

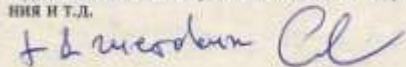
ШИФР

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников
БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ-БУДУЩЕЕ НАУКИпо физике в 11 классе
(наименование общеобразовательного предмета)Фамилия И.О. участника Хорошев Егор Владимирович

Дата рождения

Школа № 2 район _____ город Дзержинск**Особые отметки** (Заполняется представителем оргкомитета) о добавлении листов, о смене цвета пасты, о нарушении правил поведения и т.д.Дата проведения 03.03.2024

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

Оформление работы

Участник аккуратно заполняет титульный лист папки «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)

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.

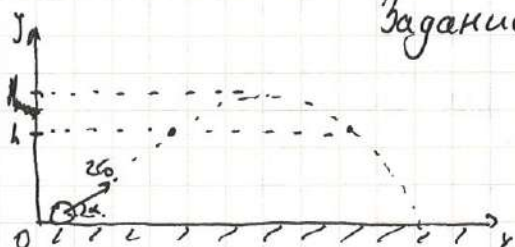
Внимание. За нарушение правил поведения участник удаляется с очного тура олимпиады с выставлением нуля баллов за выполнявшуюся работу независимо от числа правильно выполненных заданий. Все виды шпаргалок изымаются и выдаются по письменному

Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Сумма баллов
25	10	25	25	85
сп	сп	сп	сп	сп

Заполняется проверяющим!

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

Задание 1



Так как тело в моменты t_1 и t_2 оказалось на одной высоте, то по оси Oy :

$$\begin{cases} h = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ h = v_0 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} \\ v_0 \sin \alpha (t_1 - t_2) = \frac{g}{2} (t_1^2 - t_2^2) \end{cases}$$

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

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

Так как брошенное под углом к горизонту тело движется по параболе, то оно достигнет своей максимальной высоты в момент времени $t_{\max} = \frac{t_{\text{полета}}}{2}$

$$Oy: v_0 \sin \alpha \cdot t_{\max} - \frac{g t_{\max}^2}{2} = 0$$

$$t_{\max} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow t_{\max} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

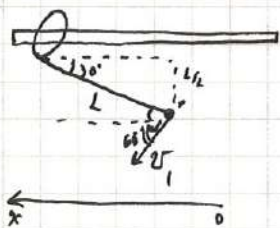
$$H_{\max} = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{g}{2} \left(\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} \right)$$

$$\text{Подставим } (*) \text{ и получим: } H_{\max} = \frac{g}{2} \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right)^2 = \frac{g (t_1 + t_2)^2}{8}$$

$$\text{Ответ: } H_{\max} = \frac{g (t_1 + t_2)^2}{8}$$

Задание 2

В момент освобождения кольца;



Запишем закон сохранения энергии для шарика:

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

$$v_1 = \sqrt{gL}$$

Так как по оси Ox на систему тел не действуют внешние силы, то будет справедлив закон сохранения импульса по этой оси:

$mv_1 \cos \alpha = mv_{ш} - mv_k$, где $v_{ш}$ и v_k — скорости шарика и кольца в момент, когда шарик опустился на L , ведь тогда v_k будет максимальной. +50.

$$v_1 \cos \alpha = v_{ш} - v_k$$

$$v_k = v_{ш} - v_1 \cos \alpha \quad +55.$$

Так как в момент освобождения кольца шарик опустился на $L/2$, то угол между стержнем и нитью 30° , тогда

$$\alpha = 60^\circ \Rightarrow v_k = v_{ш} - \frac{v_1}{2} = v_{ш} - \frac{\sqrt{gL}}{2}$$

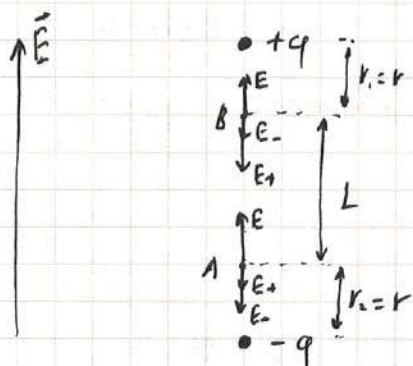
Так как сила, действующая на шарик со стороны стержня, перпендикулярна направлению движения шарика, то её работа будет равна 0, поэтому для шарика будет выполняться ЗСЭ:

$$mgL = \frac{mv_{ш}^2}{2} \Rightarrow v_{ш} = \sqrt{2gL}$$

Умно: $v_k = \sqrt{2gL} - \frac{\sqrt{gL}}{2} = \frac{2\sqrt{2}-1}{2} \sqrt{gL}$

Ответ: $v_k = \frac{2\sqrt{2}-1}{2} \sqrt{gL}$

Задача 3



Так как поле в точках = 0, то

$\vec{E}_{\text{пол}} = 0$, тогда

$$\begin{cases} E = \frac{kq}{r_1^2} + \frac{kq}{(r_1+L)^2} \\ E = \frac{kq}{r_2^2} + \frac{kq}{(r_2+L)^2} \end{cases} \Rightarrow r_1 = r_2 = r$$

$E = \frac{kq}{r^2} + \frac{kq}{(r+L)^2} +$

Было: $\varphi_A - \varphi_B = EL$

Стало: $\varphi_A - \varphi_B = EL + 2\left(\frac{kq}{r+L} - \frac{kq}{r}\right)$ $\left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow \frac{EL}{2} = EL + 2\left(\frac{kq}{r+L} - \frac{kq}{r}\right) \\ 2\left(\frac{kq}{r} - \frac{kq}{r+L}\right) = \frac{EL}{2} + \end{array} \right.$

Получим систему:

$$\begin{cases} \frac{EL}{4} = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r+L} & (1) \\ E = \frac{kq}{r^2} + \frac{kq}{(r+L)^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{E^2 L^2}{16} = k^2 q^2 \left(\frac{1}{r^2} - \frac{2}{r(r+L)} + \frac{1}{(r+L)^2} \right) \\ E = kq \left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{(r+L)^2} \right) \end{cases}$$

$$\frac{E^2 L^2}{16 k^2 q^2} - \frac{E}{kq} = - \frac{2}{r(r+L)}$$

$$\frac{2}{r(r+L)} = \frac{E}{kq} - \frac{E^2 L^2}{16 k^2 q^2}$$

Продолжение на дополнительном листе

Задание 4

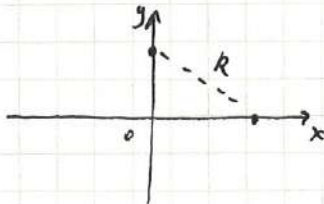
Так как магнитики отклонили на небольшой угол θ_0 , то их движением по вертикали можно пренебречь и считать, что они движутся по перпендикулярным прямым.

Пусть первый движется по оси x , второй — по оси y , тогда, учитывая, что $\sin \theta_0 \approx \theta_0$, законы движения будут:

$$x = L \theta_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{3})$$

$$y = L \theta_0 \cos(\omega t)$$

(фаза первого подобрана с учётом, что при $t=0$ $x = L \frac{\theta_0}{2}$)



Расстояние между грузами $R = \sqrt{x^2 + y^2}$

Так как $-v_{\text{сбл}}(t) = R'(t)$, то максимальное расстояние достигается, когда $v_{\text{сбл}} = 0$, причём до этого $v_{\text{сбл}} < 0$, т.е. грузы отдаляются друг от друга.

Заметим, что при $\omega t = \frac{5\pi}{6}$ $\left(\begin{aligned} x &= L \theta_0 \cos \frac{2\pi}{3} = -L \theta_0 \cos \frac{\pi}{3} \\ y &= L \theta_0 \cos \frac{5\pi}{6} \end{aligned} \right)$

проекции скоростей ^{грузов} на прямую, соединяющую их, равны, поэтому $v_{\text{сбл}} = 0$, а до этого $v_{\text{сбл}} < 0$ и в этом случае R_{max}

$$R_{\text{max}} = \sqrt{L^2 \theta_0^2 \cos^2(\frac{5\pi}{6}) + L^2 \theta_0^2 \cos^2(\frac{\pi}{3})} = \sqrt{L^2 \theta_0^2 \cdot \frac{3}{4} + L^2 \theta_0^2 \cdot \frac{1}{4}} = L \theta_0 \sqrt{\frac{4}{4}} = L \theta_0 \frac{\sqrt{4}}{2}$$

При этом $\omega t = \frac{5\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{5\pi}{6} \cdot \frac{1}{\omega} \Rightarrow t = \frac{5\pi}{6} \sqrt{\frac{L}{g}}$

где маг. магнитика $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$

Ответ: $R_{\text{max}} = L \theta_0 \cdot \frac{\sqrt{4}}{2}$; $t = \frac{5\pi}{6} \sqrt{\frac{L}{g}}$

28

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

Задача 3. Продолжение

$$\frac{1}{r(r+l)} = \frac{E}{2kq} - \frac{E^2 L^2}{32k^2 q^2}$$

$$(r(r+l))^{-1} = \frac{E}{2kq} - \frac{E^2 L^2}{32k^2 q^2}$$

Подставим в (1):

$$\frac{EL}{4} = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r+l} \Leftrightarrow \frac{EL}{4} = \frac{kqL}{r(r+l)}$$

$$\frac{EL}{4} = kqL \left(\frac{E}{2kq} - \frac{E^2 L^2}{32k^2 q^2} \right)$$

$$\frac{EL}{4} = \frac{EL}{2} - \frac{E^2 L^3}{32kq}$$

$$\frac{L}{4} = \frac{L}{2} - \frac{EL^2}{32kq}$$

$$\frac{EL^2}{32kq} = \frac{1}{4} \Rightarrow E = \frac{8kq}{L^2} \left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow E = \frac{8q}{4\pi\epsilon_0 L^2} = \frac{2q}{\pi\epsilon_0 L^2} \\ k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \end{array} \right.$$

Подставим в (1):

$$\frac{8kq}{L^2} \frac{L}{4} = \frac{kq}{r} - \frac{kq}{r+l}$$

$$\frac{2kq}{L} = \frac{kqL}{r(r+l)} \Leftrightarrow r(r+l) = \frac{L^2}{2}$$

$$2r(r+l) - L^2 = 0$$

$$2r^2 + 2rL - L^2 = 0$$

$$D = 4L^2 + 8L^2 = 12L^2$$

$$r = \frac{-2L \pm L\sqrt{12}}{4}$$

Так как $r > 0$ и $L > 0$, то:

$$r = \frac{L\sqrt{12} - 2L}{4}$$

$$r = \frac{2\sqrt{3}L - 2L}{4} = \frac{\sqrt{3}-1}{2} L \text{ и между зарядами } 2r + L =$$

$$= (\sqrt{3}-1)L + L = \sqrt{3}L$$

Ответ: $E = \frac{8kq}{L^2} = \frac{2q}{\pi\epsilon_0 L^2}$; расстояние между зарядами $\sqrt{3}L$.

