



ШИФР

AB-6

(заполняется представителем Оргкомитета)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников
БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ - БУДУЩЕЕ НАУКИпо физике Дата проведения 03.03.2024
(наименование общеобразовательного предмета)ФИО участника (полностью) Карламов Михаил АлексеевичДата рождения Класс 11Школа № МБОУ гимназия № район город Воронеж

Особые отметки (Заполняется представителем оргкомитета)
о добавлении листов, о смене цвета пасты, о нарушении правил поведения и т.д.

Правила поведения

Участник очного тура олимпиады обязан:

- занять место, которое ему указано представителями оргкомитета;
- соблюдать тишину;
- использовать для записей только листы установленного образца;
- работать самостоятельно и не оказывать помощь в выполнении задания другим участникам.

Внимание. Если во время проверки письменных работ, жюри обнаружит идентичный текст (или цитаты с одинаковыми грамматическими, речевыми или смысловыми (фактическими) ошибками) в двух, или более работах, то за эти работы баллы не начисляются.

Участнику олимпиады запрещается:

- разговаривать с другими участниками;
- использовать какие-либо справочные материалы (учебные пособия, справочники, словари, записные книжки, в том числе и электронные, и т.д., а также любого вида шпаргалки);
- пользоваться средствами мобильной связи;
- покидать пределы территории, которая установлена организаторами для проведения очного тура олимпиады.

Внимание. За нарушение правил поведения участник удаляется с очного тура олимпиады с выставлением нуля баллов за выполнявшуюся работу независимо от числа правильно выполненных заданий.

Все виды шпаргалок изымаются и выдаются по

письменному заявлению после истечения времени, предусмотренного на подачу и рассмотрение апелляций по данному предмету.

Оформление работы

Участник аккуратно заполняет титульный лист «Письменная работа», ставит дату и подпись.

На вложенных листах, как для чистовых, так и для черновых записей, можно писать или синей, или фиолетовой, или черной пастой (чернилами), одинаковой во всей работе (при необходимости смены цвета пасты (чернил), следует обратиться за разрешением к представителю оргкомитета олимпиады).

Задания (или часть задания), выполненные на листах, на которых имеются рисунки или записи, не относящиеся к выполняемому заданию, а также записи не на русском языке, и любые другие пометки, которые могут идентифицировать участника, на проверку не поступают и претензии по этим заданиям (задачам) не принимаются. На проверку не поступают также листы, подписанные участником, листы, на которых имеются записи карандашом (кроме рисунков, необходимых для пояснения сути ответа), и рваные (надорванные) листы.

Нельзя делать исправления карандашом.

Внимание! Если в работе ошибки исправлены карандашом, то при шифровке работы карандашные исправления будут стерты и на проверку поступит работа без исправлений.

С правилами поведения на олимпиаде и правилами оформления работы ознакомлен

(подпись участника олимпиады)

Фамилию, имя, отчество не писать! Лист не подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

Задача 1

Дано: t_1, t_2, g .

Решение

Координата по оси y :

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

В некоторый момент координата по оси y сравнялась с той, которая уже была при падении тела:

$$y_1 = y_2$$

$$v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$v_0 \sin \alpha t_1 - v_0 \sin \alpha t_2 = \frac{gt_1^2}{2} - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$v_0 \sin \alpha (t_1 - t_2) = \frac{g}{2} (t_1^2 - t_2^2)$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{g(t_1 - t_2)(t_1 + t_2)}{2(t_1 - t_2)} = \frac{g(t_1 + t_2)}{2}$$

Высота падения определяется формулой:

$$H = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g} = \frac{0 - (v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} \quad (\text{g возьмем со знаком } +)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{g(t_1 + t_2)}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g} = \frac{g^2(t_1 + t_2)^2}{4} \cdot \frac{1}{2g} = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$$

Ответ: $\frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$

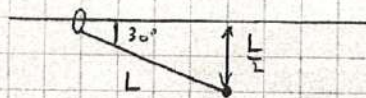
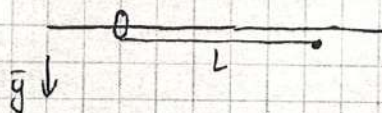
Задача 2

Дано: $L, \frac{L}{2}, g$

прохождение на эту высоту.

лист №1

Задача 2 (продолжение)

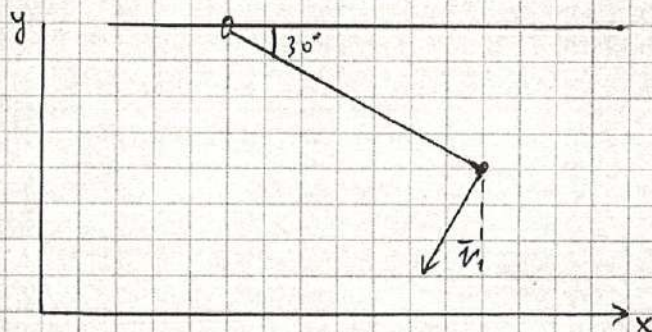


Закон сохранения энергии в положении, когда шарик уже опустился на $\frac{L}{2}$:

$$mg \frac{L}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$gL = v_1^2$$

В этот момент стержень отклонился от горизонтальной на угол 30° ; его скорость перпендикулярна стержню



1	2	3	4	Σ
25	15	15	15	60
От	От	От	От	От

Во время вращения на колесо действуют силы: mg , N , T . На шарик действуют: mg , T . T — сила реакции стержня, N — сила реакции штыря.

В горизонтальном направлении на ось штыря не действуют внешние силы \rightarrow можно записать закон сохранения импульса по горизонтальному направлению:

$$-v_1 \sin \alpha m = -v_1' m + m v_2$$

$$-v_1 \sin \alpha = -v_1' + v_2$$

v_1' — скорость шарика, когда стержень \perp штырю

v_2 — скорость шарика, когда стержень \perp штырю

мст v_2

Задача 2 (продолжение)

$$v_1 \sin \alpha = v_1' - v_2$$

На нить во время движения действует сила N , которая не совершает работы. Т — внутренняя сила.

Закон сохранения энергии для системы тел:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgl \frac{L}{2} = \frac{m(v_1')^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_1^2 + gL = (v_1')^2 + v_2^2$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} v_1 \sin \alpha = v_1' - v_2 \\ v_1' + gL = (v_1')^2 + v_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sqrt{gL} \sin \alpha = v_1' - v_2 \\ 2gL = (v_1')^2 + v_2^2 \end{cases}$$

$$v_1' = \sqrt{gL} \sin \alpha + v_2 = \left(\sqrt{gL} \cdot \frac{1}{2} + v_2 \right)$$

$$2gL = \left(\frac{\sqrt{gL}}{2} + v_2 \right)^2 + v_2^2$$

$$2gL = \frac{gL}{4} + 2 \cdot \frac{\sqrt{gL}}{2} \cdot v_2 + v_2^2 + v_2^2$$

$$2gL = \frac{gL}{4} + \sqrt{gL} v_2 + 2v_2^2 \quad : 2$$

$$gL = \frac{gL}{8} + \frac{\sqrt{gL}}{2} v_2 + v_2^2$$

$$v_2^2 + \frac{\sqrt{gL}}{2} v_2 + \frac{gL}{8} - gL = 0$$

$$v_2^2 + \frac{\sqrt{gL}}{2} v_2 - \frac{7}{8} gL = 0$$

$$D = \frac{gL}{4} - 4 \cdot \left(-\frac{7}{8} gL \right) = \frac{gL}{4} + \frac{7}{2} gL = \frac{gL}{4} + \frac{14}{4} gL = \frac{15}{4} gL$$

$$v_2 = \frac{-\frac{\sqrt{gL}}{2} \pm \sqrt{\frac{15}{4} gL}}{2} \Leftrightarrow \text{б. значение не подходит}$$

получим положительные корни.

$$\Leftrightarrow \frac{-\frac{1}{2}\sqrt{gL} + \frac{\sqrt{15}}{2}\sqrt{gL}}{2} = \frac{1}{4}\sqrt{gL}(\sqrt{15} - 1)$$

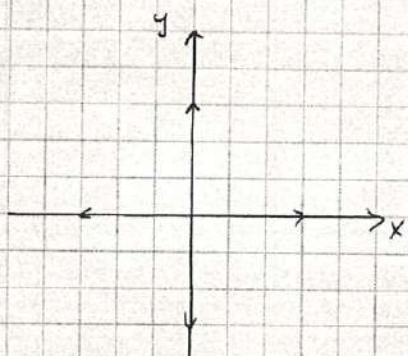
$$\text{Ответ: } \frac{1}{4}\sqrt{gL}(\sqrt{15} - 1)$$

лист №3

Задача 4

Дано: L , θ , $\theta_0/2$. y .

Решение



Колебания грузов происходят во взаимно перпендикулярных плоскостях. Пусть одно тело колеблется по оси y , а другое по оси x .

Сверху представлена вид рисунка, если смотреть сверху на колеблющиеся маятники. Пусть их амплитуды равны A . Так как угол отклонения мал, то будем считать угол отклонения пропорционален смещению груза. Кинемат $y(t) = A \cos \omega t$, отсюда получим движение грузов.

$$y = A \cos \omega t \quad + 5$$

У второго маятника будем считать $\frac{\pi}{3}$, так как когда у первого груза было максимальное смещение, у второго груза смещение было уже в 2 раза меньше амплитуды. Кинемат $\frac{\pi}{3} = \frac{1}{2}$.

$$x = A \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \quad + 5$$

Первый груз будет иметь координату $(0; y)$, а второй - $(x; 0)$.

Расстояние между ними будет находиться по формуле:

$$y = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{A^2 \cos^2 \omega t + A^2 \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right)} = A \sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right)}$$

Найдем максимальное расстояние и через какое время оно будет достигнуто в 1 раз меньше

Задача 4 (упрощенная)

$$\begin{aligned}
 y' &= \left(A \sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right)} \right)' = \\
 &= A \left(\left(\cos^2 \omega t + \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \right)' = \\
 &= A \frac{1}{2} \left(\cos^2 \omega t + \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \right)^{-\frac{1}{2}} \cdot \left(\cos^2 \omega t + \cos^2 \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \right)' = \\
 &= A \frac{1}{2} \frac{(\cos^2 \omega t)' + (\cos^2 (\omega t + \frac{\pi}{3}))'}{\sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2 (\omega t + \frac{\pi}{3})}} \quad \text{①}
 \end{aligned}$$

Возьмем отдельно каждую часть от $\cos^2 \omega t$ и $\cos^2 (\omega t + \frac{\pi}{3})$

$$(\cos^2 \omega t)' = 2 \cos \omega t \cdot (\cos \omega t)' = 2 \cos \omega t \cdot (-\sin \omega t) \cdot (\omega t)' =$$

$$= -2 \cos(\omega t) \sin(\omega t) \cdot \omega = -\sin(2\omega t) \omega$$

$$(\cos^2 (\omega t + \frac{\pi}{3}))' = 2 \cos (\omega t + \frac{\pi}{3}) (\cos (\omega t + \frac{\pi}{3}))' = 2 \cos (\omega t + \frac{\pi}{3}) \cdot$$

$$(-\sin (\omega t + \frac{\pi}{3})) \cdot (\omega t + \frac{\pi}{3})' =$$

$$= -2 \cos (\omega t + \frac{\pi}{3}) \sin (\omega t + \frac{\pi}{3}) \cdot \omega = -\sin (2\omega t + \frac{2\pi}{3}) \omega$$

$$\text{②} \quad A \frac{1}{2} \frac{-\sin(2\omega t) \omega - \sin(2\omega t + \frac{2\pi}{3}) \omega}{\sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2 (\omega t + \frac{\pi}{3})}}$$

$$y' = 0$$

$$-\sin 2\omega t - \sin (2\omega t + \frac{2\pi}{3}) = 0$$

$$\sin 2\omega t + \sin (2\omega t + \frac{2\pi}{3}) = 0$$

$$\sin \frac{2\omega t + 2\omega t + \frac{2\pi}{3}}{2} \cos \frac{2\omega t - 2\omega t - \frac{2\pi}{3}}{2} = 0$$

$$\sin (2\omega t + \frac{\pi}{3}) \cos (-\frac{\pi}{3}) = 0$$

$$\sin (2\omega t + \frac{\pi}{3}) = 0$$

$$2\omega t + \frac{\pi}{3} = \pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$2\omega t = -\frac{\pi}{3} + \pi k, k \in \mathbb{Z}$$

$$t = -\frac{\pi}{3 \cdot 2\omega} + \frac{\pi k}{2\omega}, k \in \mathbb{Z}$$

$$t = -\frac{\pi}{6\omega} + \frac{\pi k}{2\omega}, k \in \mathbb{Z}$$

+ 5

Задача 4 (продолжение)

Максимальное положительное значение t будет при $k=1$, но если:

$$t = -\frac{\pi}{6\omega} + \frac{\pi}{2\omega}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\text{Получа: } t = -\frac{\pi}{\omega} \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{2} \right) = \frac{\pi}{\omega} \left(-\frac{1}{6} + \frac{1}{2} \right) = \frac{\pi}{\omega} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) = \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right)$$

Следовательно, максимальное расстояние:

$$y = A \sqrt{\cos^2 \left(\sqrt{\frac{g}{L}} \cdot \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) \right) + \cos^2 \left(\sqrt{\frac{g}{L}} \cdot \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) + \frac{\pi}{3} \right)} =$$

$$= A \sqrt{\cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) \right) + \cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) + \frac{\pi}{3} \right)} \quad \textcircled{=}$$

$$A = L \sin \Theta_0$$

$$\textcircled{=} \sqrt{\cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) \right) + \cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) + \frac{\pi}{3} \right)} \cdot L \sin \Theta_0$$

$$\text{Итак } t = \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right), \quad y = L \sin \Theta_0 \sqrt{\cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) \right) + \cos^2 \left(\pi \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \right) + \frac{\pi}{3} \right)}$$

$$t = \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{3}{6} - \frac{1}{6} \right) = \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \frac{2}{6} = \pi \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \frac{1}{3} = \boxed{\frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{L}{g}}}$$

$$y = L \sin \Theta_0 \sqrt{\cos^2 \frac{\pi}{3} + \cos^2 \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{3} \right)} = L \sin \Theta_0 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}} =$$

$$= L \sin \Theta_0 \sqrt{\frac{1}{2}} = \boxed{\frac{L \sin \Theta_0}{\sqrt{2}}}$$

$$\text{Ответ: } y = \left(\frac{L \sin \Theta_0}{\sqrt{2}} \right); \quad t = \left(\frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{L}{g}} \right).$$

Задача 3

Дано: $+q, -q, L$

продолжение на след странице.

лист №6

Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

Задача 3 (продолжение)

До того как заряды поместили в однородное поле напряженности между точками А и В было

$$U_1 + U_2 = k \frac{q}{x_1} - k \frac{q}{L-x_1} + k \frac{q}{x_2} - k \frac{q}{L-x_2}$$

$$\left\{ \begin{aligned} E - k \frac{|q|}{x_1^2} + k \frac{|q|}{(L-x_2)^2} &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} E + k \frac{|q|}{(L-x_1)^2} - k \frac{|q|}{x_2^2} &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 2 \left(k \frac{q}{x_1} - k \frac{q}{L-x_1} \right) + \left(k \frac{q}{x_2} - k \frac{q}{L-x_2} \right) + EL &= k \frac{q}{x_1} - k \frac{q}{L-x_1} + k \frac{q}{x_2} - k \frac{q}{L-x_2} \end{aligned} \right.$$

Были получены система 3 уравнений, в которой 3 неизвестные x_1 , x_2 , E . Решить её можно найти напряженность однородного поля и расстояние между зарядами или $(L-x_1-x_2)$.