

ШИФР

026

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ-БУДУЩЕЕ НАУКИ

по физике в 11 классе
(наименование общеобразовательного предмета)

Фамилия И.О. участника Сахновская Анастасия Сергеевна

Дата рождения

Школа № 40 район Нижегородский город Кемский Кемерово

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

1 листовка

Дата проведения 03.03.2024

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 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 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)

Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Сумма баллов
25	15	5	20	65

Заполняется проверяющим!

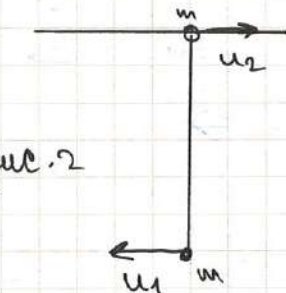
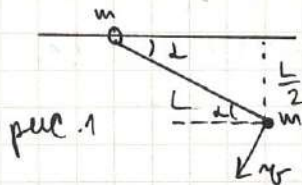
Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

№1.

П.к. время подъема и время падения равны между собой и равны t , то $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$. Тогда максимальная высота подъема тела равна $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2 \cdot 2^2} = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$, т.к. оно движется равноускоренно.

Ответ: $h = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{8}$.

№2.



Найдем скорость v шарика в момент опирания колеса из закона сохранения энергии:

$$mgL = \frac{mgL}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mgL}{2}$$

$$v = \sqrt{gL}$$

Заметим, что на систему «шарик + шершень + колесо» не действуют никакие внешние горизонтальные силы, т.е. горизонтальная проекция импульса системы будет сохраняться и будет равна $p_x = mv \sin \alpha = \frac{mv}{2}$.

П.к. шершень легкий и невесомый, сила упругости, действующая на шарик и колесо, будут равны по модулю и противоположны по направлению. При этом они будут направлены вдоль шершня (в противном случае, т.к. он невесомый,

он начнет вращаться с бесконечным угловым ускорением).
 Т.е. до тех пор, пока стержень не будет перпендикулярен шнуре, ускорение колыба будет направлено влево, а горизонтальная проекция скорости шарика — вправо. Далее они изменят направление на противоположное, т.е. колыба начнет шарошиться. Т.е. оно будет обладать наибольшей скоростью в момент, когда стержень перпендикулярен шнуре (см. рис. 2). Т.к. стержень нерастяжимый, расстояние от шарика до колыба не меняется, и скорость шарика в этот момент будет направлена горизонтально. Пусть скорости шарика и колыба равны соответственно u_1 и u_2 . Запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:

$$\frac{mu_1^2}{2} + \frac{mu_2^2}{2} = mgL \Rightarrow u_1^2 + u_2^2 = 2gL$$

$$mu_1 - mu_2 = m \frac{v}{2} \Rightarrow mu_1 - mu_2 = m \frac{\sqrt{gL}}{2} \Rightarrow u_1 = u_2 + \frac{\sqrt{gL}}{2}$$

$$u_1^2 + u_2^2 = 2gL \Rightarrow u_2^2 + \left(u_2 + \frac{\sqrt{gL}}{2}\right)^2 = 2gL \Rightarrow 2u_2^2 + \frac{gL}{4} + u_2\sqrt{gL} = 2gL \Rightarrow 2u_2^2 + u_2\sqrt{gL} - \frac{7}{4}gL = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_2 = \sqrt{gL} \cdot \frac{-1 + \sqrt{1^2 + 2 \cdot \frac{7}{4} \cdot 4}}{4} = \sqrt{gL} \cdot \frac{\sqrt{5} - 1}{4} \quad (\text{корень } u_2 = \sqrt{gL} \cdot \frac{-\sqrt{5} - 1}{4} \text{ не имеет физического смысла и потому не подходит}).$$

$$\text{Ответ: } u_2 = \frac{\sqrt{5} - 1}{4} \cdot \sqrt{gL} \approx 0,718 \sqrt{gL}.$$

к ч.

Т.к. угол отклонения маятника от вертикали мал, предположим их малы и будем рассматривать только движение в горизонтальной плоскости.

Для каждого маятника ~~$x = L \sin \varphi \approx L \varphi$, т.к. φ мал~~

~~$(-\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0)$~~ $x = L \sin \theta \approx L \theta$, т.к. θ мал ($-\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0$).

^{циклическая} Частота колебаний обоих маятников будет равна $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$.

Закон движения первого маятника будет иметь вид:

$$x_1(t) = A \cdot \cos \omega t = L \theta_0 \cos \omega t.$$

Закон движения второго маятника будет иметь вид:

$$x_2(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0), \text{ где } \varphi_0 = -\arccos\left(\frac{0.5 \theta_0}{\theta_0}\right) = -\frac{\pi}{3}.$$

т.е. $x_2(t) = L \theta_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{3})$.

Тогда зависимость расстояния между грузами от времени будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \cancel{x(t)} \quad x(t) &= \sqrt{x_1^2(t) + x_2^2(t)} = \sqrt{(L \theta_0 \cos \omega t)^2 + L^2 \theta_0^2 \cos^2(\omega t - \frac{\pi}{3})} = \\ &= L \theta_0 \sqrt{\cos^2 \omega t + \cos^2(\omega t - \frac{\pi}{3})} = L \theta_0 \sqrt{\cos^2 \omega t + (\cos \omega t \cos \frac{\pi}{3} + \sin \omega t \sin \frac{\pi}{3})^2} = \\ &= L \theta_0 \sqrt{\cos^2 \omega t + \left(\frac{1}{2} \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \omega t\right)^2} = \\ &= L \theta_0 \sqrt{\cos^2 \omega t + \frac{1}{4} \cos^2 \omega t + \frac{3}{4} \sin^2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \sin \omega t} = \\ &= L \theta_0 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \cos^2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2 \omega t} \end{aligned}$$

~~Найдем~~ Найдем максимум этой функции, приравняв ее производную к нулю:

$$\begin{aligned} x'(t) &= \frac{L \theta_0 (\cos \omega t \cdot (-\sin \omega t) \cdot \omega + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \cos 2 \omega t \cdot 2 \omega)}{2 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \cos^2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2 \omega t}} = \\ &= \frac{L \theta_0 \omega (-\sin \omega t \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2 \omega t)}{2 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \cos^2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2 \omega t}} = \frac{L \theta_0 \omega (-\frac{1}{2} \sin 2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2 \omega t)}{2 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \cos^2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin 2 \omega t}} = 0 \end{aligned}$$

т.е. ~~$-\frac{1}{2} \sin 2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2 \omega t = 0$~~ $-\frac{1}{2} \sin 2 \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2 \omega t = 0 \Rightarrow \sin 2 \omega t = \sqrt{3} \cos 2 \omega t \Rightarrow$

$\Rightarrow \tan 2 \omega t = \sqrt{3} \Rightarrow 2 \omega t = \frac{\pi}{3} + \pi k, k \in \mathbb{Z}$. Подставим найденное значение в функцию $x(t)$: $x_{\max} = L \theta_0 \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \cos^2 \frac{\pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin \frac{\pi}{3}} =$

$$= L \theta_0 \sqrt{\frac{3}{4} + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = L \theta_0 \sqrt{\frac{3}{2}}.$$

Найдем наименьшее решение уравнения $2 \omega t = \frac{\pi}{3} + \pi k, k \in \mathbb{Z}$.

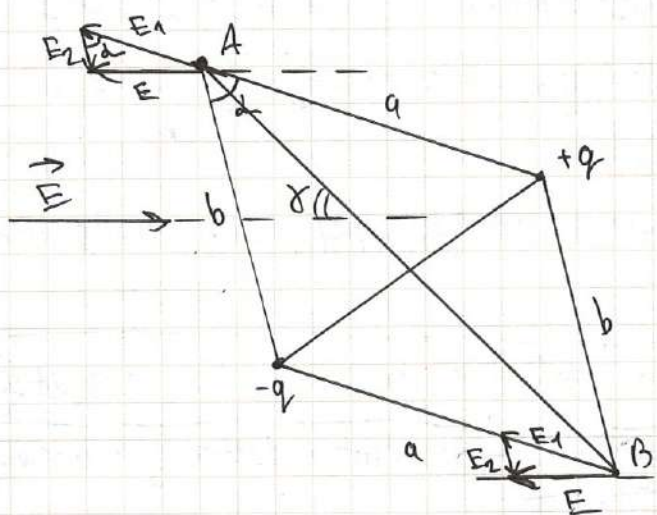
$$\omega t = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2}k, k \in \mathbb{Z}$$

При $k=0$ $\omega t = \frac{\pi}{6}$, но $\frac{\pi}{6} < |\varphi_0|$, т.е. в это время второй маятник еще не свисел. Тогда $k=1 \rightarrow \omega t = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t = \frac{2\pi}{3\omega} = \frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{L}{g}}.$$

Ответ: $x_{\max} \approx L \theta_0 \sqrt{\frac{3}{2}}$, $t = \frac{2\pi}{3} \sqrt{\frac{L}{g}}$.

№ 3.



Из симметрии по-
чаем, что заряды и по-
ти с нулевой компонен-
той по оси симметрии
образовывают паралле-
лограмм $AB=L$, рассто-
яние между зарядами
равно x .

Тогда: $E_1 = \frac{kq}{a^2}$, $E_2 = \frac{kq}{b^2}$. Тогда по теореме ко-
синусов: $E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \alpha = E^2 \Rightarrow \frac{k^2q^2}{a^4} + \frac{k^2q^2}{b^4} -$
 $\frac{2k^2q^2}{a^2b^2} \cos \alpha = E^2$ (1)

Разность потенциалов между точками A и B до
внесения зарядов: $\Delta\varphi_0 = \varphi_{B0} - \varphi_{A0} = EL \cos \alpha$.

После внесения зарядов, по принципу суперпозиции:

$$\varphi_{B1} = \varphi_{B0} + \frac{kq}{b} - \frac{kq}{a}$$

$$\varphi_{A1} = \varphi_{A0} - \frac{kq}{b} + \frac{kq}{a}$$

$$\varphi_{B1} - \varphi_{A1} = \frac{2kq}{b} - \frac{2kq}{a} + \Delta\varphi_0 = \frac{1}{2} \Delta\varphi_0 \Rightarrow \frac{2kq}{a} - \frac{2kq}{b} =$$

 $= \frac{1}{2} \Delta\varphi_0 = \frac{EL \cos \alpha}{2}$ (2)

По теореме косинусов:

(см. доказательство мнм)

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

$$a^2 + b^2 - 2ab \cos(180^\circ - 2) = L^2 \Rightarrow a^2 + b^2 + 2ab \cos 2 = L^2 \quad (3)$$

$$a^2 + b^2 - 2ab \cos 2 = x^2 \quad (4)$$

