0 917124 260008

91-71-24-26
(3.11)

1755

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант N 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Кострюкова Олега Витальевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Вышел 14:15 – 14:18

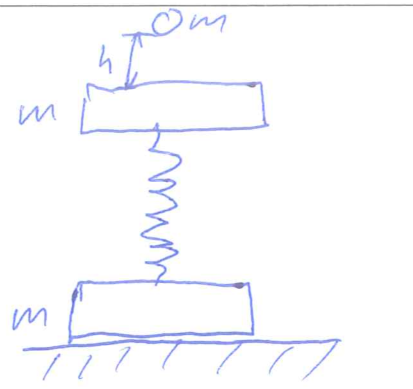
Дата

«14» февраля 2025 года

Подпись участника

91-71-24-26
(3.11)

1	2	3	4	5	Σ
10	20	12	17	20	79



№1 Чистовик

$m = 100$ г

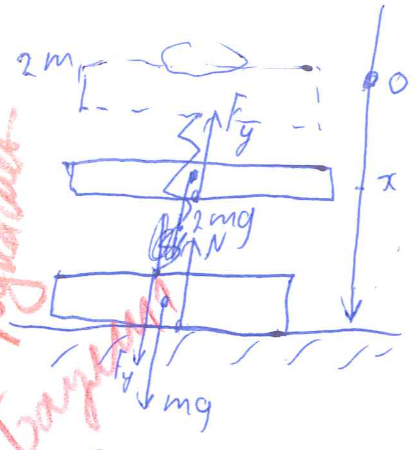
$h_{max} = 8$ см

$k - ?$

Колебания будут гармоническими, пока нижний брусок не отрывается. Считаем, что соударение абсолютно неупругое. ЗСЭ для шарика: $mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} \Rightarrow \vartheta = \sqrt{2gh}$

Пусть брусок с прилипшим пластилином приобрёл скорость ϑ_0. ЗСИ: $m\vartheta = 2m\vartheta_0 \Rightarrow \vartheta_0 = \frac{\vartheta}{2} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$

~~II з. Н для верхнего бруска:~~ $\vartheta_0^2 = \frac{2gh}{4}$



$2m\ddot{x} = 2mg - kx$

$2m\ddot{x} + kx = 2mg$

$\ddot{x} + \frac{k}{2m}x = g$

$\ddot{x} + \underbrace{\frac{k}{2m}}_{\omega^2}\left(x - \frac{2m}{k}g\right) = 0$

$x - \frac{2m}{k}g = A\sin\omega t + B\cos\omega t$

$x = A\sin\omega t + B\cos\omega t + \frac{2m}{k}g$

~~$x(0) = 0$~~

~~$\dot{x}(0) = \vartheta_0$~~

~~$0 = B + \frac{2m}{k}g \Rightarrow B = -\frac{2m}{k}g$~~

Когда нижний брусок отрывается от земли, $F_y = mg$. Максимальная сила упругости, отрывающая нижний брусок, достиг. в самой верхней точке. $\Rightarrow kx_m = mg \Rightarrow x_m = \frac{mg}{k}$

ЗСЭ для верхнего бруска + пласт. + пружина

$\frac{2m\vartheta_0^2}{2} = 2mgx_m + \frac{kx_m^2}{2}$

$m\vartheta_0^2 = 2mg \cdot \frac{mg}{k} + \frac{km^2g^2}{2k^2}$

$m\vartheta_0^2 = \frac{4m^2g^2}{2k} + \frac{m^2g^2}{2k}$

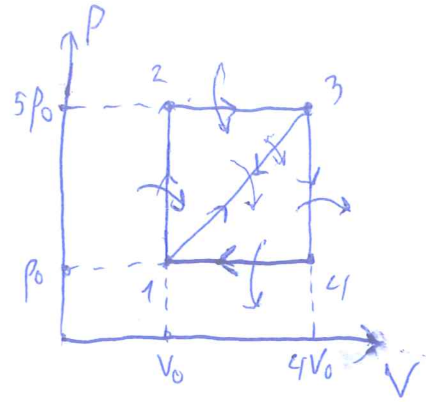
$m\vartheta_0^2 = \frac{5m^2g^2}{2k}$

$\frac{2gh_{max}}{4} = \frac{5mg^2}{2k}$

$k = \frac{5mg}{h_{max}} = \frac{5 \cdot 0{,}1\,кг \cdot 10\,\frac{м}{с^2}}{8 \cdot 10^{-2}\,м} = \frac{5}{8} \cdot 10^2\,\frac{Н}{м} = \frac{500}{8}\,\frac{Н}{м} = 62{,}5\,\frac{Н}{м}$

Ответ: $k = \frac{5mg}{h_{max}} = 62{,}5\,\frac{Н}{м}$

№2 Чистовик



$\frac{\eta_{1341}}{\eta_{1231}}$ - ? $i=3$

$1)\ p_0V_0 = \nu R T_1 \Rightarrow \nu R(T_2-T_1) = 4p_0V_0$

$2)\ 5p_0V_0 = \nu R T_2 \quad \nu R(T_3-T_2) = 15p_0V_0$

$3)\ 20p_0V_0 = \nu R T_3 \Rightarrow \nu R(T_1-T_3) = -19p_0V_0$

$4)\ 4p_0V_0 = \nu R T_4$

$\nu R(T_4-T_3) = -16p_0V_0$

$\nu R(T_1-T_4) = -3p_0V_0$

КПД первого:

$$\eta_{1231} = \frac{Q_{12}+Q_{23}+Q_{31}}{Q_{12}+Q_{23}} = 1 + \frac{Q_{31}}{Q_{12}+Q_{23}}$$

$1-2:\ Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) = 6p_0V_0$

$23:\ Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 5p_0 \cdot 3V_0 + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2) = \frac{5}{2}\cdot 15p_0V_0 = \frac{75}{2}p_0V_0$

$31:\ Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\frac{p_0+5p_0}{2}\cdot 3V_0 - \frac{3}{2}\cdot 19p_0V_0 = -9p_0V_0 - \frac{3}{2}\cdot 19 p_0V_0 =$

$= -\frac{18}{2}p_0V_0 - \frac{57}{2}p_0V_0 = -\frac{75}{2}p_0V_0$

$$\eta_{1231} = 1 - \frac{\frac{75}{2}p_0V_0}{6p_0V_0 + \frac{75}{2}p_0V_0} = 1 - \frac{75}{12+75} = 1 - \frac{75}{87} = \frac{12}{87}$$

$$\eta_{1341} = \frac{Q_{13}+Q_{34}+Q_{41}}{Q_{13}} = 1 + \frac{Q_{34}+Q_{41}}{Q_{13}} \quad Q_{13} = -Q_{31}$$

$34:\ Q_{34} = A_{34} + \Delta U_{34} = \frac{3}{2}\nu R(T_4-T_3) = -24p_0V_0$

$41:\ Q_{41} = \frac{5}{2}\nu R(T_1-T_4) = -\frac{5}{2}\cdot 3p_0V_0 = -\frac{15}{2}p_0V_0$

$$\eta_{1341} = 1 - \frac{24p_0V_0 + \frac{15}{2}p_0V_0}{\frac{75}{2}p_0V_0} = 1 - \frac{48+15}{75} = \frac{75-15-48}{75} = \frac{12}{75}$$

$$\frac{\eta_{1341}}{\eta_{1231}} = \frac{\frac{12}{75}}{\frac{12}{87}} = \frac{87}{75}$$

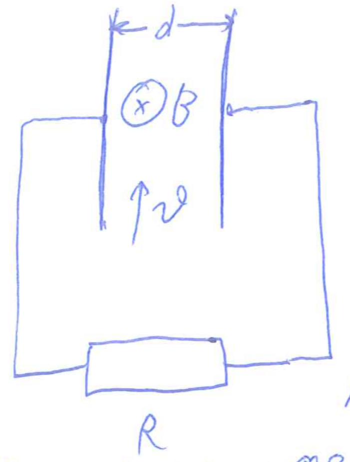
Ответ: $\frac{\eta_{1341}}{\eta_{1231}} = \frac{87}{75} = \frac{29}{25}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

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

91-71-24-26
(3.11)

№3 Чистовик



$R = 0{,}4$ Ом

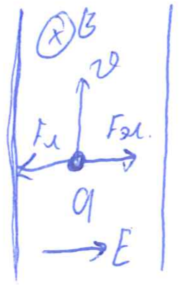
$d = 40$ см

$B = 1$ Тл

$P_m = 1$ мВт

$v - ?$

Рассмотрим стационарный режим. В нём на ~~заряженные~~ частицы действует сила ~~~~ со стороны магн. поля и силе со стороны пластин. В стационарном режиме эти силы скомпенсированы, т.к. произойдёт перераспределение зарядов, кот. это осуществит



$qvB = qE \Rightarrow \underline{E = vB}$

Мощность на резисторе:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(Ed)^2}{R} = \frac{v^2B^2d^2}{R}$$

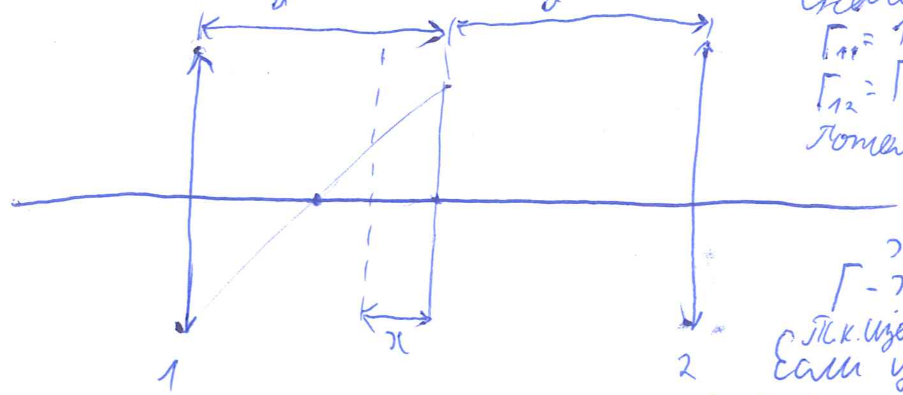
Нет внутр сопрот

$$v^2 = \frac{PR}{B^2d^2} = \cancel{\ }$$

$$v = \frac{\sqrt{PR}}{Bd} = \frac{\sqrt{1\cdot10^{-3}\cdot4\cdot10^{-1}}}{1\cdot0{,}4}\,\frac{м}{с} = \frac{2\cdot10^{-2}}{4\cdot10^{-1}}\,\frac{м}{с} = 0{,}5\cdot10^{-1}\,\frac{м}{с} = 0{,}05\,\frac{м}{с} = 5\,\frac{см}{с}$$

Ответ: $v = 0{,}05\,\frac{м}{с} = 5\,\frac{см}{с}$

№4



$d = 25$ см

Сначала:

$\Gamma_{11} = 1$

$\Gamma_{12} = \Gamma$

Потом:

$\Gamma_{21} = \Gamma_{22} = \Gamma_0$

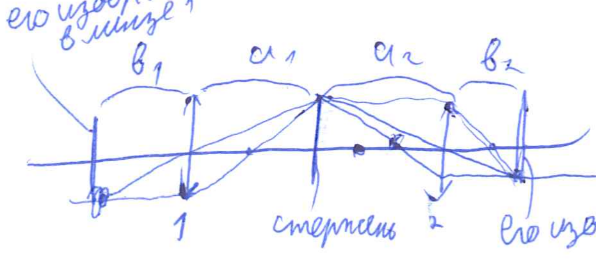
$x = 5$ см

$\Gamma - ?$

Т.к. изобр. действ., то стержень за фокусами линз 1

Если у первой линзы $\Gamma = 1$, то стержень расположен в двойном фокусе $\Rightarrow d = 2F_1$

Пусть у второй линзы фокусное расстояние F_2.



Тогда сначала:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F_1};\quad \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F_2}\quad \Gamma = \frac{b_2}{a_2} = \frac{b_2}{d}$$

$a_1 = d$, $b_1 = d$; $a_2 = d$

$$\frac{1}{b_2} = \frac{d - F_2}{dF_2} \Rightarrow b_2 = \frac{dF_2}{d - F_2}$$

Чистовик

$$\Gamma = \frac{dF_2}{(d-F_2)d} = \underline{\frac{F_2}{d-F_2}}$$

Потом, когда сдвинули: $(a_1 \to a_1'; a_2 \to a_2', b_1 \to b_1', b_2 \to b_2')$

$$\begin{cases} \frac{1}{a_1'} + \frac{1}{b_1'} = \frac{1}{F_1} \\ \frac{1}{a_2'} + \frac{1}{b_2'} = \frac{1}{F_2} \end{cases} \qquad \Gamma_{21} = \frac{b_1'}{a_1'} \qquad \Gamma_{22} = \frac{b_2'}{a_2'}$$

$$\Rightarrow \frac{b_1'}{a_1'} = \frac{b_2'}{a_2'} \Rightarrow b_2' = a_2'\frac{b_1'}{a_1'} = \frac{d+x}{d-x}b_1'$$

$$a_1' = a_1 - x = d - x$$

$$a_2' = a_2 + x = d + x$$

$$\begin{cases} \frac{1}{a_1 - x} + \frac{1}{b_1'} = \frac{1}{F_1} \\ \frac{1}{a_2 + x} + \frac{1}{b_2'} = \frac{1}{F_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{1}{d-x} + \frac{1}{b_1'} = \frac{1}{F_1} \Rightarrow \frac{1}{b_1'} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x} \\ \frac{1}{d+x} + \frac{d-x}{b_1'(d+x)} = \frac{1}{F_2} \end{cases}$$

$$\frac{1}{d+x} + \left(\frac{1}{F_1} - \frac{1}{d-x}\right)\left(\frac{d-x}{d+x}\right) = \frac{1}{F_2}$$

$$\cancel{\frac{1}{d+x}} + \frac{d-x}{F_1(d+x)} - \cancel{\frac{(d-x)}{(d-x)(d+x)}} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_2 = F_1\frac{d+x}{d-x} = \frac{d}{2}\,\frac{d+x}{d-x}$$

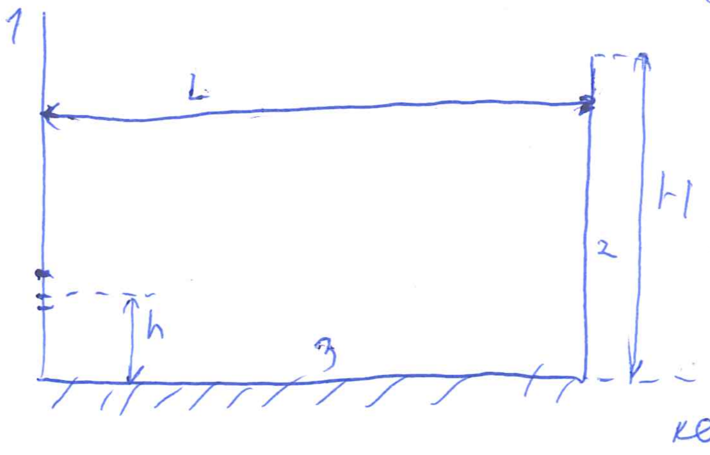
$$\Gamma = \frac{F_2}{d-F_2} = \frac{\frac{d}{2}\,\frac{d+x}{d-x}}{d - \frac{d}{2}\,\frac{d+x}{d-x}} = \frac{\frac{d+x}{d-x}}{2 - \frac{d+x}{d-x}} = \frac{d+x}{2d-2x-d-x} = \frac{d+x}{d-3x} = \frac{30}{10} = \underline{3}$$

или если линзу сдвинули от первой линзы, то $x = -5$ см

$$\Gamma = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

Ответ: $\underline{\Gamma = 3}$ или $\Gamma = \frac{1}{2}$

№ 5



$\lambda = 0{,}5$ мкм

$L = 1$ м

$N = 200$

$H = 5$ см

$h - ?$

Зеркало эквивалентно тому, как если бы с другой его стороны тоже находилась такая же щель и так же

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

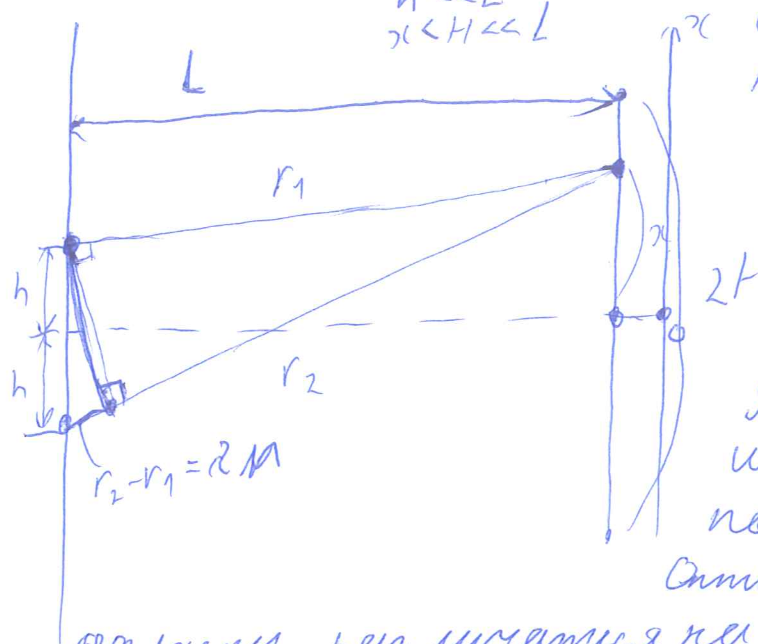
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

91-71-24-26
(3.11)

испускался свет: Чистовик

$h \ll L$
$x < H \ll L$



На стыке экрана и зеркала будет наблюдаться одна полоса.

Возьмём ось x на стыке зеркала и экрана, а саму ось параллельно экрану.

Пусть у какой-то интерференционной полосы координата x.

Оптические пути света должны различаться на λm, где $m = 0, 1, 2, \ldots$

$\cancel{r_1 = \sqrt{(x-h)^2 + L^2}}$

$\cancel{r_2 = \sqrt{(x+h)^2 + L^2}}$

$r_1 = \sqrt{(x-h)^2 + L^2} = L\sqrt{1 + \left(\frac{x-h}{L}\right)^2} \approx L\left(1 + \frac{1}{2}\frac{x^2 - 2xh + h^2}{L^2}\right) = L + \frac{1}{2}\frac{x^2}{L} - \frac{xh}{L} + \frac{h^2}{L}$

$r_2 = \sqrt{(x+h)^2 + L^2} = L\sqrt{1 + \left(\frac{x+h}{L}\right)^2} \approx$

$\approx L\left(1 + \frac{1}{2}\frac{x^2 + 2xh + h^2}{L^2}\right) = L + \frac{1}{2}\frac{x^2}{L} + \frac{xh}{L} + \frac{h^2}{L}$

$r_2 - r_1 = \cancel{L} + \cancel{\frac{1}{2}\frac{x^2}{L}} + \frac{xh}{L} + \cancel{\frac{h^2}{L}} - \cancel{L} - \cancel{\frac{1}{2}\frac{x^2}{L}} + \frac{xh}{L} - \cancel{\frac{h^2}{L}} = \frac{2xh}{L}$

$\frac{2xh}{L} = \lambda m \Rightarrow x = \frac{\lambda m L}{2h}$. По усл. $x_{max} = H$, а $m_{max} = N$

$H = \frac{\lambda N L}{2h}$

$h = \frac{\lambda N L}{2H} = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-6}\,м \cdot 200 \cdot 1\,м}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}\,м} = \frac{10^2 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-2}}\,м = \frac{10^{-4}}{10^{-1}}\,м = 10^{-3}\,м = 1\,мм$

Ответ: $h = 1\,мм$

+