

01.⑤	02.③	03.①	04.④	05.③	06.②	07.④	08.②	09.③	10.⑤
11.①	12.①	13.⑤	14.③	15.④	16.②	17.③	18.②	19.⑤	20.①

1. 힘의 합성

[정답맞히기] $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$ 이므로 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$ 이다.

$\vec{F}_1$ 의 x 축성분, y 축성분은 각각 $+1\text{N}$, -2N 이고, $\vec{F}_2$ 의 x 축성분, y 축성분은 각각 $+4\text{N}$, $+2\text{N}$ 이다. 따라서 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ 의 x 축성분, y 축성분은 각각 $+5\text{N}$, 0 이므로 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$ 를 만족하는 $\vec{F}_3$ 의 x 축성분, y 축성분은 각각 -5N , 0 이다. 그러므로 $\vec{F}_3$ 의 크기는 5N 이다.

정답⑤

2. 케플러 법칙

[정답맞히기] A. 타원 궤도의 법칙에 따라 위성은 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 공전한다. 따라서 행성의 중심은 타원 궤도의 두 초점 중 한 곳에 있다.

B. 면적 속도 일정의 법칙에 따라 위성의 속력은 행성과 가까울수록 빠르다. 따라서 위성의 속력은 p에서가 q에서보다 크다.

정답 ③

[오답피하기] C. 위성에 작용하는 중력의 크기는 행성과 위성 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 위성에 작용하는 중력의 크기는 p에서가 q에서보다 크다.

3. 탈출 속력

[정답맞히기] ㄱ. 천체의 표면에서 탈출 속력은 $\sqrt{\frac{\text{질량}}{\text{반지름}}}$ 에 비례한다. (가)에서 속력

v 는 A의 탈출 속력(v_A)보다 작고, (나)에서 속력 v 는 B의 탈출 속력(v_B)보다 크다.

천체의 반지름은 A와 B가 같으므로 질량은 A가 B보다 크다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. A의 탈출 속력(v_A)이 v 보다 크므로 P는 A의 중력을 벗어나지 못하고 돌아온다.

ㄷ. 블랙홀은 탈출 속력이 빛의 속력보다 큰 천체이다. B의 탈출 속력(v_B)은 v 보다 작고, v 는 빛의 속력보다 작다. 따라서 B는 블랙홀이 아니다.

4. 원운동

[정답맞히기] ㄴ. 물체가 반지름이 r 인 등속 원운동을 할 때, 속력(v)과 각속도(ω)의 관계식은 $v = r\omega$ 이다. 따라서 물체의 속력은 $v = 3\text{m} \times 2\text{rad/s} = 6\text{m/s}$ 이다.

ㄷ. 구심력의 크기는 $F = mr\omega^2 = 1\text{kg} \times 3\text{m} \times (2\text{rad/s})^2 = 12\text{N}$ 이다.

정답 ④

[오답피하기] ㄱ. 등속 원운동을 하는 물체의 가속도의 방향은 항상 원의 중심(원점 O)을 향하므로 p, q에서 가속도의 방향은 각각 $-y$ 방향, $+x$ 방향이다. 따라서 p와 q에서 가속도의 방향은 서로 수직이다.

5. 일반 상대성 이론

[정답맞히기] ㄱ. B가 관측할 때 광원에서 방출된 빛이 P에 도달하므로 빛은 $+y$ 방향으로 휘어지며 진행하고, 이는 우주선 내부에서 관성력이 $+y$ 방향으로 작용한 결과이다. 관성력의 방향은 가속 좌표계의 가속도 방향과 반대 방향이므로 A가 관측할 때, B의 가속도의 방향은 $-y$ 방향이다.

ㄴ. P와 O 사이의 거리, O와 Q 사이의 거리가 같으므로 관성력에 의해 빛이 휘어지는 정도는 같다. 따라서 A가 관측할 때, B가 탄 우주선의 가속도의 크기와 C가 탄 우주선의 가속도의 크기는 같으므로 C의 가속도의 크기는 a_0 이다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. C가 관측할 때 광원에서 방출된 빛이 Q에 도달하므로 빛은 $-y$ 방향으로 휘어지며 진행하고, 이는 우주선 내부에서 관성력이 $-y$ 방향으로 작용한 결과이다. 따라서 C가 관측할 때, C에 작용하는 관성력의 방향은 $-y$ 방향이다.

6. 트랜지스터

[정답맞히기] ㄷ. n-p-n 트랜지스터에서 증폭 작용이 일어날 때, 이미터 단자(E)와 베이스 단자(B) 사이에는 순방향 바이어스가 걸리므로 $V_B > V_E$ 이고, 컬렉터 단자(C)와 베이스 단자(B) 사이에는 역방향 바이어스가 걸리므로 $V_C > V_B$ 이다. 따라서 B, C, E 중에서 C의 전위가 가장 높다. **정답②**

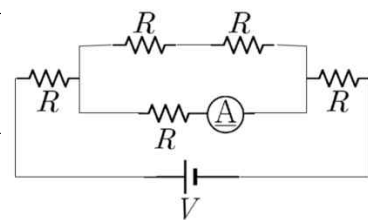
[오답피하기] ㄱ. 회로 기호에서 화살표가 베이스 단자(B)에서 이미터 단자(E)로 향하고 있으므로 트랜지스터는 n-p-n형이다.

ㄴ. n-p-n형 트랜지스터에서 증폭 작용이 일어날 때, 컬렉터 단자(C)와 베이스 단자(B)로 전류가 들어가고 이미터 단자(E)로 전류가 나온다. 따라서 C에 흐르는 전류의 방향은 $\odot$ 이다.

7. 저항의 연결

[정답맞히기] 일반적인 저항의 연결 회로도를 그리면 다음과 같다.

병렬 연결된 3개의 저항의 합성 저항은 $\frac{2}{3}R$ 이므로 회로는 $R - \frac{2}{3}R - R$ 로 직렬 연결된 형태이다. 직렬 연결에서



는 저항 양단에 걸리는 전압의 비와 저항의 비가 같으므로 병렬 연결된 저항 R 에 걸리는 전압은 $\frac{1}{4}V$ 이다. 따라서 전류계에 흐르는 전류의 세기 I 는 옴의 법칙에 의해

$$I = \frac{\frac{1}{4}V}{R} = \frac{V}{4R} \text{이다.}$$

정답④

8. 단진동

[정답맞히기] ㄴ. 실의 길이를 l , 중력 가속도를 g 라 할 때, 단진자에서 단진동의 주기는 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 이다. A, B의 주기를 각각 T_A , T_B 라고 하면 $\frac{T_A}{T_B} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}} = \frac{2t_0}{t_0}$ 이므로 $l_1 = 4l_2$ 이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. A가 최고점에서부터 맞은편 최고점까지 도달하는 데 걸린 시간이 t_0 이므로 A의 단진동의 주기는 $2t_0$ 이다.

ㄷ. A에서 $h_0 = l_1(1 - \cos\theta)$ 이고, B의 최고점과 최저점의 높이차를 h_B 라고 하면 $h_B = l_2(1 - \cos\theta)$ 이므로 $h_0 = 4h_B$ 이다. B가 최고점에서 최저점까지 운동하는 동안 역학적 에너지가 보존되므로 B의 최대 속력을 $v_{\max}$ 라고 하면 $mgh_B = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$ 에서 $v_{\max} = \sqrt{2gh_B} = \sqrt{\frac{gh_0}{2}}$ 이다.

9. 열의 일당량

[정답맞히기] ㄱ. 실이 당기는 힘이 한 일(W)은 액체가 얻은 열량(Q)과 같다. 일은 힘(F)과 힘이 작용하는 거리(S)의 곱이고, W 와 Q 는 열의 일당량(J)과 $W = JQ$ 의 관계가 성립하므로 $FS = JQ$ 이다. 일정한 속도(0.2m/s)로 잡아당기므로 $S = 0.2 \times t$ 이다. 따라서 실험 I에서 액체가 얻은 열량(Q_1)은 $42 \times 0.2 \times 100 = 4.2 \times Q_1$ 이므로 $Q_1 = 200\text{cal}$ 이다.

ㄴ. 액체의 비열, 질량을 각각 c , m 이라 할 때 $Q = cm\Delta T$ 이다.

I에서 $200 = c \times 0.4 \times 0.5$ 이므로 $c = 1000\text{cal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. 실험 II에서 힘이 작용하는 시간은 I에서의 $\frac{1}{5}$ 배이므로 액체가 얻은 열량은 II에서가 I에서의 $\frac{1}{5}$ 배이다. 따라서 액체의 온도 변화량도 II에서가 I에서의 $\frac{1}{5}$ 배이므로 ㉠은 0.10 이다.

10. 정전기 유도

[정답맞히기] ㄱ. 음(-)으로 대전된 막대 P에는 전자가 있으므로 P를 A에 접촉시키면 P의 전자는 A로 이동한다.

ㄷ. (다)에서 C는 음(-)전하를 띠고 있으므로, 대전되지 않은 부도체 D 내부에는 유전 분극이 일어나 C에 가까운 쪽에는 양(+)전하가, 먼 쪽에는 음(-)전하가 분포하게 된다. 그 결과 D는 C와의 인력에 의해 C 쪽으로 끌려간다. 정답⑤

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 A에 접촉돼 있던 P를 치우면 A는 음(-)으로 대전되므로 A에 가까운 B쪽에는 양(+)전하가 유도되고 A와 먼 C쪽에는 음(-)전하가 유도된다. 이후, B와 C를 분리하면 B는 양(+)으로, C는 음(-)으로 대전된다.

11. 상호유도

2차 코일에 생기는 유도 기전력 V 는 Δt 동안 1차 코일에 흐르는 전류의 변화량 ΔI_1 에 비례한다. ($V \propto \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$)

[정답맞히기] $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ 는 (나)에서 그래프의 기울기에 해당하고, 2차 코일에 생기는 유도 기전력은 2차 코일에 흐르는 전류(I_2)와 비례한다. 따라서 $t_0 \sim 1.5t_0$ 동안 $I_2 = 0$ 이고, $0 \sim t_0$, $1.5t_0 \sim 2t_0$ 동안 I_2 의 비는 2:1이다.

또한, I_2 에 의해 2차 코일을 통과하는 자기장의 방향은 $0 \sim t_0$ 동안은 왼쪽 방향, $1.5t_0 \sim 2t_0$ 동안은 오른쪽 방향이므로, q에 흐르는 전류의 방향은 $0 \sim t_0$ 동안은 ↓ 방향, $1.5t_0 \sim 2t_0$ 동안은 ↑ 방향이다.

정답①

12. 전자기 유도

[정답맞히기] ㄱ. 유도 전류는 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다. I에서 A의 운동에 의한 유도 전류의 방향과 II에서 B의 운동에 의한 유도 전류의 방향은 시계 반대 방향으로 서로 같다. 따라서 B의 속력이 v 일 때, p에 흐르는 유도 전류의 방향은 -y 방향이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. A, B의 속력이 v 로 같을 때, 유도 기전력의 크기는 $2B_0lv + B_0(2l)v = 4B_0lv$ 이고, A, B의 속력이 각각 v , $2v$ 일 때, 유도 기전력의 크기는 $2B_0lv + B_0(2l)(2v) = 6B_0lv$ 이다. 유도 전류의 세기는 유도 기전력의 크기에 비례하므로 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{6B_0lv}{4B_0lv} = \frac{3}{2}$ 에서 $I_2 = \frac{3}{2}I_1$ 이다.

ㄷ. B의 속력이 $2v$ 일 때, 저항 양단에 걸리는 유도 기전력의 크기는 $6B_0lv$ 이다.

13. 일과 에너지

[정답맞히기] ㄱ. 마찰 구간 I에서 물체는 등속도 운동을 하므로 물체의 중력 퍼텐셜 에너지 감소량 mgh 가 물체의 역학적 에너지 감소량이다. I과 II에서 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 같고 구간의 길이는 II에서가 I에서의 2배이므로 마찰력이 물체에 한 일도 II에서가 I에서의 2배이다. 따라서 II에서 물체의 역학적 에너지 감소량은 $2mgh$ 이다.

ㄴ. p에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$ 이므로 q에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{5}{2}mv^2$ 이다.

ㄷ. p에서 q까지 운동하는 동안 역학적 에너지 감소량은 mgh 이므로

$\frac{1}{2}mv^2 + 5mgh - mgh = \frac{5}{2}mv^2$ 이다. 따라서 $v = \sqrt{2gh}$ 이다.

그러므로 q에서 물체의 속력은 $\sqrt{5}v = \sqrt{10gh}$ 이다.

ㄹ. I, II, III에서 물체의 역학적 에너지 감소량의 합은 $3mgh + F_0d$ 이다. p부터 III에

서 정지할 때까지 물체의 역학적 에너지 감소량은 $3mgh + F_0d = \frac{1}{2}mv^2 + mg(5h - 2h)$ 이

고, p에서 물체의 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ 이므로 $3mgh + F_0d = 4mgh$ 이다.

따라서 $F_0 = \frac{mgh}{d}$ 이다.

정답⑤

14. 축전기의 전기 용량과 전기 에너지

[정답맞히기] ㄱ. 축전기 양단에 걸리는 전압이 같을 때, 축전기에 충전되는 전하량은 전기 용량에 비례한다. A, B의 양단에 걸리는 전압이 $2V_0$ 으로 같을 때, A, B에 충전된 전하량이 각각 $3Q_0$, Q_0 이므로 전기 용량은 B가 A의 3배이다.

ㄷ. 축전기에 충전된 전하량이 Q , 축전기 양단에 걸리는 전압이 V 일 때, 축전기에 저장된 전기 에너지 $E = \frac{1}{2}QV$ 이다. 따라서 전압이 $2V_0$ 일 때, A에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}Q_0(2V_0) = Q_0V_0$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. 전기 용량은 B가 A의 3배이므로 $3\left(\epsilon_1 \frac{S}{d}\right) = (\epsilon_1 + \epsilon_2) \frac{S}{2d}$ 에서 $\epsilon_2 = 5\epsilon_1$ 이다.

15. 물체의 평형

[정답맞히기] 막대 A와 B를 연결한 실에 걸리는 힘의 크기를 각각 T_1 , T_2 라 할 때, F 의 크기가 최소일 때 $T_1 = 0$ 이고, F 의 크기가 최대일 때 $T_2 = 0$ 이다.

< F 의 크기가 최소일 때>

B에 작용하는 힘의 돌림힘의 평형

식은 $2L \times 2mg = 3L \times T_2$ 이므로 $T_2 = \frac{4}{3}mg$ 이다.

A에 작용하는 힘의 돌림힘의 평형식은 $L \times \frac{4}{3}mg + 2L \times mg = 4L \times T_{\text{최소}}$ 이므로

$T_{\text{최소}} = \frac{5}{6}mg$ 이다.

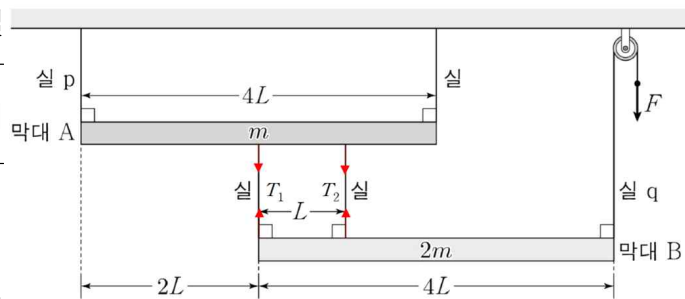
< F 의 크기가 최대일 때>

B에 작용하는 힘의 돌림힘의 평형식은 $2L \times 2mg = 4L \times T_1$ 이므로 $T_1 = mg$ 이다.

A에 작용하는 힘의 돌림힘의 평형식은 $2L \times mg + 2L \times mg = 4L \times T_{\text{최대}}$ 이므로 $T_{\text{최대}} = mg$ 이다.

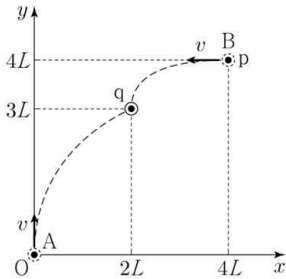
따라서 $\frac{T_{\text{최소}}}{T_{\text{최대}}} = \frac{\frac{5}{6}mg}{mg} = \frac{5}{6}$ 이다.

정답④



16. 등가속도 운동

[정답맞히기] A, B가 등가속도 운동을 하는 동안 가속도가 같으므로 x 방향과 y 방향의 속도 변화량은 서로 같다. x 방향과 y 방향의 속도 변화량의 크기를 각각 v_x , v_y 라고 하면 각 위치에서 두 물체의 속도의 x 방향 성분과 y 방향 성분은 다음과 같다.



속도 성분	A의 위치	
	O	q
x 방향 성분	0	v_x
y 방향 성분	v	$v - v_y$

속도 성분	B의 위치	
	p	q
x 방향 성분	$-v$	$-v + v_x$
y 방향 성분	0	$-v_y$

A, B가 등가속도 운동을 하는 동안 x 방향으로는 각각 $2L$ 만큼 이동하므로 평균 속도의 x 방향 성분의 크기는 같다. 따라서 $\frac{v_x}{2} = \frac{v + (v - v_x)}{2}$ 에서 $v_x = v$ 이다. 또한 y 방향으로는 A, B가 각각 $3L$, L 만큼 이동하므로 평균 속도의 y 방향 성분의 크기는 A가 B의 3배이다. 따라서 $\frac{v + (v - v_y)}{2} = 3(\frac{v_y}{2})$ 에서 $v_y = \frac{1}{2}v$ 이다. 가속도의 x 성분과 y 성분의 크기를 각각 a_x , a_y 라고 하면 A의 운동에서 $2a_x(2L) = v^2$ 이고, $2a_y(3L) = v^2 - (\frac{1}{2}v)^2$ 이므로 $a_x = \frac{v^2}{4L}$, $a_y = \frac{v^2}{8L}$ 이다. 따라서 가속도의 크기는 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{\sqrt{5}v^2}{8L}$ 이다.

정답②

17. 전류에 의한 자기장

[정답맞히기] O에서 A에 의한 자기장의 세기를 B 라할 때, O에서 A, B, C에 의한 자기장의 세기와 방향은 표와 같다.

도선	자기장	자기장
A	$\times B$	$\times B$
B	B_B	B_B
C	$\downarrow \frac{1}{3}B$	$\downarrow B$
O에서 자기장의 세기	B_0	$\sqrt{5}B_0$

($\times$: xy 평면에 수직으로 들어가는 방향, $\downarrow$: $-y$ 방향)

O에서 A와 B에 의한 자기장을 B_{AB} 이라 하면,

$$\sqrt{B_{AB}^2 + \frac{1}{9}B^2} = B_0, \quad \sqrt{B_{AB}^2 + B^2} = \sqrt{5}B_0 \text{ 이다.}$$

두 식을 연립하면 $B_{AB} = \frac{\sqrt{2}}{2}B_0$, $B = \frac{3\sqrt{2}}{2}B_0$ 이다.

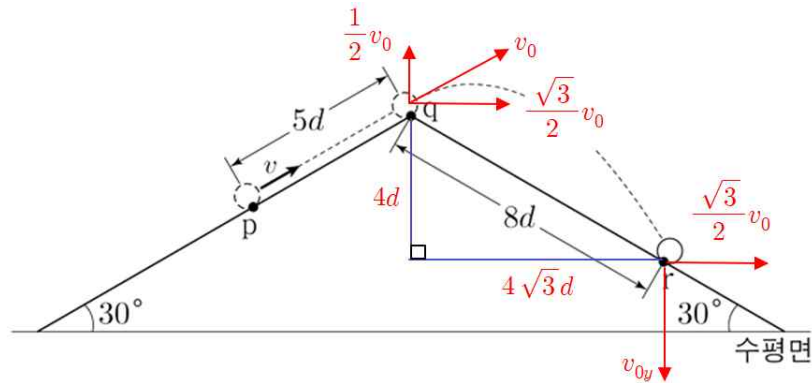
O에서 B에 의한 자기장의 방향을 xy 평면에 수직으로 나오는 방향으로 가정하면,

$$\frac{3\sqrt{2}}{2}B_0 - B_B = \frac{\sqrt{2}}{2}B_0 \text{이므로 } B_B = \sqrt{2}B_0 \text{이다.}$$

정답③

18. 포물선 운동

[정답맞히기] q에서 물체의 속도의 크기를 v_0 , r에서 물체의 속도의 y 성분의 크기를 v_{0y} 라 하고 속도 성분을 나타내면 다음과 같다.



물체가 q에서 r까지 포물선 운동을 하는 동안, 평균 속도의 수평 성분의 크기는 연직 성분 크기의 $\sqrt{3}$ 배이므로 $\frac{v_{0y} - \frac{1}{2}v_0}{2} : \frac{\sqrt{3}}{2}v_0 = 1 : \sqrt{3}$ 에서 $v_{0y} = \frac{3}{2}v_0$ 이고, 이때 연직 방향으로 $4d$ 만큼 이동하므로 $2g(4d) = (v_{0y})^2 - (\frac{1}{2}v_0)^2$ 에서 $v_0 = 2\sqrt{gd}$ 이다. 물체가 p에서 q까지 운동하는 동안, 가속도의 크기는 $\frac{1}{2}g$ 이므로 $2(\frac{1}{2}g)(5d) = v^2 - v_0^2$ 에서 $v = 3\sqrt{gd}$ 이다.

정답②

19. 전기장

O에서 A, B에 의한 전기장의 y 성분은 각각 $-k\frac{q}{4d^2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$, $+k\frac{2q}{4d^2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$ 이므로

$$E_0 = \frac{q}{4d^2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{이다.}$$

[정답맞히기] ㄱ. O에서 A, B에 의한 전기장의 x 성분은 각각 $+k\frac{q}{4d^2} \times \frac{1}{2}$, $+k\frac{2q}{4d^2} \times \frac{1}{2}$ 이므로 A와 B에 의한 전기장의 x 성분은 $k\frac{3q}{4d^2} \times \frac{1}{2} = \sqrt{3}E_0$ 이다.

ㄴ. C를 $x=d$ 에 고정할 때, $E_x=0$ 이므로 O에서 C에 의한 전기장의 크기는 $k\frac{3q}{8d^2}$ 이

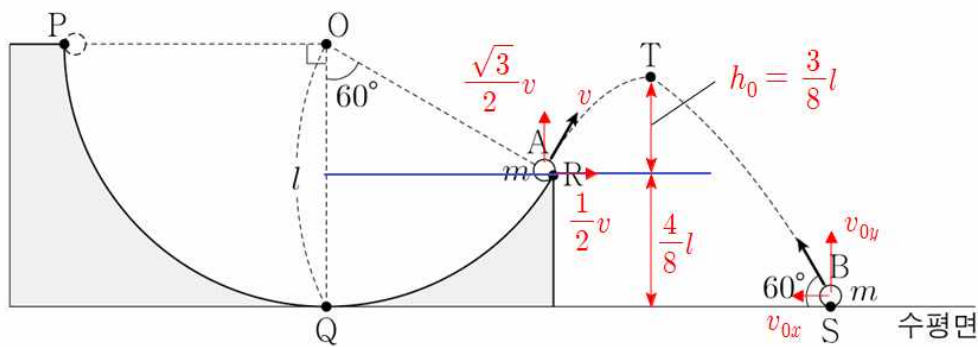
다. O에서 A와 B에 의한 전기장의 x 성분과 C에 의한 전기장의 크기는 같고, $k\frac{q_C}{d^2}$ 이

므로 $q_C = \frac{3}{8}q$ 이다.

ㄷ. C를 $x = -d$ 에 고정할 때, O에서 A와 B에 의한 전기장의 x 성분과 C에 의한 전기장은 크기와 방향이 같으므로 $E_1 = 2\sqrt{3}E_0$ 이다. 정답⑤

20. 역학적 에너지 보존

R에서 A의 속도의 크기를 v , R과 T 사이의 높이차를 h_0 , S에서 B의 속도의 수평 성분의 크기와 연직 성분의 크기를 각각 v_{0x} , v_{0y} 라고 하고 속도 성분을 나타내면 다음과 같다.



[정답맞히기] R의 높이는 $l(1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}l$ 이고, A가 P에서 R까지 원 궤도를 따라

운동하는 동안과 R에서 T까지 포물선 운동을 하는 동안, 각각 역학적 에너지가 보존
되므로 $mgl = mg(\frac{l}{2}) + \frac{1}{2}mv^2 \cdots \textcircled{1}$ 이고, $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(\frac{1}{2}v)^2 + mgh_0 \cdots \textcircled{2}$ 이다. ①, ②에서

$v = \sqrt{gl}$, $h_0 = \frac{3}{8}l$ 이다. T는 A의 최고점이므로 A, B가 포물선 운동을 하는 동안 연직
방향의 속도 변화량의 크기는 $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ 로 같다. A, B가 포물선 운동을 하는 동안 연직

방향의 평균 속도의 크기는 $\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}v}{2} : \frac{[v_{0y} + (v_{0y} - \frac{\sqrt{3}}{2}v)]}{2} = \frac{3}{8}l : \frac{7}{8}l$ 에서 $v_{0y} = \frac{5\sqrt{3}}{6}v$ 이

다. 따라서 $v_{0x} = \frac{5}{6}v$ 이다. T에서 B의 속도의 수평 방향과 연직 방향의 크기는 각각

$\frac{2\sqrt{3}}{6}v$, $\frac{5}{6}v$ 이므로 B가 T에 도달할 때, B의 운동 에너지는

$$\frac{1}{2}m \left[\left(\frac{2\sqrt{3}}{6}v \right)^2 + \left(\frac{5}{6}v \right)^2 \right] = \frac{37}{72}mv^2 = \frac{37}{72}mgl \text{이다.}$$

정답①