

2021년 한국중학생물리대회

문제지

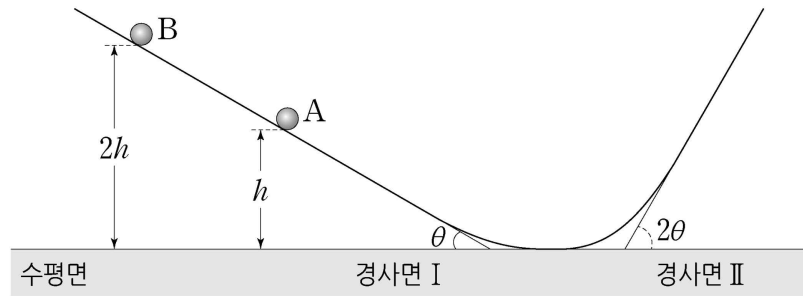
13:30 ~ 16:30

총 16쪽 (표지 포함)

수험번호	
학교명	
성명	

작성자 : 한국물리학회

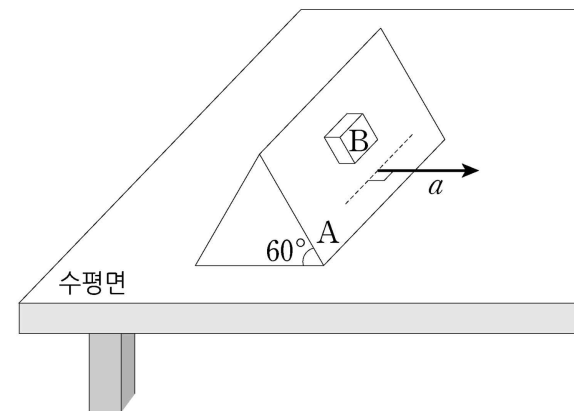
- 1 그림과 같이 질량이 같은 물체 A, B가 수평면으로부터 높이 h , $2h$ 인 지점에서 동시에 정지 상태에서 출발하여 경사면을 따라 운동한다. 경사면 I에서 출발한 A, B는 최저점을 지나 경사면 II에서 탄성 충돌한다. I과 II의 경사각은 각각 θ , 2θ 이다.



충돌 후 수평면으로부터 A의 최고 높이는? (단, 물체의 크기와 마찰은 무시한다.)

(답) $2h$

- 2 그림과 같이 단면이 정삼각형인 삼각기둥 모양의 물체 A가 크기가 a 인 일정한 가속도로 수평면 위에서 운동하고 있다. A의 측면에 물체 B가 놓인 상태에서, B가 미끄러지지 않고 A와 함께 운동하고 있다. A와 B 사이의 정지마찰계수는 $\frac{1}{2}$ 이다.

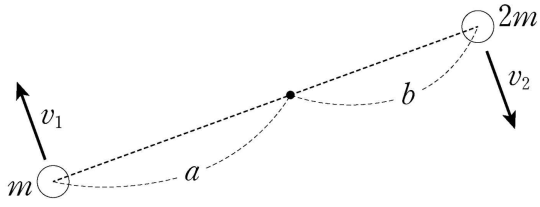


B가 미끄러지지 않을 a 의 최솟값은? (단, A의 가속도의 방향은 A의 중심축에 수직인 방향이고, 중력가속도는 g 이며, 공기저항은 무시한다.)

(답) $(5\sqrt{3}-8)g$

작성자 : 한국물리학회

- 3 그림은 질량이 m , $2m$ 인 두 별이 각각 속력 v_1 , v_2 로 한 점을 중심으로 공전하는 것을 나타낸 것이다. 두 별은 각각 반지름 a , b 인 원궤도를 따라 공전한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력상수는 G 이다.)

<보기>

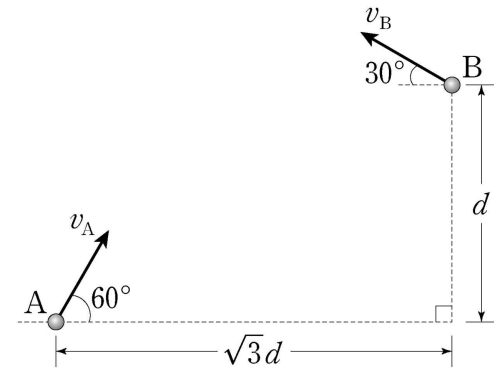
ㄱ. $\frac{a}{b} = 20$ 이다.

ㄴ. $\frac{v_1}{v_2} = 20$ 이다.

ㄷ. 질량이 m 인 별의 공전주기는 $6\pi\sqrt{\frac{b^3}{Gm}}$ 이다.

(답) ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 4 그림과 같이 수평 거리가 $\sqrt{3}d$, 높이 차이가 d 인 두 지점에서 물체 A, B를 각각 수평면과 60° , 30° 의 각으로 v_A , v_B 의 속력으로 동시에 던졌더니, A와 B가 동일 연직면상에서 각각 포물선 운동을 하였다. A와 B가 운동하는 동안 A와 B 사이 거리의 최솟값은 d 이다.

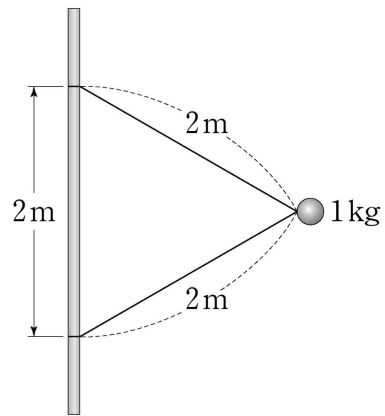


$\frac{v_A}{v_B}$ 는?

(답) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

작성자 : 한국물리학회

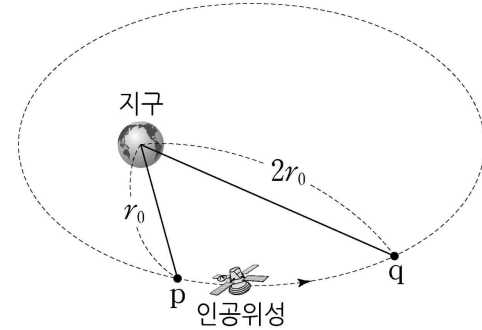
- 5 그림과 같이 물체가 연직 방향의 막대에 실로 연결되어 두 실이 팽팽한 상태에서 각속도가 ω 인 등속 원운동을 하고 있다.



ω 의 최솟값은? (단, 중력가속도는 10 m/s^2 이고, 막대의 두께와 물체의 크기는 무시한다.)

(답) $\sqrt{10}\text{ rad/s}$

- 6 그림은 지구를 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 인공위성이 운동하는 것을 나타낸 것이다. p, q는 지구로부터 각각 r_0 , $2r_0$ 만큼 떨어진 궤도상의 점이다. p에서 인공위성의 중력 퍼텐셜 에너지는 $-E_0$ 이다.



인공위성의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구에서 무한히 멀리 떨어진 지점에서 인공위성의 중력 퍼텐셜 에너지는 0이다.)

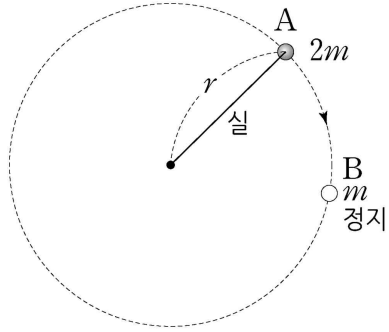
<보기>

- ㄱ. 가속도의 크기는 p에서가 q에서의 4배이다.
- ㄴ. 속력은 p에서가 q에서의 2배이다.
- ㄷ. 운동에너지는 p에서가 q에서보다 E_0 만큼 크다.

(답) ㄱ

작성자 : 한국물리학회

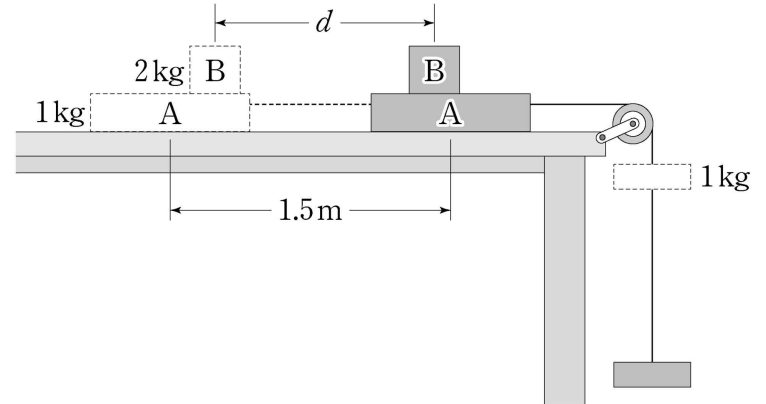
- 7 그림과 같이 수평면에서 물체 A가 실에 연결되어 일정한 속력 v 로 반지름이 r 인 원궤도를 따라 운동하고 있다. 물체 B를 원궤도 위의 한 점에 가만히 놓았더니, A와 B는 충돌 후 한 덩어리가 되어 같은 궤도에서 등속원운동을 하였다. A, B의 질량은 각각 $2m$, m 이고, 충돌 전과 후에 실이 물체를 당기는 힘의 크기는 각각 T_1 과 T_2 이다.



$\frac{T_1}{T_2}$ 은? (단, 물체의 크기와 마찰은 무시한다.)

(답) $\frac{3}{2}$

- 8 그림은 마찰이 없는 수평면에서 질량이 1 kg 인 물체 A에 질량이 2 kg 인 물체 B를 올려놓고 질량이 1 kg 인 추에 실로 연결했을 때, A, B와 추가 운동하는 것을 나타낸 것이다. A와 B가 운동하는 동안, A와 B 사이에 일정한 마찰력이 작용한다. A, B가 정지 상태에서 0 초일 때 출발하여 1 초 동안 이동한 거리는 각각 1.5 m , d 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력가속도는 10 m/s^2 이고, 도르래의 질량과 마찰, 공기저항은 무시한다.)

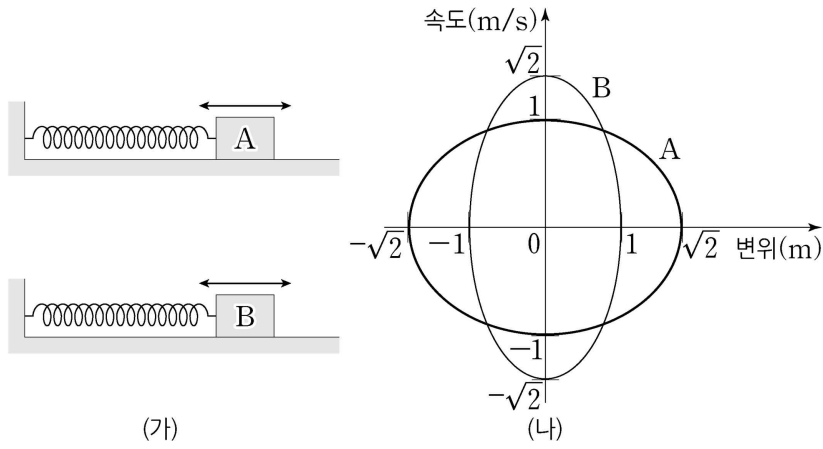
<보기>

- ㄱ. $d = 1\text{ m}$ 이다.
- ㄴ. 1 초일 때, A의 운동에너지는 4.5 J 이다.
- ㄷ. 1 초 동안 B에 작용하는 마찰력이 한 일은 4 J 이다.

(답) ㄱ, ㄴ, ㄷ

작성자 : 한국물리학회

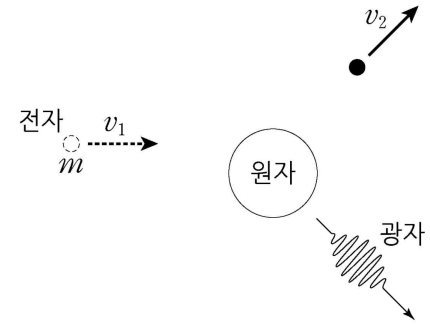
- 9 그림 (가)는 서로 다른 용수철에 연결된 물체 A, B가 각각 단진동 하는 것을 나타낸 것이고, (나)는 (가)에서 A, B의 속도와 변위를 나타낸 것이다. A, B의 가속도 크기의 최댓값은 각각 a_A , a_B 이다.



$\frac{a_A}{a_B}$ 는?

(답) $\frac{\sqrt{2}}{4}$

- 10 그림과 같이 질량이 m 인 전자가 고정되어 있는 원자와 충돌한다. 충돌 직전과 직후 전자의 속력은 각각 v_1 , v_2 이고, 충돌로 인해 들뜬 원자는 진동수가 10^{15} Hz인 광자를 방출하며 충돌 전의 상태로 돌아간다.



방출된 광자에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 플랑크 상수 $h = 6 \times 10^{-34}$ J·s이고, 빛의 속력은 3×10^8 m/s이다.)

<보기>

ㄱ. 진동수는 $\frac{2m(v_1^2 - v_2^2)}{h}$ 과 같다.

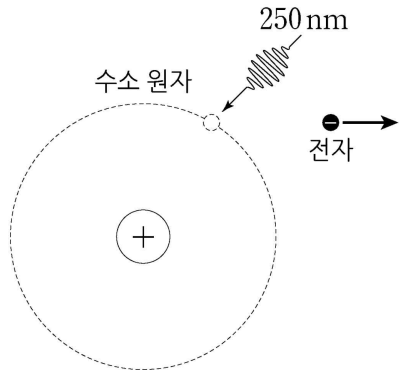
ㄴ. 운동량은 2×10^{-27} kg·m/s이다.

ㄷ. 에너지는 10^{-18} J이다.

(답) ㄴ

작성자 : 한국물리학회

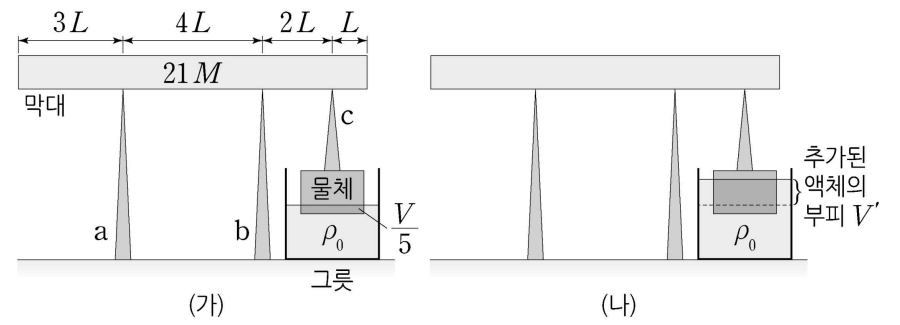
- 11 그림과 같이 양자수가 n 인 상태의 수소 원자에 파장이 250 nm 인 빛을 비췄더니 수소 원자가 이온화되었다. 수소 원자에서 분리된 전자의 운동에너지는 3.95 eV 이다. 양자수가 n 인 상태에 있는 수소 원자의 에너지는 $-\frac{13.6}{n^2}\text{ eV}$ 이다.



n 은? (단, 플랑크 상수는 $4 \times 10^{-15}\text{ eV}\cdot\text{s}$ 이며, 빛의 속력은 $3 \times 10^8\text{ m/s}$ 이다.)

(답) 4

- 12 그림 (가)와 같이 질량이 $21M$ 이고 길이가 $10L$ 인 막대가 받침대 a, b, c 위에서 수평으로 정지해 있다. c 아래에는 부피가 V 이고 질량이 M 인 직육면체 물체가 있고, 물체는 밀도가 ρ_0 인 액체 속에 부피 $\frac{V}{5}$ 만큼 잠긴 채 정지해 있다. 그릇 바닥 면적은 물체 바닥 면적의 3배이다. a가 막대를 미는 힘의 크기는 $11Mg$ 이고, a, b, c의 질량은 무시한다. 그림 (나)는 (가)의 그릇에 액체를 부피 V' 만큼 추가했을 때, b가 막대를 미는 힘이 0이 된 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력가속도는 g 이다. 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 모든 마찰은 무시한다.)

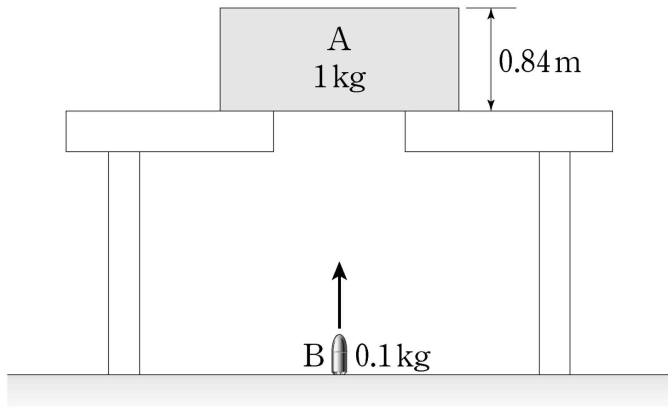
—<보기>—

- ㄱ. (가)에서 b가 막대를 미는 힘의 크기는 $9Mg$ 이다.
 ㄴ. 물체의 밀도는 $\frac{\rho_0}{15}$ 이다.
 ㄷ. $V' = \frac{6}{5}V$ 이다.

(답) ㄱ, ㄷ

작성자 : 한국물리학회

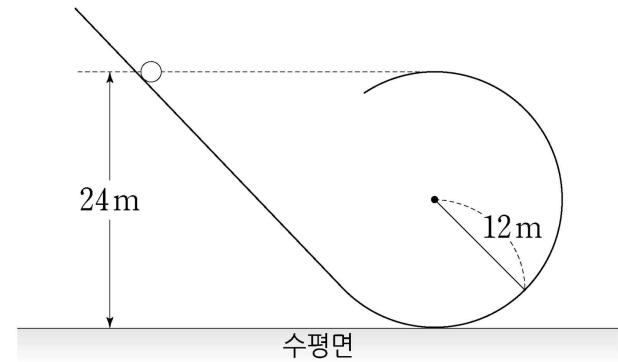
- 13 그림과 같이 구멍이 뚫린 책상 위에 높이가 0.84m인 물체 A가 놓여 있다. 총알 B를 연직 방향으로 발사하였더니 A와 충돌하기 직전의 속력은 15 m/s이다. B가 A를 관통하는 데 걸린 시간은 0.1초이고, A와 B 사이에는 일정한 마찰력 f 가 작용했다. A, B의 질량은 각각 1 kg, 0.1 kg이다.



f 의 크기는? (단, 중력가속도는 10 m/s^2 이다. A와 B는 회전하지 않고, A와 B의 질량은 변하지 않으며, B의 크기와 공기저항은 무시한다.)

(답) 12 N

- 14 그림과 같이 높이 24 m인 지점에 물체를 가만히 놓았더니, 물체는 빗면을 따라 내려간 후 반지름이 12 m인 원형 궤도에 진입하여 운동하다가 궤도를 이탈하였다. 물체가 궤도에서 이탈한 후 수평면으로부터 물체의 최고점의 높이는 h 이다.

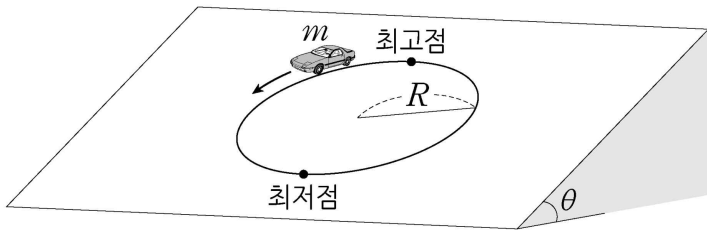


h 는? (단, 중력가속도는 10 m/s^2 이다. 물체는 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기, 모든 마찰, 공기저항은 무시한다.)

(답) $\frac{200}{9} \text{ m}$

작성자 : 한국물리학회

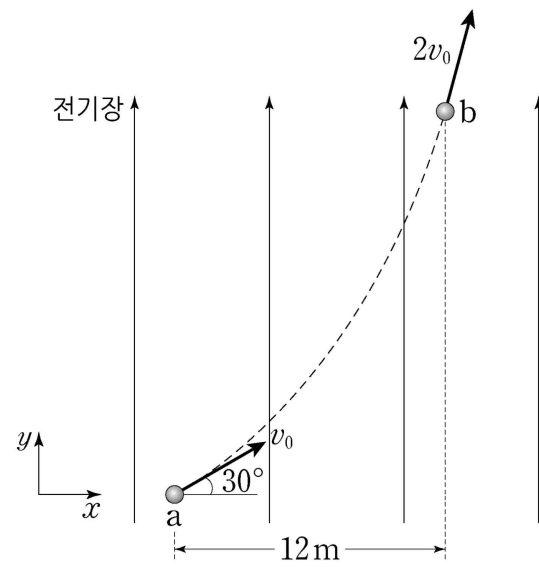
- 15 그림과 같이 경사각이 θ 인 경사면에서 질량이 m 인 자동차가 반지름이 R 인 등속 원운동을 하고 있다. 경사면과 바퀴 사이의 마찰력의 방향은 최고점과 최저점에서 같고, 크기는 최저점에서가 최고점에서의 2배이다. 자동차 바퀴는 경사면에서 미끄러지지 않고 구르는 운동을 한다.



자동차의 속력은? (단, 중력가속도는 g 이고, 공기저항과 자동차의 크기는 무시한다.)

(답) $\sqrt{\frac{Rg \sin \theta}{3}}$

- 16 그림과 같이 세기가 $\frac{1}{2}$ N/C인 균일한 전기장이 $+y$ 방향으로 걸려 있다. 질량이 m , 전하량이 $+q$ 인 입자가 x 축과 30° 의 각을 이루며 속력 v_0 으로 점 a를 지난다. 입자가 점 b를 지날 때 입자의 속력은 $2v_0$ 이다. 입자는 xy 평면상에서 운동한다.

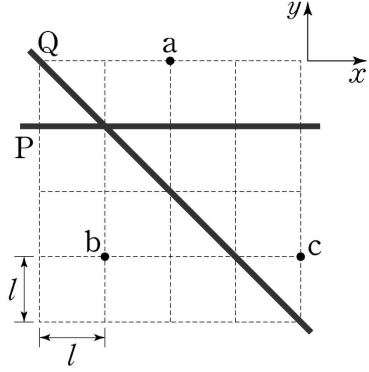


a와 b 사이의 전위차는?

(답) $(\sqrt{39} + \sqrt{3})V$

작성자 : 한국물리학회

- 17 그림과 같이 xy 평면에 고정된 가늘고 무한히 긴 직선 도선 P, Q에 각각 방향과 세기가 일정한 전류가 흐른다. 표는 전하량과 질량이 다른 점전하가 각각 a, b, c 지점을 지날 때, 점전하의 속도와 가속도를 나타낸 것이다.



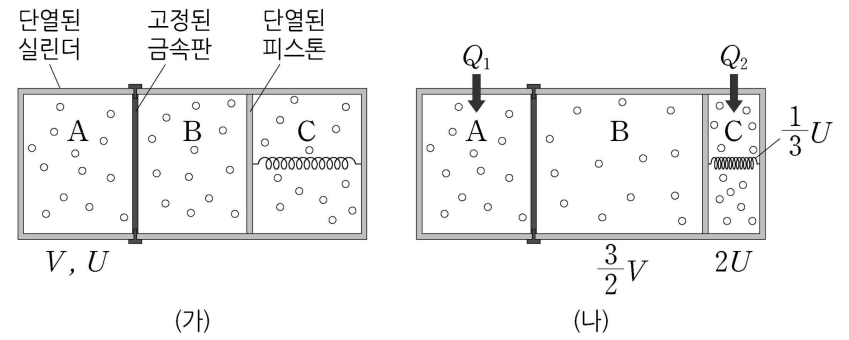
지점	전하량 (C)	질량 (kg)	속도		가속도	
			크기 (m/s)	방향	크기 (m/s ²)	방향
a	+2	4	2	$+x$	3	$-y$
b	+1	2	4	$-y$	2	$+x$
c	-2	6	3	$+y$	㉠	㉡

㉠, ㉡으로 옳은 것은? (단, 점전하에는 P, Q에 의한 자기력만 작용한다.)

(답) ㉠ ㉡

 4 $+x$

- 18 그림 (가)와 같이 고정된 금속판과 단열된 피스톤에 의해 분리된 실린더에 같은 양의 동일한 단원자 분자 이상기체 A, B, C가 들어 있다. A, B, C의 압력과 부피는 같다. C에는 용수철이 피스톤과 실린더에 연결되어 있다. (가)에서 A의 부피는 V , 내부에너지는 U 이다. 그림 (나)는 (가)의 A와 C에 각각 열량 Q_1 , Q_2 를 서서히 가했더니 피스톤이 이동하여 정지한 모습을 나타낸 것이다. (나)에서 B의 부피는 $\frac{3}{2}V$, C의 내부에너지는 $2U$, 용수철에 저장된 에너지는 $\frac{1}{3}U$ 이다.



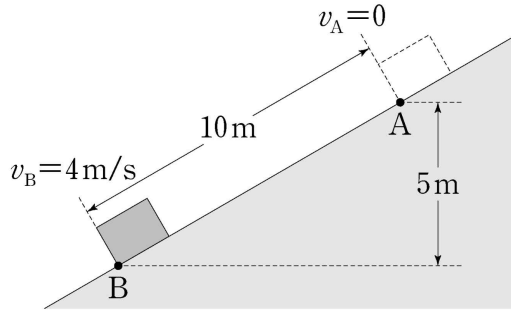
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 피스톤의 마찰, 금속판과 용수철이 흡수한 열량은 무시한다.)

- <보기>—————
- ㄱ. (나)에서 C가 피스톤을 미는 힘의 크기는 용수철이 피스톤을 미는 힘의 크기의 2배이다.
- ㄴ. B의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 6배이다.
- ㄷ. $Q_1 + Q_2 = \frac{52}{3}U$ 이다.

(답) ㄱ, ㄴ, ㄷ

작성자 : 한국물리학회

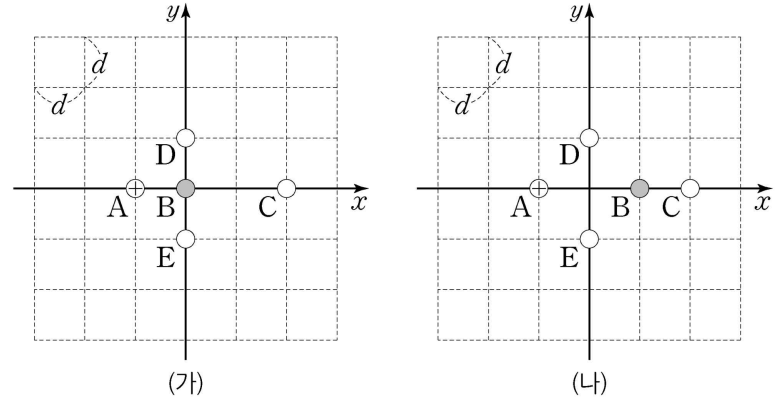
- 19 그림과 같이 질량이 20kg인 물체가 빗면을 따라 점 A에서 점 B까지 거리 10m만큼 이동하는 동안 높이는 5m만큼 감소했다. A, B에서 물체의 속력은 각각 0, 4m/s이다. 마찰력이 한 일은 모두 열에너지로 전환된다.



물체가 A에서 B까지 이동하는 동안 발생한 열에너지는? (단, 중력가속도는 10 m/s^2 이고, 열의 일당량은 4.2 J/cal 이다. 공기저항은 무시한다.)

(답) 200 cal

- 20 그림 (가)는 점전하 A, B, C, D, E가 xy 평면에 고정되어 있는 모습을, (나)는 (가)의 B를 $+x$ 방향으로 d 만큼 이동시킨 모습을 나타낸 것이다. A는 양(+)전하이므로, (가), (나)에서 B에 작용하는 전기력은 0이다.

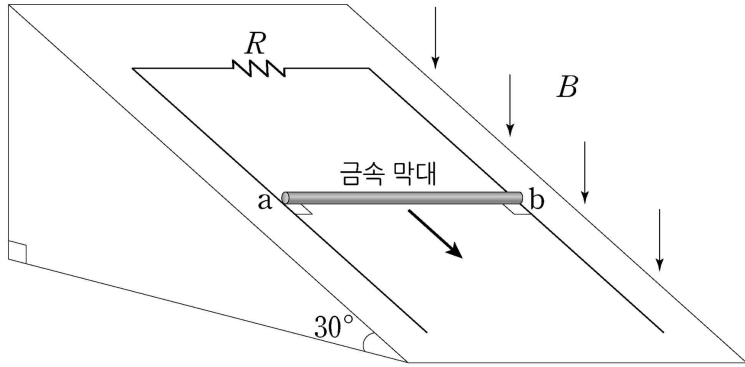


전하량의 크기는 D가 C의 몇 배인가?

(답) $\frac{15\sqrt{2}}{16}$

작성자 : 한국물리학회

- 21 그림과 같이 경사각이 30° 인 경사면 위에 고정된 회로에 금속 막대를 가만히 놓았더니, 금속 막대가 경사면을 따라 미끄러져 내려왔다. 세기가 4T 인 균일한 자기장 B 가 연직 아래 방향을 향하고 있다. 금속 막대의 길이는 1m 이고, 질량은 1kg 이며, 금속 막대의 전기 저항은 없다. 저항의 저항값 R 는 3Ω 이다.



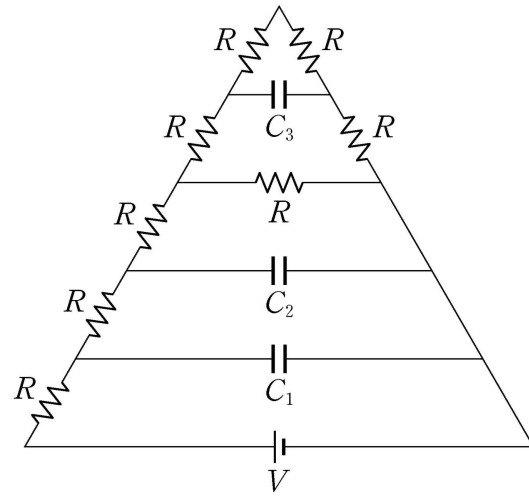
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 중력가속도는 10m/s^2 이고, 공기저항 및 마찰은 무시한다.
경사면과 도선의 길이는 금속 막대가 종단속도에 도달할 만큼 충분히 길다.)

<보기>

- ㄱ. 금속 막대에 흐르는 유도전류의 방향은 $a \rightarrow b$ 이다.
ㄴ. 금속 막대의 속력이 1m/s 일 때, 금속 막대에 작용하는 자기력의 크기는 4N 이다.
ㄷ. 금속 막대에 흐르는 유도전류의 최댓값은 $\frac{5\sqrt{3}}{6}\text{A}$ 이다.

(답) ㄱ, ㄷ

- 22 그림과 같이 저항값이 R 인 저항 8개와 전기용량이 C_1, C_2, C_3 인 축전기 3개가 전압이 V 인 직류전원장치에 연결되어 있다. 충분한 시간이 지났을 때, 전기용량이 C_2, C_3 인 축전기에 저장된 전하량은 같고, 전기용량이 C_1 인 축전기에 저장된 전기에너지는 전기용량이 C_3 인 축전기에 저장된 전기에너지의 7배가 되었다.

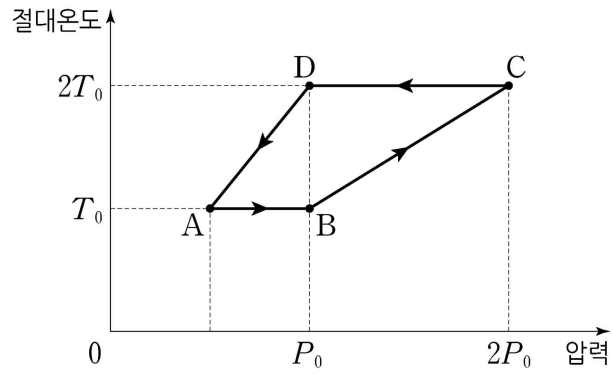


$C_1 : C_2 : C_3$ 는?

(답) 9 : 14 : 63

작성자 : 한국물리학회

- 23 그림은 1몰의 단원자 분자 이상기체가 상태 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 를 따라 변할 때 이상기체의 절대온도와 압력을 나타낸 것이다. $B \rightarrow C$, $D \rightarrow A$ 과정은 등적과정이다.

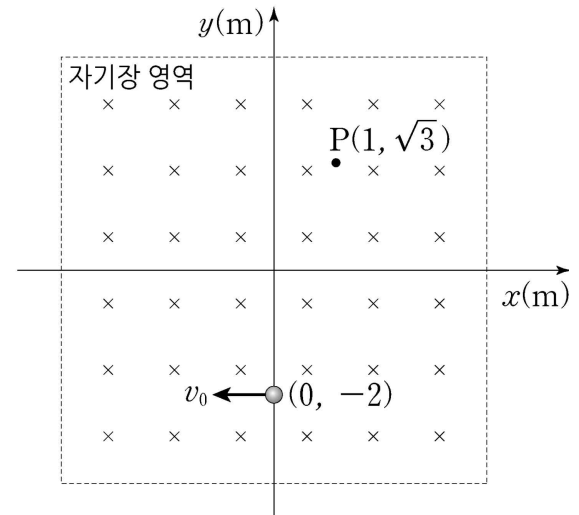


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. A에서 압력은 $\frac{P_0}{2}$ 이다.
 - ㄴ. $C \rightarrow D$ 과정에서 기체가 한 일은 $A \rightarrow B$ 과정에서 기체가 받은 일과 같다.
 - ㄷ. 엔트로피는 $C \rightarrow D$ 과정에서 증가한다.

(답) ㄱ, ㄷ

- 24 그림과 같이 균일한 자기장 영역에서 질량이 1 kg이고 전하량이 -1 C인 물체를 y 축 상의 $y = -2$ m인 지점에서 $-x$ 방향으로 속력 v_0 으로 발사하였더니, xy 평면상의 $x = 1$ m, $y = \sqrt{3}$ m인 점 P를 지났다. 자기장의 세기는 1 T이고, 방향은 xy 평면에 수직으로 들어가는 방향이다.

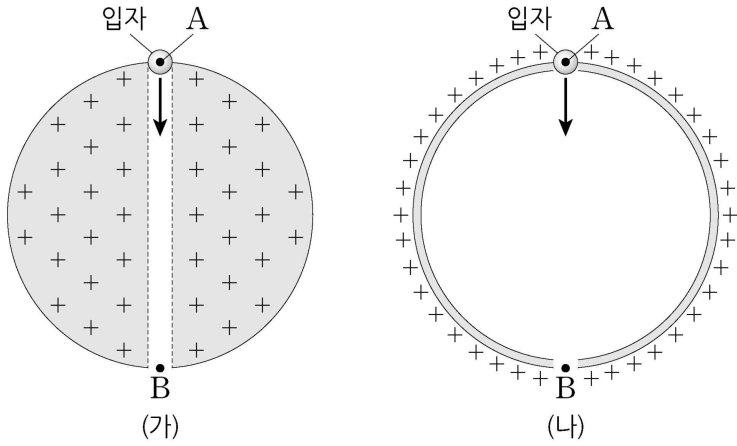


v_0 은? (단, 물체에는 자기력만 작용한다.)

(답) 2 m/s

작성자 : 한국물리학회

- 25 그림 (가)는 구의 중심을 지나는 터널이 있는 고정된 구에 전하량 Q 가 균일하게 대전된 모습을, (나)는 구멍이 있는 고정된 구 껍질에 전하량 Q 가 균일하게 대전된 모습을 나타낸 것이다. (가)의 구와 (나)의 구 껍질의 반지름은 같다. (가), (나) 모두 점 A에서 전하량 $-Q$ 인 입자를 구의 중심 방향으로 속력 v_0 으로 발사하였더니, 점 B를 지났다.



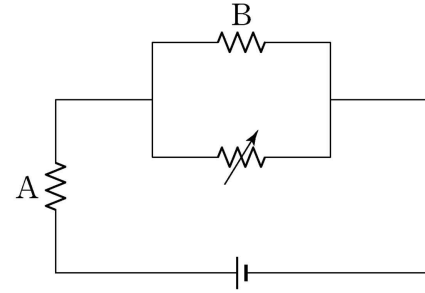
입자의 운동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 입자의 운동으로 구와 구 껍질의 전하 분포는 변하지 않으며, 입자의 크기 및 중력은 무시한다.)

—<보기>—

- ㄱ. (가)에서 입자가 발사된 순간부터 처음 B를 지나는 순간까지 입자는 등가속도 운동을 한다.
- ㄴ. 입자가 발사된 순간부터 처음 B를 지나는 순간까지 걸리는 시간은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.
- ㄷ. 입자가 B를 처음 지난 순간부터 두 번째로 지나는 순간까지 걸리는 시간은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

(답) ㄴ, ㄷ

- 26 그림은 저항 A, B, 가변저항, 전지를 연결한 회로를 나타낸 것이다.



가변저항의 저항값을 증가시킬 때, A와 B의 소비전력의 변화로 옳은 것은?

A의 소비전력

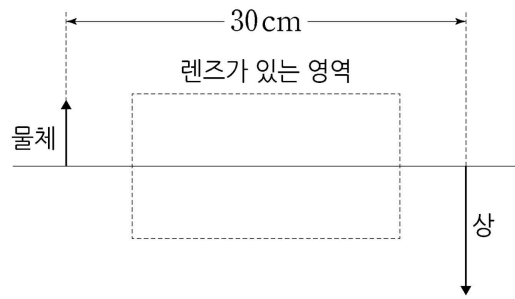
B의 소비전력

(답) 감소한다.

증가한다.

작성자 : 한국물리학회

- 27 그림은 공기 중에서 물체의 오른쪽에 얇은 렌즈를 두었더니, 물체로부터 30 cm 떨어진 지점에 상이 형성된 것을 나타낸 것이다. 상의 크기는 물체의 크기의 2배이다.



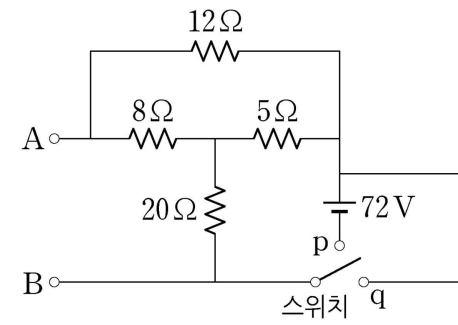
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 공기의 굴절률은 1이다.)

<보기>

- ㄱ. 렌즈는 오목렌즈이다.
- ㄴ. 물체와 렌즈 사이의 거리는 렌즈의 초점 거리보다 크다.
- ㄷ. 물체와 렌즈 사이의 거리는 10 cm이다.

(답) ㄴ, ㄷ

- 28 그림은 저항, 직류 전원으로 연결된 회로를 나타낸 것이다. 스위치를 p에 연결하였을 때, 점 A와 B 사이의 전압은 V 이고, 스위치를 q에 연결하였을 때, A와 B 사이의 저항값은 R 이다.



$$\frac{V}{R} \text{ 는?}$$

(답) $\frac{54}{5} \text{ A}$

작성자 : 한국물리학회

- 29 그림 (가), (나)는 반지름이 같은 원기둥 모양의 철 막대와 유리 막대에 각각 1차 코일과 2차 코일을 감은 것을 나타낸 것이다. 1차 코일과 2차 코일의 감은 수는 각각 N , $2N$ 이고, 길이는 각각 ℓ , 2ℓ 이며, 1차 코일과 2차 코일 사이의 거리는 같다. 1차 코일과 2차 코일의 자체 유도 계수는 (가)에서 L_1 , L_2 이고, (나)에서 L_3 , L_4 이다.

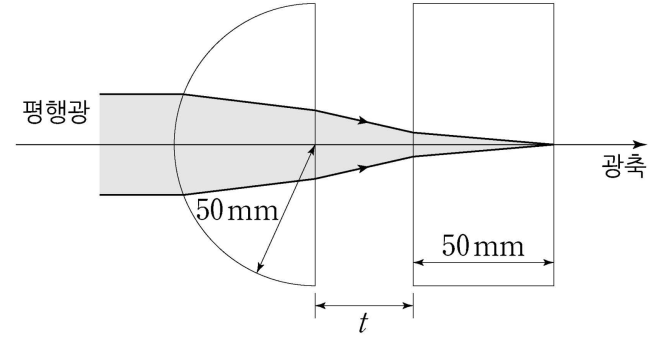


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보기>
- ㄱ. $L_1 = \frac{1}{2}L_2$ 이다.
 - ㄴ. $L_1 > L_3$ 이다.
 - ㄷ. 1차 코일과 2차 코일 사이의 상호 유도 계수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

(답) ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 30 그림과 같이 반지름이 50mm인 반구형 유리와 두께가 50mm인 직사각형 유리가 거리 t 만큼 떨어져 있다. 반구형 유리와 직사각형 유리의 굴절률은 1.5로 같다. 평행광이 반구형 유리에 광축과 나란하게 입사되어 직사각형 유리의 끝에 모인다.



t 는? (단, 공기의 굴절률은 1이다.)

(답) $\frac{100}{3}$ mm