의 물질파 파장의 정수배이다.
ㄱ. 전자의 물질파 파장 $\lambda=\frac{h}{mv}$이므로 이를 $2\pi rmv=nh$에 대입하여 정리하면 $2\pi r=n\lambda$이다.
ㄴ. $2\pi r=n\lambda$에서 $n=1$일 때 $2\pi r=\lambda$이다. 따라서 $n=1$인 상태에 있는 전자의 물질파 파장은 전자의 원운동 궤도의 둘레와 같다.
~~ㄷ~~. 전자의 물질파 파장은 양자수에 비례하므로 전자의 물질파 파장은 $n=2$인 상태에서가 $n=1$인 상태에서보다 길다.

수능 3점 테스트

본문 190~193쪽

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

01 광전 효과

(다)에서 a에 P를 비추었을 때 A의 금속박이 오므라들었으므로 빛을 비추기 전 A는 음($-$)전하로 대전되어 있다.
ㄱ. 빛을 비추기 전 A는 음($-$)전하로 대전되어 있으므로 대전체를 A에 가까이할 때 B에서 A로 전자가 이동한다. 따라서 (가)에서 대전체는 양($+$)전하로 대전되어 있다.
ㄴ. (다)에서 P를 비추었을 때 A의 금속박은 오므라들었고 B의 금속박은 변화가 없으므로, P를 비출 때 a에서는 전자가 방출되고 b에서는 전자가 방출되지 않는다. 따라서 문턱 진동수는 b가 a보다 크다.

~~ㄷ~~. (라)에서 양(+)전하로 대전된 b에 Q를 비추었을 때 B의 금속박이 벌어졌으므로 Q의 진동수는 b의 문턱 진동수보다 크다. 따라서 b보다 문턱 진동수가 작은 a에 Q를 비추면 a에서 전자가 방출되므로 A의 금속박이 오므라든다.

02 광양자설

일함수가 W인 금속판에 진동수가 f인 빛을 비추었을 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_k=hf-W$(h: 플랑크 상수)이다. 진동수가 f인 빛의 파장을 λ라고 하면, $f=\frac{c}{\lambda}$(c: 빛의 속력)이므로 $E_k=\frac{hc}{\lambda}-W$이다.

㉠. P의 일함수를 W_P라고 하면, (가)에서 P에 진동수가 각각 f_0, $2f_0$인 빛을 비추었을 때 $E_0=hf_0-W_P$, $3E_0=2hf_0-W_P$에서 $hf_0=2E_0$, $W_P=E_0$이다.

㉡. P의 일함수가 E_0이므로 (나)에서 $\frac{hc}{3\lambda_0}=E_0$이다. 따라서 ㉠ $=\frac{hc}{\lambda_0}-W_P=2E_0$이다.

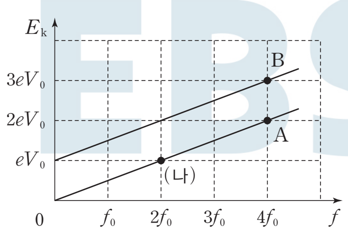
㉢. $hf_0=2E_0$이고, $\frac{hc}{3\lambda_0}=E_0$이므로 $f_0=\frac{2c}{3\lambda_0}$이다.

03 광양자설

광전 효과 실험에서 금속판의 일함수를 W, 금속판에 비춘 단색광의 진동수를 f, 정지 전압을 V_s라고 하면, 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_k=eV_s=hf-W$(e: 기본 전하량, h: 플랑크 상수)이다.

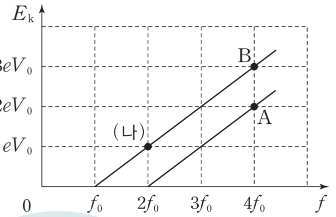
㉠. 광전자의 최대 운동 에너지는 금속판에 비춘 단색광의 진동수가 더 큰 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

~~ㄴ~~. A가 (다)의 결과라고 가정하고 E_k를 f에 따라 나타내면 다음과 같다.



이때 P의 문턱 진동수는 0이고, Q의 문턱 진동수는 0보다 작으므로 A는 (다)의 결과가 아니다.

㉢. A는 (라)의 결과이고 B는 (다)의 결과이므로, 다음 그래프를 통해 Q의 문턱 진동수가 $2f_0$임을 알 수 있다. 따라서 Q의 일함수는 $2hf_0$이다.



결과 A에 대해 $2eV_0=4hf_0-2hf_0=2hf_0$이 성립하므로 Q의 일함수는 $2hf_0=2eV_0$이다.

04 광양자설

파장이 λ인 단색광을 일함수가 W인 금속판에 비추었을 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_k=\frac{hc}{\lambda}-W$ (h: 플랑크 상수, c: 빛의 속력)이다.

㉠. 광전자의 질량을 m, 운동 에너지를 E라고 할 때, 광전자의 물질파 파장은 $\frac{h}{\sqrt{2mE}}$이다. 따라서 광전자의 최대 운동 에너지가 (다)에서가 (가)에서의 $\frac{1}{2}$배이므로 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 (다)에서가 (가)에서의 $\sqrt{2}$배이다.

~~ㄴ~~. ㉠을 P라고 가정하고 P의 일함수를 W_P라고 하면, P에 파장이 각각 λ_0, $3\lambda_0$인 단색광을 비추었을 때, $\frac{hc}{\lambda_0}-W_P=2E_0$(··· ①), $\frac{hc}{3\lambda_0}-W_P=E_0$에서 $W_P=-\frac{E_0}{2}$이다. 금속판의 일함수는 0보다 커야 하므로 ㉠은 P가 아니다.

~~ㄷ~~. Q의 일함수를 W_Q라고 하면, Q에 파장이 각각 $2\lambda_0$, $3\lambda_0$인 단색광을 비추었을 때 $\frac{hc}{2\lambda_0}-W_Q=2E_0$, $\frac{hc}{3\lambda_0}-W_Q=E_0$에서 $\frac{hc}{\lambda_0}=6E_0$이다. $\frac{hc}{\lambda_0}=6E_0$을 ①에 대입하여 정리하면 $W_P=4E_0$이다.

05 물질파

입자의 질량을 m, 운동량의 크기를 p, 운동 에너지를 E_k라고 하면 $p=\sqrt{2mE_k}$이고, 입자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ (h: 플랑크 상수)이다.

③ A에 작용하는 알짜힘의 방향이 $+y$방향이므로 A의 속도의 x성분은 일정하다. 전기장 영역에 들어가는 순간 A의 속력을 v_0이라고 하면, A가 전기장 영역에서 나오는 순간 A의 운동 방향과 x축이 이루는 각이 45°이므로 A의 속도의 y성분의 크기는 v_0이고, A의 속도의 크기(v)는 $v=\sqrt{2}v_0$이다. 운동하는 동안 x방향의 평균 속도의 크기가 y방향의 평균 속도의 크기

의 2배이므로 전기장 영역에서 A가 $+y$방향으로 운동한 거리는 $\frac{1}{2}d$이다. 따라서 전기장 영역에서 일·운동 에너지 정리를 적용하면 $qE\times\frac{1}{2}d=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$에서 $v_0=\sqrt{\frac{qEd}{m}}$이다. 따라서 $v=\sqrt{2}v_0$이므로 입자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2mqEd}}$이다.

06 광전 효과와 물질파

파장이 λ인 단색광을 일함수가 W인 금속판에 비추었을 때 금속판에서 방출되는 광전자의 최대 운동 에너지(E_k)는 $E_k=\frac{hc}{\lambda}-W$ (h: 플랑크 상수, c: 빛의 속력)이다. 광전자의 물질파 파장의 최솟값을 λ_m이라고 하면 $E_k=\frac{h^2}{2m\lambda_m^2}$($m$: 전자의 질량)이다.

ㄱ. P에서 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값이 P에 B를 비출 때가 P에 A, B를 함께 비출 때보다 크므로 진동수는 A가 B보다 크다. 따라서 P에 A만을 비출 때 방출되는 광전자의 물질파 파장의 최솟값은 λ_0이다.

ㄴ. A, B의 파장을 각각 λ_A, λ_B라고 하면, $\frac{hc}{\lambda_A}-hf_0=\frac{1}{2m}\times\frac{h^2}{\lambda_0^2}$ (… ①), $\frac{hc}{\lambda_B}-hf_0=\frac{1}{2m}\times\frac{h^2}{4\lambda_0^2}$(… ②), $\frac{hc}{\lambda_A}-2hf_0=\frac{1}{2m}\times\frac{h^2}{4\lambda_0^2}$ (… ③)이다. ①, ③에서 $\lambda_A=\frac{3c}{7f_0}$, $\frac{h^2}{8m\lambda_0^2}=\frac{hf_0}{3}$이다. $\frac{h^2}{8m\lambda_0^2}=\frac{hf_0}{3}$을 ②에 대입하면 $\lambda_B=\frac{3c}{4f_0}$이다. 따라서 파장은 A가 B의 $\frac{4}{7}$배이다.

ㄷ. B의 광자 1개의 에너지는 $\frac{hc}{\lambda_B}=\frac{4hf_0}{3}$이고, Q의 일함수는 $h\times2f_0$이다. 따라서 Q에 B를 비출 때 광전자가 방출되지 않는다.

07 물질파와 이중 슬릿에 의한 간섭

정지 상태의 전자를 전압 V로 가속시켰을 때 전자의 운동 에너지(E)는 $E=eV$(e: 기본 전하량)이고, 전자의 물질파 파장(λ)은 $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2mE}}=\frac{h}{\sqrt{2meV}}$($m$: 전자의 질량)이다. 이중 슬릿의 슬릿 간격을 d, 이중 슬릿과 형광판 사이의 거리를 L이라고 할 때, 간섭무늬의 이웃한 밝은 무늬 사이의 간격(Δx)은 $\Delta x=\frac{L\lambda}{d}$이다.

ㄱ. (가), (나)에서 물질파 파장은 각각 $\frac{h}{\sqrt{2meV_0}}$, $\frac{h}{\sqrt{8meV_0}}$이다. 따라서 가속 장치에서 방출된 전자의 물질파 파장은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

~~ㄴ~~. (가)에서 $x_0=\frac{L_0}{d}\times\frac{h}{\sqrt{2meV_0}}$이고, (나)에서 ㉠$=\frac{L_0}{d}\times\frac{h}{\sqrt{8meV_0}}$이다. 따라서 ㉠은 $\frac{1}{2}x_0$이다.

ㄷ. (가)에서 $x_0=\frac{L_0}{d}\times\frac{h}{\sqrt{2meV_0}}$이고, (다)에서 $x_0=\frac{㉡}{d}\times\frac{h}{\sqrt{8meV_0}}$이다. 따라서 ㉡은 $2L_0$이다.

08 보어의 수소 원자 모형과 물질파

양자수가 n일 때 전자의 원운동 궤도의 반지름을 r_n이라고 하면 전자에 작용하는 전기력의 크기 $F_n=k\frac{e^2}{r_n^2}$(e: 기본 전하량)이고 문제에서 $F_n=\frac{F_0}{n^4}$이므로, $n=1$일 때 전자의 원운동 궤도의 반지름을 r_0이라고 하면 $r_n=r_0n^2$이다. 양자수가 n일 때 전자의 물질파 파장을 λ_n이라고 하면 $2\pi r_n=n\lambda_n$이 성립하고 $r_n=r_0n^2$을 대입하면 $\lambda_n=2\pi r_0n$이다.

~~ㄱ~~. $2\pi r_n=n\lambda_n$이므로 양자수가 n인 상태일 때 원운동 궤도의 둘레는 물질파 파장의 n배이다. 따라서 A, B, C는 각각 $n=1$, $n=4$, $n=2$인 상태이다. 따라서 Ⅰ은 $n=1$인 상태에서 $n=4$인 상태로 전이하는 과정이므로 빛을 흡수하는 과정이다.

ㄴ. $\lambda_n=2\pi r_0n$이므로 전자의 물질파 파장은 B에서가 A에서의 4배이다.

~~ㄷ~~. Ⅰ에서 흡수하는 광자 1개의 에너지(E_{I})는 $E_{\mathrm{I}}=-\frac{E_0}{16}-(-E_0)=\frac{15E_0}{16}$이고, Ⅱ에서 방출하는 광자 1개의 에너지($E_{\mathrm{II}}$)는 $E_{\mathrm{II}}=-\frac{E_0}{16}-\left(-\frac{E_0}{4}\right)=\frac{3E_0}{16}$이다. 빛의 파장과 에너지는 반비례하므로 방출 또는 흡수하는 빛의 파장은 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 5배이다.

15 불확정성 원리

수능 2점 테스트					본문 197~198쪽
01 ③	02 ①	03 ②	04 ④	05 ③	06 ①
07 ⑤	08 ④				

01 불확정성 원리

하이젠베르크의 불확정성 원리에 따르면 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다.

ㄱ. 입자의 위치를 측정할 때 빛의 파장이 짧을수록 위치를 정확히 측정할 수 있으므로 '위치'는 ㉠으로 적절하다.

ㄴ. 불확정성 원리에 따르면 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없으므로 위치의 불확정성이 감소하면 운동량의 불확정성은 증가(㉡)한다.

~~ㄷ~~. 위치의 불확정성과 운동량의 불확정성은 측정 과정에서 발생하는 것으로 위치(㉠)의 불확정성과 운동량의 불확정성의 곱은 항상 $\frac{\hbar}{2}$($\hbar=\frac{h}{2\pi}$, h: 플랑크 상수)보다 크거나 같다.

02 불확정성 원리

하이젠베르크의 불확정성 원리에 따르면 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다.

ㄱ. 측정 과정에서 광자의 에너지 중 일부가 전자에 전달되어 전자의 운동량이 변한다.

~~ㄴ~~. 광자의 진동수가 클수록 파장이 짧으므로 전자의 위치의 불확정성이 작다.

~~ㄷ~~. 광자의 파장이 길수록 광자의 에너지가 작으므로 전자의 운동량 변화도 작다. 따라서 광자의 파장이 길수록 전자의 운동량의 불확정성이 작다.

03 불확정성 원리

슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향 위치의 불확정성이 클수록 y축 방향 운동량의 불확정성은 작다.

~~ㄱ~~. 입자의 운동량의 크기가 클수록 물질파 파장은 짧으므로 슬릿을 통과하기 전 전자의 물질파 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 길다.

ㄴ. 슬릿의 폭이 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향 위치의 불확정성은 (가)에서가 (나)에서보다 작다.

~~ㄷ~~. 슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향 위치의 불확정성은 (가)에서가 (나)에서보다 작으므로 슬릿을 통과하는 전자의 y축 방향 운동량의 불확정성은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

04 보어의 수소 원자 모형과 불확정성 원리

보어의 수소 원자 모형에서 전자는 양자 조건을 만족하는 안정된 원 궤도를 따라 운동한다.

A. 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 원운동 궤도의 반지름은 양자수에 따라 정확히 주어진다. 따라서 양자수가 1인 상태일 때, 전자와 원자핵 사이의 거리는 일정하다.

B. 보어의 수소 원자 모형에서 전자의 속력은 양자수에 따라 정확히 주어진다. 따라서 안정된 원 궤도를 따라 운동하는 전자의 속력은 일정하다.

~~C~~. 보어의 수소 원자 모형에서 안정된 원 궤도를 따라 운동하는 전자의 궤도 반지름과 운동량은 정확히 주어진다. 따라서 전자의 상태는 불확정성 원리를 만족하지 않는다.

05 불확정성 원리

불확정성 원리에 의하면 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다.

A. 전자가 슬릿을 통과할 때 운동량의 불확정성으로 인하여 경로가 바뀔 수 있다.

B. 현대적 원자 모형은 불확정성 원리를 포함하는 원자 모형으로, 전자의 위치를 전자구름 형태로 나타낸다.

~~C~~. 불확정성 원리에 의하면 위치의 불확정성 Δx와 운동량의 불확정성 Δp의 곱 $\Delta x\Delta p$는 항상 특정한 값$\left(\frac{\hbar}{2}\right)$보다 크거나 같다. 전자의 원 궤도 중심 방향의 운동량이 0이면 $\Delta x\Delta p=0$이 되므로 보어의 원자 모형은 불확정성 원리에 위배된다.

06 현대적 원자 모형

현대적 원자 모형에서는 전자의 위치를 정확히 알 수 없고 전자의 위치를 확률로 설명한다.

A. 현대적 원자 모형에서 전자의 에너지 준위는 양자수(n)에 따라 불연속적으로 주어진다.

~~B~~. 현대적 원자 모형에서 전자의 위치를 확률로 설명하므로 전자와 원자핵 사이의 거리를 정확히 알 수 없다.

~~C~~. 양자수(n)가 같으면 전자의 에너지가 같다.

07 보어의 원자 모형과 현대적 원자 모형

보어의 원자 모형에서는 양자수에 따라 전자의 궤도 반지름이 정확하게 주어진다. 반면, 현대적 원자 모형에서는 전자의 위치를 정확히 알 수 없고 확률로 설명한다.

~~ㄱ~~. 전자가 양자 조건을 만족하는 원 궤도에서 운동하지 않는 A는 현대적 원자 모형이고, B는 보어의 원자 모형이다.

ㄴ. 보어의 원자 모형에서 전자는 양자 조건을 만족하는 원 궤도에서 등속 원운동을 한다.
ㄷ. 현대적 원자 모형은 불확정성 원리를 만족하고, 보어의 원자 모형은 불확정성 원리를 만족하지 않는다. 따라서 '불확정성 원리를 만족한다.'는 (가)에 해당한다.

08 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형

보어의 수소 원자 모형에서는 전자가 특정한 원 궤도를 따라 운동하고, 현대적 수소 원자 모형에서는 전자의 위치를 전자구름 형태로 나타낸다.
~~ㄱ~~. (가)는 보어의 수소 원자 모형이고, (나)는 현대적 수소 원자 모형이다.
ㄴ. 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형에서 양자수 n일 때 전자의 에너지(E_n)는 $E_n=-\frac{E_0}{n^2}$(E_0: $n=1$일 때 전자의 에너지)으로 동일하다.
ㄷ. 현대적 원자 모형은 불확정성 원리를 포함하는 원자 모형으로 전자의 위치를 확률로 설명한다.

수능 3점 테스트 본문 199~200쪽

01 ② 02 ① 03 ④ 04 ③

01 불확정성 원리

불확정성 원리에 따르면 입자의 위치의 불확정성과 운동량의 불확정성의 곱은 항상 특정한 값$\left(\frac{\hbar}{2}\right)$보다 크거나 같다.
~~ㄱ~~. 전자의 위치의 불확정성이 (나)에서가 (가)에서보다 작으므로 빛의 진동수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다($f_1<f_2$).
ㄴ. 전자의 위치의 불확정성이 (나)에서가 (가)에서보다 작으므로 운동량의 불확정성은 (나)에서가 (가)에서보다 크다($\Delta p_1<\Delta p_2$).
~~ㄷ~~. 광자의 에너지 중 일부가 전자에 전달되므로 $f_1>f_1'$이다.

02 불확정성 원리

슬릿을 통과하는 전자의 위치의 불확정성은 슬릿의 폭이 클수록 크고, 전자의 운동량의 불확정성은 전자의 위치의 불확정성이 클수록 작다. 회절 무늬 중앙의 밝은 무늬의 폭(D)은 전자의 물질파 파장이 길수록 크고, 슬릿의 폭이 클수록 작다.
ㄱ. 슬릿을 통과하는 전자의 y방향 운동량의 불확정성이 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크므로 y방향 위치의 불확정성은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다. 따라서 슬릿의 폭도 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다(㉠$>d_0$).
~~ㄴ~~. 슬릿의 폭은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크고, 회절 무늬 중앙의 밝은 무늬의 폭은 Ⅰ, Ⅱ에서 서로 같다. 따라서 가속 장치에서 방출된 전자의 물질파 파장은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 길다.
~~ㄷ~~. 가속 장치에서 방출된 전자의 물질파 파장이 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 길므로 전자의 운동 에너지는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 크다. 정지 상태에서 가속된 전자의 운동 에너지는 가속 전압이 클수록 크므로 ㉡은 V_0보다 크다.

03 보어의 수소 원자 모형과 불확정성 원리

불확정성 원리에 따르면 입자의 위치의 불확정성과 운동량의 불확정성의 곱은 항상 특정한 값$\left(\frac{\hbar}{2}\right)$보다 크거나 같다.
ㄱ. 보어의 수소 원자 모형에서 전자는 양자 조건(㉠)을 만족하는 원 궤도에서 등속 원운동을 한다.
ㄴ. (가)에 물질파 이론을 적용하면 $2\pi r=n\lambda$이다. 따라서 양자수가 2인 상태일 때, 전자가 운동하는 원 궤도의 둘레는 전자의 물질파 파장의 2배이다.
~~ㄷ~~. 불확정성 원리에 의하면 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 측정할 수 없다. 따라서 (다)로부터 보어의 수소 원자 모형이 불확정성 원리에 위배됨을 알 수 있다.

04 보어의 수소 원자 모형과 현대적 수소 원자 모형

보어의 수소 원자 모형에 물질파 이론을 적용하면 전자의 원 궤도의 둘레는 전자의 물질파 파장의 정수배이다.

$$2\pi r=n\lambda$$

(r: 원 궤도의 반지름, n: 양자수, λ: 전자의 물질파 파장)
ㄱ. 전자가 운동하는 원 궤도의 둘레는 $2\pi R$이고 전자의 물질파 파장은 πR이다. 원 궤도의 둘레가 물질파 파장의 2배이므로 $N=2$이다.
ㄴ. (가), (나)에서 양자수가 서로 같으므로 전자의 에너지도 서로 같다.
~~ㄷ~~. 보어의 수소 원자 모형에서 $n=1$일 때 전자의 원 궤도의 반지름은 R보다 작으므로 원자핵으로부터 거리가 R보다 큰 영역에서 전자를 발견할 수 없다. 따라서 $n=1$일 때, 원자핵으로부터 거리가 R보다 큰 영역에서 전자가 발견될 확률은 보어의 수소 원자 모형에서가 현대적 수소 원자 모형에서보다 작다.

한눈에 보는 정답 EBS 수능특강 물리학 Ⅱ

01 힘과 평형

수능 2점 테스트 본문 8~9쪽

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

수능 3점 테스트 본문 10~14쪽

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

02 물체의 운동(1)

수능 2점 테스트 본문 23~25쪽

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

수능 3점 테스트 본문 26~31쪽

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

03 물체의 운동(2)

수능 2점 테스트 본문 40~42쪽

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

수능 3점 테스트 본문 43~47쪽

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

04 일반 상대성 이론

수능 2점 테스트 본문 54~55쪽

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

수능 3점 테스트 본문 56~60쪽

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

05 일과 에너지

수능 2점 테스트 본문 70~73쪽

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

수능 3점 테스트 본문 74~81쪽

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

06 전기장과 정전기 유도

수능 2점 테스트 본문 88~90쪽

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

수능 3점 테스트 본문 91~94쪽

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

07 저항의 연결과 전기 에너지

수능 2점 테스트 본문 99~100쪽

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

수능 3점 테스트 본문 101~104쪽

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

08 트랜지스터와 축전기

수능 2점 테스트 본문 110~112쪽

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

수능 3점 테스트 본문 113~116쪽

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

09 전류에 의한 자기장

수능 2점 테스트 본문 123~125쪽

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

수능 3점 테스트 본문 126~130쪽

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

10 전자기 유도와 상호유도

수능 2점 테스트 본문 137~139쪽

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

수능 3점 테스트 본문 140~144쪽

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

11 전자기파의 간섭과 회절

수능 2점 테스트 본문 151~153쪽

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

수능 3점 테스트 본문 154~158쪽

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

12 도플러 효과와 전자기파의 송수신

수능 2점 테스트 본문 165~167쪽

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

수능 3점 테스트 본문 168~172쪽

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

13 볼록 렌즈에 의한 상

수능 2점 테스트 본문 177~178쪽

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

수능 3점 테스트 본문 179~183쪽

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

14 빛과 물질의 이중성

수능 2점 테스트 본문 188~189쪽

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

수능 3점 테스트 본문 190~193쪽

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

15 불확정성 원리

수능 2점 테스트 본문 197~198쪽

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

수능 3점 테스트 본문 199~200쪽

01 ② 02 ① 03 ④ 04 ③