0 937200 240007

93-72-00-24
(115.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11 класс

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьевы горы"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Перфильевой Марии Константиновны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

сдала 16.18

Дата

«05» апреля 2024 года

Подпись участника

МП

93-72-00-24 (115.2)

Чистовик.

Задание 1:

Вопрос: колебания будут линейными, если тело будет двигаться вдоль оси x или y, если $U(x,y) = k(4x^2+y^2)/2$, т.к. отсутствует слагаемое x, y.

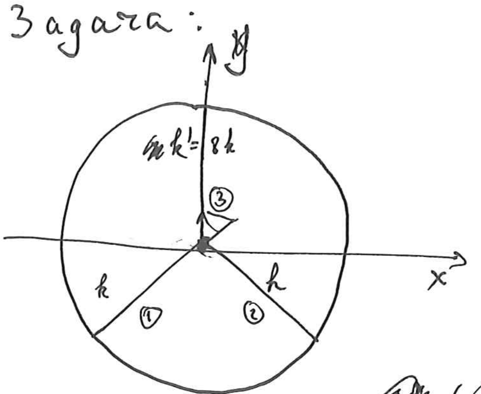
$\Rightarrow$ При движении вдоль оси x: $U(x) = 2kx^2$

$$2kx^2 + \frac{m\dot{x}^2}{2} = 0 \Rightarrow \omega_x = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$

При движении вдоль оси y: $U(y) = \frac{ky^2}{2}$

$$\frac{ky^2}{2} + m\dot{y}^2 = 0 \Rightarrow \omega_y = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Задача:



$$k\Delta l_1 = k\left(y\frac{\sqrt{2}}{2} + x\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$k\Delta l_2 = k\left(y\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} - x\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$8k\Delta l_3 = 8k(y)$$

$$E = \frac{k\Delta l_1^2}{2} + \frac{k\Delta l_2^2}{2} + \frac{8k\Delta l_3^2}{2} =$$

$$\cancel{= \frac{k}{2}\left(a_y^2\cdot\frac{1}{2} + a_x^2\cdot\frac{1}{2} + a_x a_y + a_y^2\cdot\frac{1}{2} + a_x^2\cdot\frac{1}{2} - a_x a_y + a_y^2\cdot 8\right) = \frac{k}{2}\left(a_x^2 + 9a_y^2\right)}$$

$$= \frac{k}{2}\left(y^2\cdot\frac{1}{2} + x^2\frac{1}{2} + \cancel{xy} + y^2\frac{1}{2} + x^2\frac{1}{2} - \cancel{xy} + 8^2y^2\right) =$$

$$= \frac{k}{2}\left(65y^2 + x^2\right) \Rightarrow \omega_y = \sqrt{\frac{65k}{m}} \quad \omega_x = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\Rightarrow t_y = \frac{2\pi}{\omega_y} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{65k}} \qquad t_x = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{m v_y^2}{2} = \frac{k}{2}\cdot 65 S^2 \qquad \frac{m v_x^2}{2} = \frac{k}{2}\cdot S^2$$

$$v_y = \sqrt{\frac{65k}{m}\cdot S^2} \qquad v_x = \sqrt{\frac{k}{m}S^2}$$

чистовик.

Ответ: $t_y = 2\pi\sqrt{\frac{m}{65k}}$, $v_y = S\sqrt{\frac{65k}{m}}$

$t_x = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; $v_x = S\sqrt{\frac{k}{m}}$.

$t_y = 2\pi\sqrt{\frac{0,25}{65}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{260}}$ с.

$v_y = 0,012\sqrt{\frac{65}{0,25}} = 0,012\cdot\sqrt{260}$ м/с.

$t_x = 2\pi\sqrt{0,25} = \pi$ с.

$v_y = 0,012\cdot\sqrt{\frac{1}{0,25}} = \frac{0,012}{0,5} = 0,024$ м/с.

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик

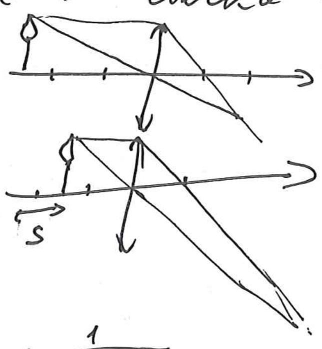
Задание 4:

Вопрос: линзу можно считать тонкой если она преломляет все лучи, идущие $\perp$ ей так, чтобы они попадали в (или их продолжения) фокус. Также если лучи не параллельны, то они должны быть ~~пра~~ параксиальными, для них должна выполняться формула тонкой линзы $\pm\frac{1}{F} = \pm\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b}$.

Условие на толщину?

Задача: По условию линза тонкая и она формирует изображение на экране $\Rightarrow$ линза собирающая, также $|\Gamma| < 1 \Rightarrow$ в начале свеча стоит за вторым фокусом. Когда свечу перемещают, снова получается изображение на экране $\Rightarrow$ оно действительное $\Rightarrow$ ~~линза~~ ~~оно~~ свечка между 1 и 2 фокусом.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$



$$\frac{b}{a} = |\Gamma| \Rightarrow b = |\Gamma| a$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a-s} + \frac{1}{b'}$$

$$\frac{b'}{a-s} = |\Gamma'| \Rightarrow b' = (a-s)|\Gamma'|$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{|\Gamma| a} = \frac{1}{a-s} + \frac{1}{(a-s)|\Gamma'|}$$

$$\frac{|\Gamma|+1}{|\Gamma| a} = \frac{|\Gamma'|+1}{(a-s)|\Gamma'|}$$

$$|\Gamma'|(|\Gamma|+1)a - (|\Gamma|+1)\cdot s|\Gamma'| = |\Gamma|(|\Gamma'|+1)a$$

$$a\left(|\Gamma'| + \cancel{|\Gamma||\Gamma'|} - \cancel{|\Gamma||\Gamma'|} - |\Gamma|\right) = s(|\Gamma|+1)|\Gamma'|$$

$$\times \frac{35}{4} \over 140$$

$$\frac{0,6}{20} = \frac{6}{200} = \frac{3}{100}$$

$$a = \frac{s|\Gamma'|(|\Gamma|+1)}{|\Gamma'| - |\Gamma|} = 70 \cdot \frac{2,5\cdot 1,4}{2,5-0,4} =$$

$$= 7 \cdot \frac{25\cdot 14}{21} = \frac{350}{3} \Rightarrow D = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{3}{350} + \frac{3}{350\cdot 0,4} =$$

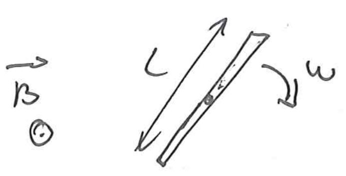
$$= \frac{1,2}{140} + \frac{3}{140} = \frac{4,2}{140} \simeq 0,03$$

Ответ: $D = 0,03\ \frac{1}{см}$ $[D]$ = дптр

чистовик

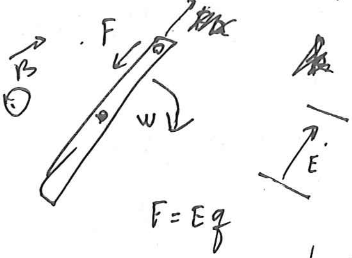
Задание 3:

Вопрос:



Когда стержень начнет вращаться, в нем перераспределятся заряды до тех пор, ~~пока~~ пока не будет равновесия. На положительный заряд находящийся в равновесии должны действовать две силы. $F_Л$ и $F_{электростат.}$ взаимодейств.

Это значит, что для рисунка выше, $\ominus$ „соберутся" на концах стержня, а $\oplus$ ~~ближе~~ в центре.



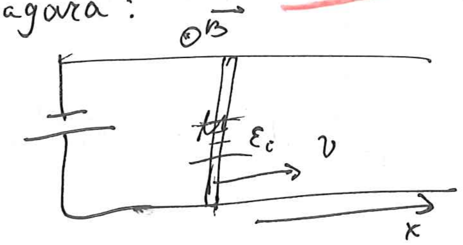
$$qBw\frac{L}{2} = Eq$$

$$|\Delta\varphi| = \int E\,d\frac{L}{2} = Bw\frac{L}{2}\cdot\frac{L}{2} = \frac{BwL^2}{4}$$

(между центром и концом).

$|\Delta\varphi|$ между ~~краями~~ концами стержня $= 0$

Задача:



$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -BvD$$

$$I = \frac{\mathcal{E}+\mathcal{E}_i}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{BvD}{R}$$

$$ma = IBD = \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{BvD}{R}\right)BD =$$

$$= \frac{\mathcal{E}BD}{R} - \frac{B^2D^2v}{R}$$

$$m\,dv = \frac{\mathcal{E}BD}{R}dt - \frac{B^2D^2v\,dt}{R}$$

$$\frac{m\,dv}{\frac{\mathcal{E}BD}{R} - \frac{B^2D^2}{R}\cdot v} = dt = -\frac{m\cdot R}{B^2D^2}\cdot\frac{dv}{v - \frac{\mathcal{E}}{DB}}$$

$$\Delta t = -\frac{mR}{B^2D^2}\ln\frac{v-\frac{\mathcal{E}}{DB}}{-\frac{\mathcal{E}}{DB}} = -\frac{mR}{B^2D^2}\ln\left(1-\frac{vDB}{\mathcal{E}}\right)$$

~~Итак при~~

$$e^{-\frac{\Delta t\cdot B^2D^2}{mR}} = 1-\frac{vDB}{\mathcal{E}}$$

$$v = \left(1 - e^{-\frac{\Delta t B^2 D^2}{mR}}\right)\cdot\frac{\mathcal{E}}{DB}, \quad \text{при } \Delta t\to\infty \quad v_{max} = \frac{\mathcal{E}}{DB}$$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

93-72-00-24 (115.2)

Чистовик

$$\int m\,dv = \int \frac{\mathcal{E}BD}{R}dt - \int \frac{B^2D^2}{R}ds$$

$$m\Delta v = \frac{\mathcal{E}BD}{R}\Delta t - \frac{B^2D^2}{R}\Delta S$$

$$m\cdot 0{,}95v_{max} = \frac{\mathcal{E}BD}{R}\cdot\left(-\frac{mR}{B^2D^2}\cdot \ln\left(1-\frac{v_{max}\cdot 0{,}95BD}{\mathcal{E}}\right)\right) - \frac{B^2D^2}{R}\cdot S$$

$$m\cdot 0{,}95v_{max} = -\frac{m\mathcal{E}}{DB}\ln\left(1-\frac{v_{max}\cdot 0{,}95BD}{\mathcal{E}}\right) - \frac{B^2D^2}{R}S$$

$$m\cdot 0{,}95\cdot\frac{\mathcal{E}}{DB} = -\frac{m\mathcal{E}}{DB}\ln(1-0{,}95) - \frac{D^2B^2}{R}S$$

$$\frac{m\mathcal{E}}{DB}\left(0{,}95-\ln(0{,}05)\right) = -\frac{D^2B^2}{R}S$$

Если сопротивление рельсов не равно 0,

то $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -BvD$

$$I = \frac{\mathcal{E}+\mathcal{E}_i}{R(x)} \qquad R_x = 2x\rho + R$$

$$ma = IBD = \frac{\mathcal{E}BD}{R(x)} - \frac{B^2D^2v}{R(x)}$$

$$m\frac{dv}{dt} = \frac{\mathcal{E}BD}{2x\rho+R} - \frac{B^2D^2v}{2x\rho+R}$$

$$m\,dv = \frac{\mathcal{E}BD\,dt}{2x\rho+R} - \frac{B^2D^2\,dx}{2x\rho+R}$$

$$x(t) = v\,dt$$

$$m\,dv = \frac{\mathcal{E}BD\,dt}{2v\,dt+R} - \frac{B^2D^2\,dx}{2x\rho+R}$$

$$m\,dv = \frac{\mathcal{E}BD}{2v+\frac{R}{dt}}$$

$$m\,dv(2v\,dt+R) = B\mathcal{E}D\,dt - B^2D^2\,dx$$

$$m\,dv\,R = \mathcal{E}BD\,dt - B^2D^2\,dx$$

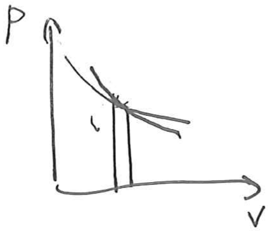
чистовик

Задание 2:

вопрос:

При адиаб. сжатии $\Delta Q = 0$

$\Rightarrow \Delta U + \Delta A = \Delta Q = 0 \quad \Rightarrow \Delta A = -\Delta U$

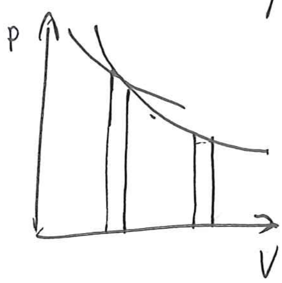


$pV = \nu RT \qquad \frac{\Delta p}{p} = 0{,}007 \ll 1$

$\Rightarrow A = p\Delta V$

$\cancel{pV^{\gamma} = const} \quad \cancel{\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{7}{5}}$

$\cancel{pV^{\frac{7}{5}} = const}$



$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$

$p\Delta V = \frac{5}{2}\nu R\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{2}{5}\cdot\frac{p\Delta V}{\nu R}$

$pV = \nu RT$

$p\cdot 1{,}007(V - \Delta V) = \nu R(T + \Delta T)$

$1{,}007\cdot\frac{V-\Delta V}{V} = \frac{T+\Delta T}{T}$

$1{,}007\left(1 - \frac{\Delta V}{V}\right) = \left(1 + \frac{\frac{2}{5}\frac{p\Delta V}{\nu R}}{\frac{pV}{\nu R}}\right)$

$1{,}007\left(1 - \frac{\Delta V}{V}\right) = \left(1 + \frac{2}{5}\cdot\frac{\Delta V}{V}\right)$

$1{,}007 - 1{,}007\frac{\Delta V}{V} = 1 + 0{,}4\frac{\Delta V}{V}$

$0{,}007 = 1{,}407\frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \Delta V = V\cdot\frac{7}{1407}$

$\times 8{,}31 \cdot 1{,}5$: $4155 + 831 = 12{,}465$

$\Rightarrow A = p\Delta V = pV\frac{7}{1407} = \nu RT\cdot\frac{7}{1407}$, где $\nu = 1$, $T = 301$ К.

$A = \frac{7}{1407}\cdot 1\cdot 8{,}31\cdot 301 = \frac{1}{201}\cdot 8{,}31\cdot 301 \simeq \frac{3}{2}\cdot 8{,}31 \simeq 12{,}5$ Дж

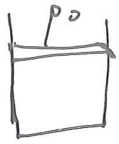
Задача:

В первом процессе, когда поставили гирю, как и во втором, т.к. ~~т~~ поршень и стенки теплоизолированы, то процессы адиабатические $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ~~в~~ $\Delta U = -\Delta A$.

Процесс 1:

$A_{вн} = -A_{газа}$



частовик

$p_0 S + mg = p_1 S$

$p_0 S + mg + Mg = p_2 S$

$Mg = (p_2 - p_1) S \Rightarrow \Delta p = \frac{Mg}{S}$

$A = p \Delta V = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{2}{5} \frac{p \Delta V}{\nu R}$

$pV = \nu RT$

$\frac{\Delta T}{T} = \frac{2}{5} \frac{\Delta V}{V}$

$(p + \Delta p)(V - \Delta V) = \nu R (T + \Delta T)$

$\left(1 + \frac{\Delta p}{p}\right) \cdot \left(1 - \frac{\Delta V}{V}\right) = 1 + \frac{\Delta T}{T} = 1 + \frac{2}{5} \frac{\Delta V}{V}$

$\cancel{1} + \frac{\Delta p}{p} - \frac{\Delta V}{V} - \cancel{\frac{\Delta p \Delta V}{pV}} = \cancel{1} + \frac{2}{5} \frac{\Delta V}{V}$

$\frac{\Delta p}{p} - \frac{\Delta V}{V} = \frac{2}{5} \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \frac{\Delta p}{p} = \frac{7}{5} \frac{\Delta V}{V}$ +

Т.к. оба процесса адиабатические, а ~~вн~~

A внешних сил равна $Mg(h_0 - h_1) - mg(h_2 - h_0)$

$p_0 S + mg = p_1 S$

$p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$

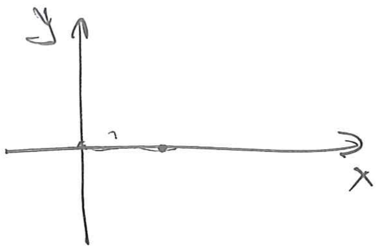
$Mg(h_0 - h_1) - mg(h_2 - h_0) = p_1 \cdot \Delta V$

$Mg(h_0 - h_1) - mg(h_2 - h_0) = \left(p_0 + \frac{mg}{S}\right) S \cdot (h_2 - h_0)$

$Mg(h_0 - h_1) - mg(h_2 - h_0) = p_0 S (h_2 - h_0) + mg(h_2 - h_0)$

? Ответ?

Черновик.



$$U(x,y)=k(4x^2+y^2)/2$$

$$U=2kx^2$$

$\cancel{4kx\,dx=0}$ $\qquad \frac{kx^2}{2}=E$

$$\frac{mv^2}{2}+\frac{kx^2}{2}\Rightarrow m\dot{x}\ddot{x}+k\dot{x}x=0$$

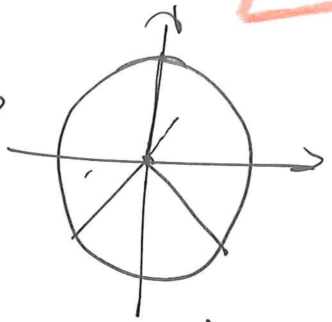
$$m\ddot{x}+kx=0$$

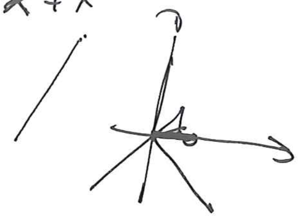
$$2kx^2+\frac{mv^2}{2}=0$$

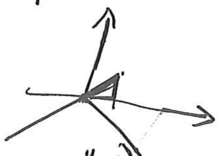
$$4kx\dot{x}+m\dot{x}\ddot{x}=0$$

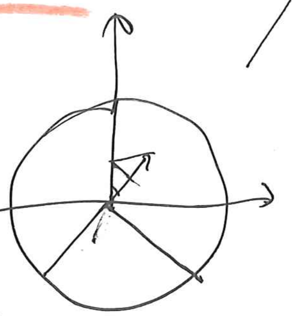
$\omega=$

$$\frac{4k}{m}x+\ddot{x}=0$$

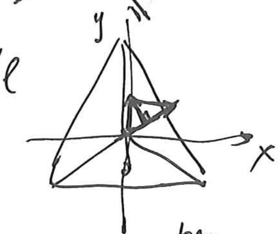


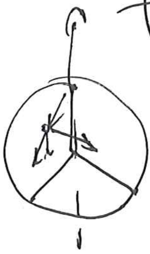






dl





$$ma_1=k\,dy\cdot\cos\alpha+dx\cdot\sin\alpha\,k$$

$ma=k$

$$ma_1=k\left(dy\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}+dx\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

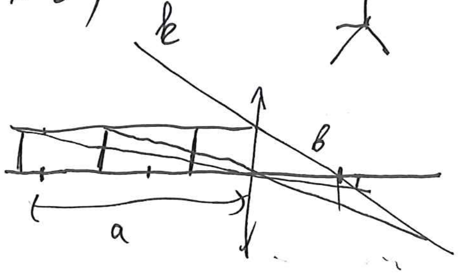
$$ma_2=k\left(dy\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}-dx\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$ma_3=k(-dy)$$

$e^0=1$

$\log_a b=c$

$a^c=b$



$\log_e 1=0$

$\ln 1=0$

$$\frac{b}{a}=\Gamma=0{,}4$$

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{F}= \qquad \frac{b'}{a-s}=\Gamma$$

$$=\frac{1}{a-s}+\frac{1}{b'} \qquad \frac{1}{a}+\frac{1}{\Gamma a}=\frac{1}{a-s}+\frac{1}{\Gamma'(a-s)}$$