



ШИФР

аБ-1

(заполняется представителем Оргкомитета)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ - БУДУЩЕЕ НАУКИ

10 Физике Дата проведения 3.03.2024
(наименование общеобразовательного предмета)
ФИО участника (полностью) Грибов Егор Сергеевич
Дата рождения _____ Класс 11
Школа ЧБООУ Лицей №124 район Ленинский город Богданов

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, эссе обнаружится 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 выполняющуюся 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.

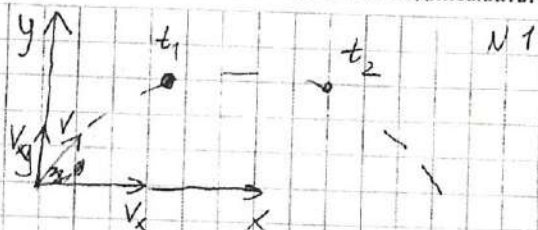
Нельзя делать исправления карандашом.

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»!



Введём систему координат
с центром в точке броска.

Запишем выражение для высоты
в моменты t_1 и t_2

$$\begin{cases} h = V_y t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ h = V_y t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \end{cases} \quad \text{приравняем}$$

$$V_y t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = V_y t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$V_y (t_1 - t_2) = \frac{g t_1^2}{2} - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$\frac{2 V_y}{g} = \frac{t_1^2 - t_2^2}{t_1 - t_2}, \text{ тогда } V_y = \frac{g(t_1 + t_2)}{2}, \text{ где } t_1 \neq t_2$$

так как моменты разные.

Найдём максимальную высоту подъёма
по следующей формуле:

$$H = \frac{V_y^2}{2g} = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{4}$$

$$\text{Ответ: } H = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{4}$$

1	2	3	4	Σ
25	15	15	25	80
↓	↓	↓	↓	↓

N 4

Запишем уравнения колебаний для обоих маятников:

$$\begin{cases} x = A_x \cos \omega t + B_x \sin \omega t \\ y = A_y \cos(\omega t + \varphi) + B_y \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

где φ - сдвиг по фазе (второй маятник движется позже)

$$A_x = \theta_0 L, \text{ так как в } t=0, x = \theta_0 L.$$

$$B_x = 0, \text{ так как в } t=0, v = 0$$

$$x = \theta_0 L \cos \omega t$$

Найдем t_0 при котором

$$x = \frac{\theta_0}{2} L$$

$$\frac{\theta_0}{2} L = \theta_0 L \cos \omega t_0$$

$$\omega t_0 = \frac{\pi}{3}, \text{ тогда } \varphi = \omega t_0 = \frac{\pi}{3}, \text{ то есть}$$

второй маятник начинает колебаться позже, но $A_y = A_x$, $B_y = B_x$, так как маятники одинаковые; получаем:

$$x = \theta_0 L \cos \omega t +$$

$$y = \theta_0 L \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right), \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}, t \text{ - от начала движения первого маятника.}$$

Тогда расстояние между маятниками:

$$L = \sqrt{x^2 + y^2}, \text{ тогда}$$

$$L = \theta_0 L \sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)}, \text{ возьмем производную по } t.$$

$$L' = \frac{\theta_0 L}{2} \frac{-2 \cos \omega t \sin \omega t + \omega \cdot 2 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \omega}{\sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)}}$$

Приравняем. Найдем экстремумы.

$l' = 0$, тогда

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

$$4\sin 2\omega t = -\sin(2\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

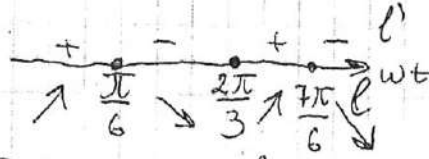
$$\left\{ \begin{array}{l} 2\omega t = -2\omega t + \frac{2\pi}{3} + 2\pi n, \quad n - \text{целое} \\ \pi - 2\omega t = -2\omega t + \frac{2\pi}{3} + 2\pi n, \quad n - \text{целое} \end{array} \right.$$

$$4\omega t = \frac{2\pi}{3} + 2\pi n, \quad n - \text{целое}$$

$$\left[\pi = \frac{2\pi}{3} + 2\pi n \quad \text{?} \right.$$

$$\omega t = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi n}{2}, \quad n - \text{целое}$$

Найдём промежутки убывания и возрастания.



Поскольку в $\frac{\pi}{6}$ ещё не начал движение второй узел, то максимальное расстояние между узлами от начала движения ~~второго~~ ^{первого} ~~второго~~ ^{второго} маятника.

$$t_{\max} = \frac{\frac{7\pi}{6} - \frac{\pi}{6}}{\omega} = \left(\frac{7\pi}{6} - \frac{\pi}{6} \right) \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{5\pi}{6} \sqrt{\frac{L}{g}},$$

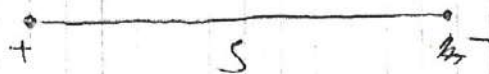
$$\text{тогда } l_{\max} = \theta L \sqrt{\cos^2 \omega t_{\max} + \cos^2(\omega t_{\max} - \frac{\pi}{3})} =$$

$$= \theta L \sqrt{\cos^2 \frac{7\pi}{6} + \cos^2 \frac{5\pi}{6}} = \frac{\sqrt{6}}{2} \theta_0 L \approx 1,22 \theta_0 L.$$

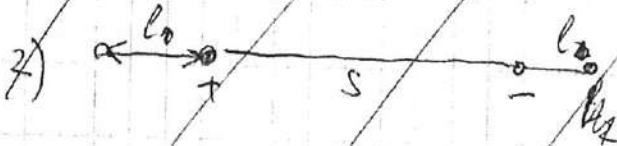
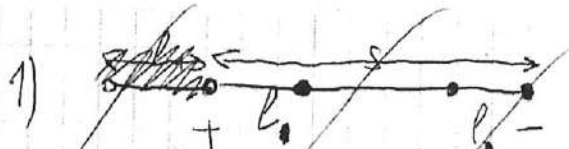
$$\text{Ответ: } l_{\max} \approx 1,22 \theta_0 L, \quad t_{\max} = \frac{5\pi}{6} \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Для начала разберёмся с положением ~~узлов~~ зарядов.

16-1



Полугаевы 2 случая:



линейка когда одно
точка справа от -,
а значит +)

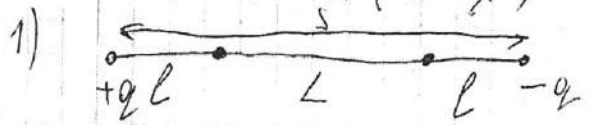
1) (линейка)

$$\frac{kq}{l_1^2} - \frac{kq}{(s+l_1)^2} = \frac{kq}{l_2^2} + \frac{kq}{(s+l_2)^2} = E$$

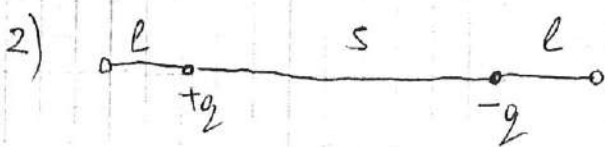
$$\frac{(s+l_1)^2 + l_1^2}{l_1^2(s+l_1)^2} = \frac{(s+l_2)^2 + l_2^2}{l_2^2(s+l_2)^2}$$

$$(s+l_1)^2(s+l_2)^2 l_2^2 + (s+l_2)^2 l_1^2 l_2^2 = (s+l_2)^2 l_1^2 (s+l_1)^2 + l_2^2 l_1^2 (s+l_1)^2$$

$$(s+l_1)^2(s+l_2)^2(l_2^2 - l_1^2) + l_1^2 l_2^2(-l_1 - l_2)(2s - l_2 + l_1) = 0$$



$\leftarrow E$ 5



$\rightarrow E$

1) (линейка) $\frac{kq}{l^2} + \frac{kq}{(L+l)^2} = E$, где $s = L + 2l$

Потому

$$= \frac{kq}{l^2} EL + \frac{kq}{L+l} - \left(\frac{kq}{L+l} + \frac{kq}{L+l} \right) =$$

$$= EL - \frac{2kq}{L} + \frac{2kq}{L+l}, \quad \text{где по условию } \Delta\psi = \Delta\psi_0$$

Получаем систему

$$\begin{cases} \frac{kq}{l^2} + \frac{kq}{(L+l)^2} = E \\ \frac{EL}{2} = EL - \frac{2kq}{L} + \frac{2kq}{L+l} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{kq}{l^2} + \frac{kq}{(L+l^2)} = E \end{cases}$$

$$\frac{EL}{2} = EL - \frac{2kq}{l} + \frac{2kq}{L+l}, \text{ подставим } E.$$

$$\frac{kqL}{2l^2} + \frac{kqL}{2(L+l^2)} - \frac{2kq}{l} + \frac{2kq}{L+l} = 0 \quad /: \frac{kq}{2}$$

$$\frac{L}{2l^2} + \frac{L}{2(L+l^2)} - \frac{2}{l} + \frac{2}{L+l} = 0$$

$$\frac{L-4l}{l^2} + \frac{L+4L+4l}{(L+l)^2} = 0$$

$$(L-4l)(L+l)^2 = -l^2L - 4Ll^2 - 4l^3$$

$$L^2 + Ll^2 + 4Ll - 4l^3 = -5l^2L - 4l^3$$

$$L^2 + 5Ll^2 - 4Ll - 4l^3 = 0 \quad /: L$$

$$5l^2 - 4l + L$$

$$L^3 + 2L^2l + Ll^2 - 4Ll^2 - 8Ll^2 - 4l^3 = -5l^2L - 4l^3 \quad /: L$$

$$L^2 + 2Ll + l^2 - 4Ll - 8l^2 + 5l^2 = 0$$

$$L^2 - 2Ll - 2l^2 = 0$$

$$D = 4L^2 + 4 \cdot 2L^2 = 12L^2$$

$$l = \frac{2L \pm 2\sqrt{3}L}{2} = L \pm (1+\sqrt{3})$$

$$l = \frac{2L - 2\sqrt{3}L}{2} < 0 \quad \text{отбрасываем}$$

$$\text{Получаем } S = L + 2l = L(3+2\sqrt{3}), \text{ а } E =$$

$$= \frac{kq^2}{L^2(1+\sqrt{3})^2} + \frac{kq^2}{L^2(2+\sqrt{3})^2} \approx 0,21 \cdot \frac{kq^2}{L^2}$$

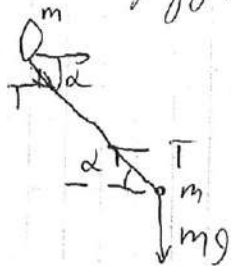
2) случай 1) $\frac{kq^2}{L^2} + \frac{kq^2}{(L-l)^2} = E$, где $S = L - 2l$

Тогда $\Delta\varphi_0 = EL$, $\Delta\varphi = \frac{kq}{L} * -\frac{kq}{L-l} * + \frac{kq}{L} - \frac{kq}{L-l} + EL$,

получаем $\Delta\varphi > \Delta\varphi_0$, что противоречит условию, значит первый случай единственный.

Ответ: $S = L(3+2\sqrt{3})$, $E = \frac{kq}{L(1+\sqrt{3})^2} + \frac{kq}{L(2+\sqrt{3})^2} \approx 0,21 \frac{kq}{L^2}$

кальцо и груз ^{N2} Рассмотрим изменение импульсов



, где α - произвольный угол,

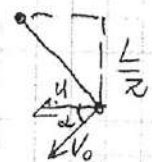
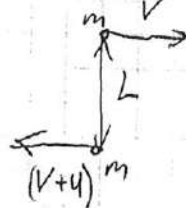
заметьте, что с момента отпускания кольца горизонтальные импульсы кольца и груза увеличились на равной импульс, так как силы равны, тогда и ΔV -равны ($m_k = m_{\text{г}} = m$). Максимальная скорость будет достигнута когда нить будет вертикальной, далее груз будет тормозить кольцо, тогда

Запишем ЗСЭ.

$$mgL = \frac{mv^2}{2} + \frac{m(v+u)^2}{2}$$

Также запишем ЗСЭ в момент отпускания кольца:

$$mg \frac{L}{2} = \frac{mV_0^2}{2}, \text{ где } u = V_0 \cos \alpha, \text{ а } \cos \alpha = \frac{\frac{L}{2}}{L} = \frac{1}{2}$$



Тогда получим систему:

$$\begin{cases} m g L = \frac{m v^2}{2} + \frac{m(u+v)^2}{2} /; \frac{g}{2} \neq 0 \\ m g \frac{L}{2} = \frac{m(2u)^2}{2} /; \frac{g}{2} \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 g L = v^2 + (u+v)^2 \\ g L = 4 u^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 g L = v^2 + u^2 + 2 u v + v^2 \\ u = \frac{\sqrt{g L}}{2}, \text{ подставим } u \end{cases}$$

$$2 g L = v^2 + \frac{g L}{4} + \sqrt{g L} v + v^2$$

$$2 g L = v^2 + \frac{g L}{4} + \sqrt{g L} v + v^2$$

$$2 g L = v^2 + \frac{g L}{4} + \sqrt{g L} v + v^2$$

$$2 v^2 + v \sqrt{g L} - \frac{7}{4} g L = 0 \quad | \cdot 4$$

$$8 v^2 + 4 v \sqrt{g L} - 7 g L = 0$$

$$D = 16 g L + 4 \cdot 7 \cdot 8 g L = 240 g L$$

$$v = \frac{-4 \sqrt{g L} + 4 \sqrt{15 g L}}{16} = \frac{\sqrt{g L} (\sqrt{15} - 1)}{4} \approx 0,72 \sqrt{g L}$$

$$\text{Ответ: } v_{\max} = \frac{\sqrt{g L} (\sqrt{15} - 1)}{4} \approx 0,72 \sqrt{g L}$$

