

1. 그림은 수소 원자 모형에 대하여 학생 A, B, C가 대화하는 모습으로, ㉠과 ㉡은 보어의 원자 모형과 현대 원자 모형을 순서 없이 나타낸 것이다.

㉠은 불확정성 원리를 만족하는 모형이다. ㉡은 현대 원자 모형이다. ㉡에서 $n=1$ 상태에서 $n=2$ 상태로 전자가 전이할 때 전자기파가 방출돼.

양자수 $n=1$ 인 상태일 때 전자가 발견될 확률 분포를 나타낸 것. $n=1$ 인 상태일 때 양자 조건을 만족하는 원 궤도를 따라 운동하는 전자를 나타낸 것.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?
 ㉠ A ㉡ C ㉢ A, B ㉣ B, C ㉤ A, B, C

- ㉠은 현대 원자 모형이고 ㉡은 보어의 원자 모형입니다.
 A. 현대 원자 모형은 불확정성 원리를 만족합니다.
 B. ㉡은 보어의 원자 모형입니다.
 C. $n=2$ 일 때는 $n=1$ 일 때보다 에너지 준위가 높습니다. 그러므로 전자기파를 흡수합니다.

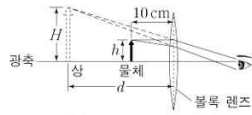
2. 다음은 전자기파의 수신에 대한 설명이다.

안테나에 수신된 전자기파에 의해 1차 코일에 교류 전류가 발생하고, 전자기 유도에 의해 수신 회로의 2차 코일에 [A]가 흐른다. 그리고 수신 회로의 [B]를 전자기파의 진동수와 같게 하면 공명이 일어나 수신 회로에 흐르는 전류의 세기가 최대가 된다.

- A, B로 가장 적절한 것은?
- ㉠ 유도 전류 공명 진동수 ㉡ 유도 전류 문턱 진동수
 ㉢ 광전류 공명 진동수 ㉣ 광전류 문턱 진동수
 ㉤ 직류 전류 공명 진동수

변압기의 기본적인 개념을 묻는 문항입니다.

3. 그림과 같이 초점 거리가 f 인 볼록 렌즈로부터 10cm만큼 떨어진 지점에 크기가 h 인 물체를 놓았더니 크기가 H 인 상이 생겼다.



볼록 렌즈와 상 사이의 거리는 d 이고, $\frac{H}{h} = 2.5$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기> $f(1 - \frac{1}{2.5}) = 10$
 $\frac{L}{2.5} f = \frac{50}{7}$

ㄱ. 상은 실상이다.
 ㄴ. $d = 25$ cm이다.
 ㄷ. $f = 20$ cm이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

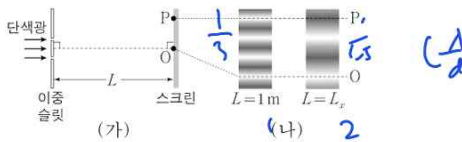
$a = (1 + \frac{1}{m})f$ 공식에 $m = -2.5$ 를 대입하면 $f = \frac{50}{3}$ cm를 얻습니다.

ㄱ. 허상입니다.

ㄴ. $d = 10 \times |m| = 10 \times 2.5 = 25$ cm입니다.

ㄷ. $f = \frac{50}{3}$ cm입니다.

4. 그림 (가)는 스크린으로부터 L 만큼 충분히 멀리 떨어진 이중 슬릿에 단색광을 비추는 모습을 나타낸 것으로, O와 P는 스크린상의 두 점이다. 그림 (나)는 (가)에서 L 이 각각 1m, L_x 일 때 스크린에 생기는 간섭무늬를 나타낸 것이다. O에서는 가장 밝은 무늬의 중심이 생기고, P에서는 $L = 1$ m일 때 O로부터 세 번째 밝은 무늬의 중심이, $L = L_x$ 일 때 O로부터 두 번째 어두운 무늬의 중심이 생긴다.

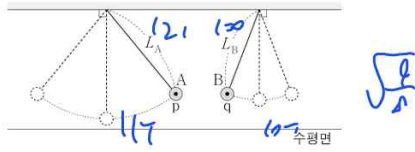


L_x 로 가장 적절한 것은? [3점]

- ① $\frac{2}{5}$ m ② $\frac{1}{2}$ m ③ $\frac{2}{3}$ m ④ 2m ⑤ 4m

이중 슬릿에서 스크린의 간섭무늬 간격은 $L \frac{\lambda}{d}$ 입니다. (나)는 (가)보다 간격이 2배 넓으므로 L_x 는 L 의 2배일 것입니다. 따라서 $L_x = 2$ m입니다.

5. 그림과 같이 길이가 L_A, L_B 인 실에 연결된 질량이 같은 추 A, B를 수평면으로부터 높이가 같은 점 p, q에서 동시에 가만히 놓았더니 각각 단진동을 하였다. A, B가 놓인 순간부터 p, q에 동시에 도달하는 데 걸리는 최소 시간은 t_0 이다. A, B의 진동 주기는 각각 T_A, T_B 이고, $\frac{L_B}{L_A} = \frac{100}{121}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 추의 크기와 실의 질량은 무시한다.)

<보 기>

ㄱ. $\frac{T_B}{T_A} = \frac{10}{11}$ 이다.

ㄴ. $t_0 = 10T_A$ 이다.

ㄷ. A와 B의 최대 운동 에너지는 같다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

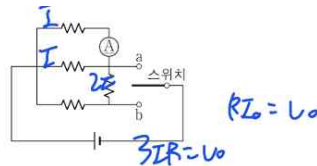
진자운동의 주기는 $\sqrt{\frac{l}{g}}$ 에 비례합니다.

ㄱ. $\frac{T_B}{T_A} = \sqrt{\frac{L_B}{L_A}} = \frac{10}{11}$ 입니다.

ㄴ. $T_B = \frac{11}{10}T_A$ 이므로 A의 주기와 B의 주기 모두의 정수배가 되는 최소 시간은 $11T_A$ 입니다.

ㄷ. A, B의 최대 운동 에너지는 알 수 없습니다.

6. 그림과 같이 저항값이 같은 저항 4개, 스위치, 전류계, 전압이 일정한 전원으로 회로를 구성하였다. 스위치를 a에 연결했을 때, 전류계에 흐르는 전류의 세기는 I_0 이다.



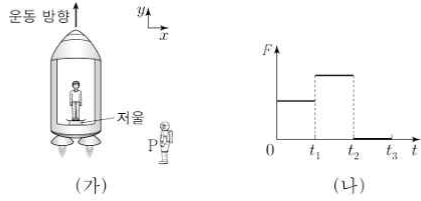
스위치를 b에 연결했을 때, 전류계에 흐르는 전류의 세기는? [3점]

- ① $\frac{1}{6}I_0$ ② $\frac{1}{3}I_0$ ③ $\frac{1}{2}I_0$ ④ $\frac{5}{6}I_0$ ⑤ $\frac{7}{6}I_0$

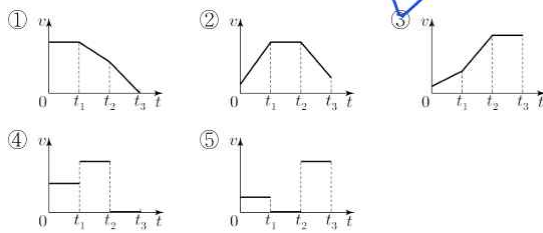
저항의 크기를 R , 전지의 전압을 V 라고 합시다. a에 연결한 상황에서는 $V = I_0R$ 을 얻습니다.

b에 연결한 상황을 생각해봅시다. 이때 전류계에 흐르는 전류를 I 라고 하면 바로 아래 저항에도 전류 I 가 흐릅니다. 그리고 위의 두 저항에서 흐르는 전류가 합쳐질 것입니다. 여기서 키르히호프 법칙을 쓰면 $V = IR + 2IR = 3IR = I_0R$ 이므로 $I = \frac{1}{3}I_0$ 입니다.

7. 그림 (가)는 텅 빈 우주 공간에서 정지한 관찰자 P에 대해 우주선이 +y 방향으로 직선 운동하고 있는 모습을, (나)는 우주선이 운동하는 동안 P가 관찰한 저울에서 측정된 힘 F 를 시간 t 에 따라 나타낸 것이다.

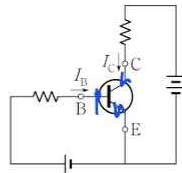


0~ t_3 동안 P가 관찰한 우주선의 속도 v 를 t 에 따라 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?



관성력의 기본적인 개념을 묻는 문항입니다. 계 내부에서는 계 전체 가속도와 크기가 같고 방향이 반대인 관성력이 작용한다는 것을 알면 쉽게 해결할 수 있는 문항이었습니다.

8. 그림과 같이 트랜지스터, 저항, 전압이 일정한 전원을 연결하여 구성된 회로에서 전류가 증폭되고 있다. B, C, E는 각각 베이스, 컬렉터, 이미터에 연결된 단자이고, B, C에는 세기가 각각 I_B , I_C 인 전류가 화살표 방향으로 흐른다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
- ㄱ. 트랜지스터는 p-n-p형이다.
 - ㄴ. B의 전위는 C의 전위보다 높다.
 - ㄷ. $I_C > I_B$ 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기본적인 트랜지스터 문항입니다. 트랜지스터 회로 기호에서 화살표는 항상 이미터와 베이스 사이를 연결하고 p→n 방향을 가리킨다고 생각하시면 됩니다. 해당 회로에서는 베이스가 p형이고 이미터가 n형임을 알 수 있습니다.

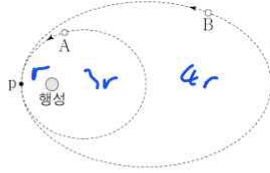
ㄱ. 베이스가 p형이므로 n-p-n 트랜지스터입니다.

ㄴ. C→B→E 방향으로 전류가 흐르므로 B의 전위는 C의 전위보다 높습니다.

ㄷ. 전류를 증폭하는 트랜지스터 회로에서는 항상 $I_C > I_B$ 입니다.

9. 그림과 같이 질량이 같은 위성

A, B가 행성을 한 초점으로 하는 타원 궤도를 따라 각각 공전하고 있다. 점 p는 A, B가 행성으로부터 가장 가까운 지점이다. A에 작용하는 중력의 크기는 A가 행성으로부터 가장 가까운 지점에서 $9F_0$ 이고 가장 먼 지점에서 F_0 이다. A, B의 공전 주기는 각각 $T, 2\sqrt{2}T$ 이고, B에 작용하는 중력의 크기의 최솟값은 F_B 이다.



F_B 는? (단, 위성에는 행성에 의한 중력만 작용한다.) [3점]

- ① $\frac{5}{49}F_0$ ② $\frac{1}{7}F_0$ ③ $\frac{9}{49}F_0$ ④ $\frac{11}{49}F_0$ ⑤ $\frac{2}{7}F_0$

케플러 법칙 기본 문항입니다.

B의 공전주기가 A의 공전주기의 $2\sqrt{2}$ 배이므로 B궤도의 장축 길이는 A궤도의 장축 길이의 2배입니다. A의 근일점 거리를 r 이라고 하면 원일점에서 만유인력이 $\frac{1}{9}$ 배이므로 A의 원일점 거리는 $3r$ 입니다. 따라서 A궤도의 장축 길이는 $r+3r=4r$ 이므로 B궤도의 장축 길이는 $8r$ 입니다. A, B의 근일점 거리는 r 로 동일하므로 B의 원일점 거리는 $8r-r=7r$ 입니다.

A와 B의 질량이 같으므로 A, B의 근일점에서 만유인력은 F_0 로 동일합니다. 그러므로

$$\frac{F_B}{F_0} = \frac{9}{49} \text{임을 알 수 있고 } F_B = \frac{9}{49}F_0 \text{입니다.}$$

10. 다음은 구심력에 대한 실험이다.

(실험 과정)

(가) 그림과 같이 줄의 한쪽은 질량 m 인 고무마개에 연결하고 다른 쪽은 플라스틱관을 통과시켜 질량 $20m$ 인 추에 연결한다.


(나) 원 궤도의 반지름 r 를 일정하게 유지 하면서 고무마개를 등속 원운동시켜 주기 T 를 구한다.

(다) 추의 개수를 바꾸어 (나) 를 반복한다.

(라) r 를 바꾸어 (나), (다) 를 반복한다.

(실험 결과)

추의 개수(개)	$r = r_1$ 일 때 $\frac{1}{T^2} (s^{-2})$	$r = r_2$ 일 때 $\frac{1}{T^2} (s^{-2})$
1	19.5 f_1	32.5 f_2
2	39.0	65.0



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

ㄱ. 줄이 고무마개를 당기는 힘의 크기는 추의 개수가 2개일 때가 1개일 때보다 크다.

ㄴ. $r = r_1$ 일 때, 고무마개의 속력은 추의 개수가 2개일 때가 1개일 때보다 크다.

ㄷ. $r_1 > r_2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

$T = \frac{2\pi}{w}$ 이므로 $\frac{1}{T^2} \propto w^2$ 을 떠올리면 쉽게 해결할 수 있는 문항입니다.

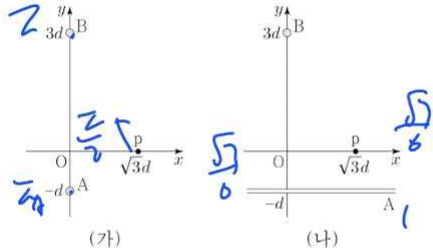
ㄱ. 줄이 고무마개를 당기는 힘의 크기는 추의 무게와 동일합니다.

ㄴ. 반지름이 일정할 때 추의 개수가 많아질수록 구심력이 커져서 구심가속도 $\frac{v^2}{r}$ 이 커집니다.

ㄷ. 그러므로 추의 개수가 많아질수록 고무마개의 속력은 커집니다.

ㄷ. 추의 개수가 동일하고 반지름이 다른 상황을 비교합니다. 이때 구심력의 크기가 같으므로 구심가속도 rw^2 의 크기가 같습니다. w^2 은 $r = r_1$ 일 때가 $r = r_2$ 일 때보다 작으므로 $r_1 > r_2$ 임을 알 수 있습니다.

11. 그림 (가)와 같이 xy 평면에 수직으로 y 축상의 $y = -d, y = 3d$ 에 고정된 무한히 긴 직선 도선 A, B에는 세기가 각각 I_A, I_B 로 일정한 전류가 흐르고 있다. x 축상의 $x = \sqrt{3}d$ 인 점 p에서 A, B에 의한 자기장은 세기가 B_0 이고 방향은 $+y$ 방향이다. 그림 (나)는 (가)에서 A를 회전시켜 xy 평면상의 $y = -d$ 인 지점에 x 축과 나란하게 고정시킨 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{B_0}{2}$$

- <보 기>
- ㉠. $I_A = I_B$ 이다.
 - ㉡. (가)의 원점 O에서 A, B에 의한 자기장의 방향은 $-x$ 방향이다.
 - ㉢. (나)의 p에서 A, B에 의한 자기장의 세기는 $\frac{\sqrt{13}}{2} B_0$ 이다.

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{17}{12}$$

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

A의 전류를 I 로 두고 $k \frac{I}{d} = B$ 로 변수단순화하겠습니다. 그렇다면 (가)에서 p에서 A에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2} B$ 입니다. p에서 A, B에 의한 자기장의 방향은 $+y$ 방향이라는 조건을 통해 p에서 B에 의한 자기장의 세기는 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{6} B$ 임을 알 수 있습니다. 그리고 $B_0 = \frac{\sqrt{3}}{3} B$ 임을 알 수 있습니다.

㉠. p와 도선 B의 거리는 $2\sqrt{3}d$ 이므로 $I_B = \frac{\sqrt{3}}{6} \times 2\sqrt{3} I = I$ 입니다.

㉡. (가)의 원점 O에서 A, B에 의한 자기장은 크기가 $\frac{2}{3} B$ 이고 방향은 $-x$ 방향입니다.

㉢. (나)에서 A에 의한 자기장은 B , B에 의한 자기장은 $\frac{1}{2\sqrt{3}} B$ 입니다. 따라서 A, B에 의한 자기장은 $\sqrt{\frac{13}{12}} B = \frac{\sqrt{13}}{2} B_0$ 입니다.

12. 그림 (가)는 수평면에서 정지해 있는 음파 측정기 S와 진동수가 f_0 인 음파를 발생시키는 음원 A, B가 각각 일정한 속력 v_A, v_B 로 같은 방향으로 운동하는 모습을, (나)는 (가)에서 A가 속력 $3v_A$ 로 S로부터 멀어지는 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서, S가 측정할 B의 음파의 진동수는 f_B 로 같고, S가 측정할 A의 음파의 진동수는 각각 $\frac{5}{4}f_B, \frac{5}{7}f_B$ 이다.



(가) $4+12x=7-7x$ $x=\frac{7}{19}$
 v_B 는? (단, 음속은 V 이고, S, A, B는 동일 직선상에 있다.) [3점]

- ① $\frac{1}{19}V$ ② $\frac{1}{18}V$ ③ $\frac{1}{9}V$ ④ $\frac{2}{9}V$ ⑤ $\frac{1}{3}V$

$v_A = xV$ 라고 해봅시다. 그럼 $\frac{1}{1-x}f_0 = \frac{5}{4}f_B, \frac{1}{1+3x}f_0 = \frac{5}{7}f_B$ 입니다. 따라서

$\frac{4}{1-x} = \frac{7}{1+3x}$ 이고 $x = \frac{3}{19}$ 를 얻습니다. 이를 다시 이전 식에 대입하면 $f_B = \frac{19}{20}f_0$ 임을 알

수 있습니다. 따라서 $\frac{V}{V+v_B} = \frac{19}{20}$ 이므로 $v_B = \frac{1}{19}V$ 입니다.

13. 그림은 광전 효과 실험 장치를 사용하여 전압에 따른 광전류의 세기를 측정하는 것을 나타낸 것이다. 표는 금속판을 비추는 단색광 A, B에 따른 광전류의 최대값 I 와 정지 전압으로부터 구한 광전자의 최대 운동 에너지에 해당하는 물질파 파장 λ 를 나타낸 것이다.



A	B	I	λ
○	×	I_0	$3\lambda_0$
×	○	$2I_0$	λ_0
○	○	㉠	㉡

(○: 단색광 있음, ×: 단색광 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
 ㉠. 진동수는 A가 B보다 작다.
 ㉡. ㉠은 I_0 이다.
 ㉢. ㉡은 λ_0 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

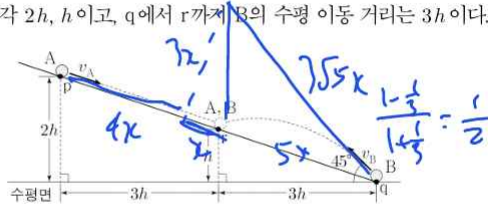
입자의 운동에너지는 물질파 파장의 제곱에 반비례합니다. $3\lambda_0$ 일 때 운동에너지를 E_k 라고 하면 λ_0 일 때 운동에너지는 $9E_k$ 입니다.

㉠. B를 비추었을 때 광전자의 최대 운동에너지가 A를 비추었을 때보다 크므로 B의 진동수가 A보다 큼니다.

㉡. ㉠은 I_0 보다 클 것입니다.

㉢. 그럼 A, B를 동시에 비추면 광전자의 최대 운동에너지는 $9E_k$ 이므로 ㉡은 λ_0 입니다.

14. 그림과 같이 경사면을 따라 내려오던 물체 A가 점 p를 속력 v_A 로 지나는 순간, 물체 B를 경사면과 수평면이 만나는 점 q에서 수평면에 대해 45° 의 각으로 v_B 의 속력으로 던졌다. A는 등가속도 직선 운동을 하고 B는 포물선 운동을 하여 경사면 위의 점 r에서 서로 만난다. p, r의 높이는 각각 $2h, h$ 이고, q에서 r까지 B의 수평 이동 거리는 $3h$ 이다.



$\frac{v_B}{v_A}$ 는? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하고, 물체의 크기, 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

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

변위 벡터 풀이법을 쓰면 복잡한 계산없이 해결할 수 있는 문항입니다. 물리학2를 선택하신 분이시면 탄젠트 합공식은 알 것이라 생각하고 풀이 해보겠습니다.

v_B 벡터와 빗면이 이루는 각을 θ 라고 하면 $\tan\theta = \frac{1 - \frac{1}{3}}{1 + 1 \times \frac{1}{3}} = \frac{1}{2}$ 입니다. A, B가 충돌하는 지

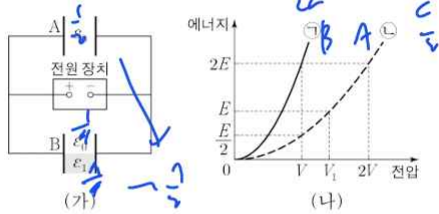
점을 H_1 이라고 하고 H_1 의 수직방향과 v_B 벡터의 교점을 C라고 하고 C에서 빗면에 내린 수선의 발을 H_2 라고 합시다. $\overline{H_1H_2} = x$ 라고 두면 빗면의 기울기 탄젠트 값이 $\frac{1}{3}$ 이므로

$\overline{H_2C} = 3x$ 입니다. 그리고 탄젠트 합공식으로 구한 결과를 통해 $\frac{3x}{H_2B} = \frac{1}{2}$ 이므로 $\overline{H_2B} = 6x$ 이

고 $\overline{BH_1} = \overline{H_2B} - \overline{H_2H_1} = 5x$ 입니다. 이때 A, C의 높이 차와 C, B의 높이 차가 같으므로 $\overline{AC} = \overline{CB} = 5x$ 입니다.

따라서 $\frac{v_B}{v_A} = \frac{\overline{BC}}{\overline{AH_2}} = \frac{\sqrt{3^2 + 6^2}}{5 - 1} = \frac{3\sqrt{5}}{4}$ 입니다.

15. 그림 (가)는 극판 사이의 간격, 극판의 면적이 같은 평행판 축전기 A, B를 전원 장치에 연결한 것을 나타낸 것이다. B 내부의 절반은 유전율이 ϵ_1 인 유전체로 채워져 있다. 그림 (나)는 (가)에서 축전기에 저장된 전기 에너지를 전원 장치의 전압에 따라 나타낸 것으로, ㉠, ㉡은 각각 A, B 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ϵ_0 은 진공의 유전율이고, $\epsilon_1 > \epsilon_0$ 이다.)

<보 기>

㉠ $V_1 = \sqrt{2}V$ 이다.

㉡ ㉠은 B이다.

㉢ $\epsilon_1 = 7\epsilon_0$ 이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

$E = CV^2$ 로 변수단순화하겠습니다. 그럼 ㉠의 전기용량은 $2C$ 이고 ㉡의 전기용량은 $\frac{C}{2}$ 가 되겠습니다.

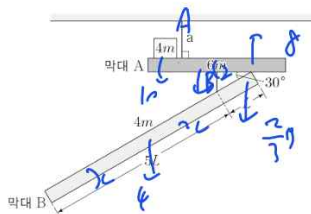
㉠. 전기용량이 일정할 때 $E \propto V^2$ 이므로 V_1 일 때 에너지가 V 일 때의 2배인 것을 통해 $\sqrt{2}V$ 임을 알 수 있습니다.

㉡. ㉠은 B입니다.

㉢. 전기용량은 $\epsilon \frac{A}{d}$ 로 구할 수 있습니다. $\epsilon_1 = x\epsilon_0$ 라고 합시다. B는 반쪽짜리 ϵ_0 과 ϵ_1 를 병렬 연결했다고 볼 수 있습니다. 온전한 ϵ_0 에 해당하는 전기 용량이 $\frac{C}{2}$ 이므로

$$2C = \frac{C}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{x}{2} \times \frac{1}{2} \text{ 이고 } x = 7 \text{입니다.}$$

16. 그림과 같이 막대 A, B가 실 a, b에 연결되어 천장에 매달려 있고, 질량 $4m$ 인 물체가 A 위에 놓여 정지해 있다. A는 수평을 이루며, 길이가 $6L$ 인 B는 b에 매달려 A와 30° 의 각을 이루고 정지해 있다. A, B의 질량은 각각 $6m, 4m$ 이다. a가 A를 당기는 힘의 크기와 b가 B를 당기는 힘의 크기는 각각 T_a, T_b 이다.



$\frac{T_b}{T_a}$ 는? (단, 막대의 밀도는 각각 균일하며, 막대의 두께와 폭, 실의 질량은 무시한다.)

- ① 1 ② $\frac{6}{7}$ ③ $\frac{5}{6}$ ④ $\frac{5}{7}$ ⑤ $\frac{2}{3}$

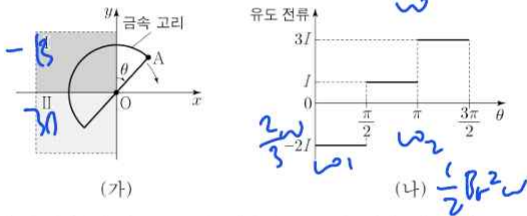
편의상 T_a 를 A , T_b 를 B 라고 하겠습니다.

먼저 막대 B의 무게 중심을 기준으로 토크 평형식을 써봅시다. 막대 B의 무게중심과 실 b의 거리는 $2L$, B의 무게중심과 막대 오른쪽 끝의 거리는 $3L$ 이므로 막대 A가 B를 아래로 미는 힘을 F 라고 할 때 $0 = 2L \times B - 3L \times F$ 이므로 $F = \frac{2}{3}B$ 입니다. 이때 힘 평형식을 쓰면 $4mg + \frac{2}{3}B = B$ 이기 때문에 $B = 12mg$ 를 얻습니다.

막대 A에서 힘 평형식을 쓰면 $0 = 4mg + 6mg + B - \frac{2}{3}B - A$ 이므로 $A = 14mg$ 입니다.

따라서 $\frac{B}{A} = \frac{7}{6}$ 입니다.

17. 그림 (가)와 같이 반원 모양의 금속 고리를 균일한 자기장 영역 I, II가 있는 xy 평면상에서 원점 O를 중심으로 시계 방향으로 회전시킨다. O와 고리상의 점 A가 이루는 선분이 y 축과 이루는 각을 θ 라고 할 때, 고리는 $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{2} \leq \theta < \frac{3\pi}{2}$ 에서 각각 ω_1, ω_2 의 일정한 각속도로 회전한다. 그림 (나)는 (가)에서 고리에 유도되는 전류를 θ 에 따라 나타낸 것이다. I, II에서 자기장의 세기는 각각 B_I, B_{II} 이고, 자기장의 방향은 xy 평면에 수직이다. $\theta = 0$ 일 때, I, II의 자기장이 고리면을 통과하는 자기 선속은 Φ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고리의 굵기는 무시한다.)

<보 기>

㉠. $\omega_2 = \frac{3}{2}\omega_1$ 이다.

㉡. $B_{II} = 2B_I$ 이다.

㉢. $\theta = \frac{\pi}{4}$ 일 때, I, II의 자기장이 고리면을 통과하는 자기 선속은 $\frac{\Phi}{4}$ 이다.

$\Phi = 2$

$\frac{3}{2} - 1 = \frac{1}{2}$

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉢ ⑤ ㉡, ㉢

$V = \frac{1}{2} \Delta B \omega r^2$ 임을 알고 있으면 쉽게 해결할 수 있는 문항이었습니다. 여기서 ΔB 는 고리 내부에 추가되는 자기장과 고리 내부에서 빠져나가는 선속의 차이라고 생각하시면 됩니다. 해당 문항은 반지름이 고정된 상황이기 때문에 $V \propto \Delta B \omega$ 입니다. 문항에서는 B_I 와 B_{II} 를 자기장의 세기로 제시하고 있지만 여기서는 방향을 포함한 값으로 생각하고 마지막에 세기로 바꾸겠습니다.

θ	$0 \leq \theta \leq \frac{1}{2}\pi$	$\frac{1}{2}\pi \leq \theta \leq \pi$	$\pi \leq \theta \leq \frac{3}{2}\pi$
ΔB	$-B_{II}$	$-B_I$	B_{II}

ω	ω_1	ω_2	ω_2
$V \propto$	$-B_{II}\omega_1$	$-B_I\omega_2$	$B_{II}\omega_2$

유도 전류와 유도 기전력은 비례하므로 표의 계산 결과와 (나)의 조건을 통해 문제를 해결하면 되겠습니다.

ㄱ. $0 \leq \theta \leq \frac{1}{2}\pi$ 와 $\pi \leq \theta \leq \frac{3}{2}\pi$ 일 때 유도 전류의 비는 $-B_{II}\omega_1 : B_{II}\omega_2 = -\omega_1 : \omega_2 = -2 : 3$ 입니다. 따라서 $\omega_2 = \frac{3}{2}\omega_1$ 입니다.

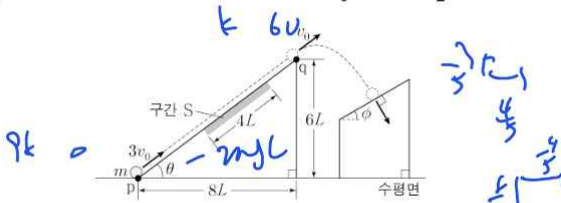
ㄴ. $0 \leq \theta \leq \frac{1}{2}\pi$ 와 $\frac{1}{2}\pi \leq \theta \leq \pi$ 일 때 유도 전류의 비는 $-B_{II}\omega_1 : -B_I\omega_2 = 2B_{II} : 3B_I = -2 : 1$ 입니다. 따라서 $B_{II} = -3B_I$ 입니다. 그러므로 자기장의 세기는 II에서가 I에서의 3배입니다.

ㄷ. 자기 선속은 $\sum \frac{1}{2}r^2 B_i \theta_i \propto \sum B_i \theta_i$ 입니다. $\Phi \propto (\frac{B_{II}}{2} + \frac{B_I}{2})\pi = -B_I\pi$ 라고 하겠습니다.

$\theta = \frac{\pi}{4}$ 에서 자기 선속을 구해보면 $\Phi_{\frac{\pi}{4}} \propto (\frac{B_{II}}{4} + \frac{B_I}{2})\pi = -\frac{1}{4}B_I\pi$ 입니다. 그러므로 $\theta = \frac{\pi}{4}$ 에서

자기 선속은 $\frac{\Phi}{4}$ 입니다.

18. 그림과 같이 경사각이 θ 이고 높이가 $6L$ 인 경사면이 수평면과 만나는 점 p에서 질량 m 인 물체를 $3v_0$ 의 속력으로 발사하였다. 물체는 경사면을 따라 운동하는 동안 길이가 $4L$ 인 구간 S를 지나고, 점 q에서 v_0 의 속력으로 포물선 운동을 시작하여 경사각이 ϕ 인 경사면 위에 수직으로 도달한다. 물체는 S를 지나는 동안 크기가 $\frac{mg}{2}$ 인 마찰력을 일정하게 받고, $\tan\theta = \frac{3}{4}$, $\tan\phi = \frac{1}{2}$ 이다.



물체가 포물선 운동을 하는 동안 중력이 물체에 한 일은? (단, 물체는 동일 연직면상에서 운동하며, g 는 중력 가속도이고, 물체의 크기, 구간 S 외의 모든 마찰은 무시한다.)

- ① $\frac{4}{5}mgL$ ② $\frac{8}{5}mgL$ ③ $\frac{11}{5}mgL$ ④ $\frac{13}{5}mgL$ ⑤ $3mgL$

$K - 6U = 2U$
 $K = U$

해당 물체의 속력이 v_0 일 때 운동에너지를 K , 지면을 기준으로 했을 때 높이가 L 일 때 위치에너지를 U 라고 하겠습니다.

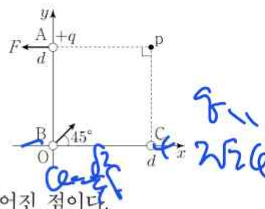
p에서 (운동에너지, 위치에너지)는 $(9K, 0)$, q에서 (운동에너지, 위치에너지)는 $(K, 6U)$ 입니다.

다. 구간 S에서 감소하는 역학적 에너지는 $W = Fs = \frac{1}{2}mg \times 4L = 2mgL = 2U$ 입니다. 이를 통해 $2U = (9K + 0) - (K + 6U) = 8K - 6U$ 이고 $K = U$ 임을 연습니다. 즉, $K = U = \frac{1}{2}mv_0^2 = mgL$ 입니다.

경사각이 ϕ 인 경사면에 도달한 시점에서 운동에너지를 구해봅시다. 해당 지점을 r이라고 하겠습니다. q, r에서 속도의 x성분은 동일합니다. q에서 속도의 x성분이 $\frac{4}{5}v_0$ 이므로 r에서 속도의 x성분도 $\frac{4}{5}v_0$ 입니다. 이를 통해 $\tan\phi = \frac{1}{2}$ 임을 이용하여 r에서 속도의 y성분은 $\frac{8}{5}v_0$ 임을 알 수 있습니다. 따라서 r에서 물체의 속력은 $\sqrt{(\frac{4}{5})^2 + (\frac{8}{5})^2}v_0 = \sqrt{\frac{16}{5}}v_0$ 이므로 r에서 운동에너지는 $\frac{16}{5}K$ 입니다.

물체가 포물선 운동을 하는 동안 중력이 물체에 한 일은 위치에너지의 감소량입니다. q에서 r로 운동하는 과정에서 역학적 에너지는 보존되기 때문에 위치에너지의 감소량 = 운동에너지의 증가량입니다. 따라서 포물선 운동을 하는 동안 중력이 물체에 한 일은 $\frac{16}{5}K - K = \frac{11}{5}K = \frac{11}{5}mgL$ 입니다.

19. 그림과 같이 점전하 A, B, C가 xy 평면에서 y 축상의 $y=d$, 원점 O, x 축상의 $x=d$ 에 각각 고정되어 있다. 전하량이 $+q$ 인 A에 작용하는 전기력은 크기가 F 이고 방향은 $-x$ 방향이다. B에 작용하는 전기력의 방향은 x 축과 45° 의 각을 이룬다. xy 평면상의 점 p는 A, C로부터 d 만큼 떨어진 점이다.



p에서 전기장의 세기는? [3점]

- ① $\frac{9F}{2q}$ ② $\frac{7F}{2q}$ ③ $\frac{5F}{2q}$ ④ $\frac{3F}{2q}$ ⑤ $\frac{F}{2q}$ *답: 2*

$$\frac{q^2}{2} \times \frac{1}{d^2} \propto F \quad \text{즉} \quad \frac{1}{d^2}$$

$$\left(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{1}{d^2} \propto \frac{1}{d^2} \times \frac{1}{2} \frac{F}{q}$$

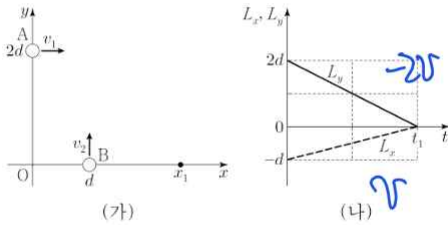
B가 받는 전기력의 x성분과 y성분이 같음을 통해 A와 C의 전하량이 같다는 것을 알 수 있습니다. 그러므로 C의 전하량은 $+q$ 입니다. $k\frac{q^2}{d^2} = f$ 라고 변수를 단순화해봅시다. 그럼 A, C사이의 전기력은 $\frac{1}{2}f$ 이고 A가 C에 의해 받는 전기력의 y성분은 $\frac{\sqrt{2}}{4}f$ 입니다. A가 B, C에 의해 받는 전기력의 y성분은 0이므로 A가 B에 의해 받는 전기력의 방향은 $-y$ 방향이고 세기는 $\frac{\sqrt{2}}{4}f$ 입니다. A, B사이의 거리가 d 이므로 B의 전하량은 $-\frac{\sqrt{2}}{4}q$ 입니다. $F = \frac{\sqrt{2}}{4}f$ 입니다.

p에서 A, C에 의한 전기장의 방향은 $y=x(+x\text{방향})$ 이고 세기는 $\sqrt{2} \frac{f}{q}$ 입니다. p에서 B에 의한

전기장의 방향은 $y=x(-x\text{방향})$ 이고 세기는 $\frac{(\sqrt{2})}{4} \frac{f}{q} = \frac{\sqrt{2}}{8} \frac{f}{q}$ 입니다. 따라서 p에서 전기장의

세기는 $(\sqrt{2} - \frac{\sqrt{2}}{8}) \frac{f}{q} = \frac{7\sqrt{2}}{8} \frac{f}{q} = \frac{7}{2} \frac{F}{q}$ 입니다.

20. 그림 (가)와 같이 xy 평면에서 시간 $t=0$ 일 때 물체 A는 $+x$ 방향으로 속력 v_1 로 y 축상의 $y=2d$ 인 점을 지나고, 물체 B는 $+y$ 방향으로 속력 v_2 로 x 축상의 $x=d$ 인 점을 지난다. A와 B는 각각 등가속도 운동을 하다가, $t=t_1$ 일 때 $+x$ 축상의 $x=x_1$ 인 점에서 만난다. 이때 A의 속도의 x 성분 크기는 y 성분 크기의 $\frac{9}{4}$ 배이다. 그림 (나)는 A, B의 위치를 각각 $(A_x, A_y), (B_x, B_y)$ 라 할 때, $L_x=A_x-B_x, L_y=A_y-B_y$ 를 t 에 따라 나타낸 것이다.



x_1 은? (단, 물체의 크기는 무시한다.) [3점]

- ① $5d$ ② $\frac{9}{2}d$ ③ $\frac{7}{2}d$ ④ $3d$ ⑤ $\frac{5}{2}d$

$$\begin{array}{r} \checkmark \\ \begin{array}{r} v \\ v \end{array} \\ \hline 5v \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ 2v \\ -2v \\ \hline 4v \end{array}$$

$v = \frac{d}{t_0}$ 로 변수단순화하겠습니다. A, B의 상대속도가 $(v, -2v)$ 로 일정하다는 것을 통해 A, B의 상대가속도는 0, 즉 A, B는 같은 가속도로 운동하고 있는 것을 알 수 있습니다. 또한 A의 초기 속도는 $+x$ 방향이고 B의 초기 속도는 $+y$ 방향이므로 A, B의 초기 속도는 각각 $(v, 0)$ $(0, 2v)$ 임을 알 수 있습니다.

초기 속도와 $t=t_1$ 일 때 속도의 차이를 (X, Y) 라고 해봅시다. A, B의 가속도가 같기 때문에 (X, Y) 는 A, B 모두 동일하게 적용할 수 있을 겁니다. $t=t_1$ 일 때 B가 다시 x 축으로 되돌아 오기 때문에 이때 B의 속도의 y 성분은 $-2v$ 입니다. 따라서 $Y = (-2v) - (2v) = -4v$ 입니다. 그럼 $t=t_1$ 일 때 A의 속도의 y 성분은 $0 + X = -4v$ 입니다. 이때 문제조건에 의해 A의 속도의 y 성분은 y 성분의 $\frac{9}{4}$ 배이므로 A의 속도의 x 성분은 $9v$ 입니다. 따라서 이를 통해 $X = 9v - v = 8v$ 를 얻습니다. 즉 $(X, Y) = (8v, -4v)$ 입니다. 그럼 $t=t_1$ 일 때 B의 속도의 x 성분은 $0 + X = 8v$ 입니다.

$t=0$ 부터 $t=t_1$ 까지 A, B 각각의 평균속도의 x 성분은 $5v, 4v$ 입니다. 다시 말해 $t=0$ 부터

$t = t_1$ 까지 x방향 이동거리의 비는 $A : B = 5 : 4$ 라는 것입니다. 따라서 $x_1 : x_1 - d = 5 : 4$ 이고 $x_1 = 5d$ 입니다.