



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11 класс

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Токери Воротьевы Горы
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Стерлягова Сергея Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Выход в 15.00
пришел в 15.03

+ 1 мес
сдал 16.17

Гермошкин
нет

Дата
«5» апреля 2024 года

Подпись участника
СГ

97-54-79-35
(115.2)

Условие

НЧ (Ветнос)

Приближение тонкой линзы состоит из:

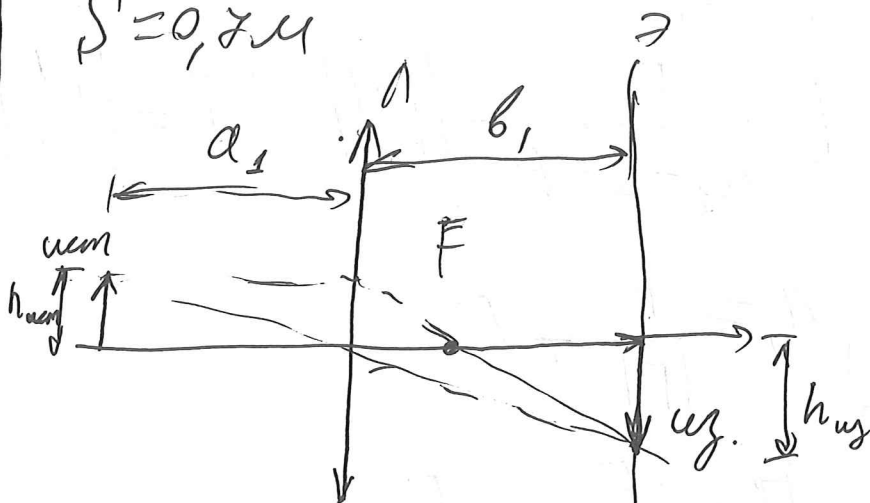
- 1) Пренебрежения толщиной линзы ($R_n \gg a, b$), где R_n - радиус кривизны пов-ти линзы
- 2) Парааксимальности световых лучей, падающих на данную линзу (+)

НЧ (Задача)

$|\Gamma| = 0,4$
 $|\Gamma'| = 2,5$
 $S = 0,70 \text{ см}$

$S = 0,7 \text{ м}$

$D = ?$



$$|\Gamma| = \frac{h_{из}}{h_{вещ}} = \frac{b_1}{a_1} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$|\Gamma| = \frac{F}{a_1 - F}$$

$$b = \frac{aF}{a - F}$$

Аналогично для $|\Gamma'|$: $|\Gamma'| = \frac{F}{a_2 - F}$

(Линза явл. собирающей т.к. изображение формируется на экране, значит оно действительное)

интервал
высота

68

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |

Задача

§ 2.2. Так $|\Gamma''| > |\Gamma|$, значит

$a_2 - F < a_1 - F$, $a_2 < a_1$, значит
 масса поворачивает к предмету.

$$a_2 = a_1 - S$$

$$\begin{cases} \frac{F}{a_1 - F} = |\Gamma| \\ \frac{F}{a_1 - S - F} = |\Gamma''| \end{cases} \begin{cases} F = |\Gamma| a_1 - F \cdot |\Gamma| \\ F = |\Gamma''| (a_1 - S - F) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_1 = \frac{F}{|\Gamma|} + F \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{F}{|\Gamma''|} = \frac{F}{|\Gamma|} + F - S - F \end{cases}$$

$$F \left(\frac{1}{|\Gamma|} - \frac{1}{|\Gamma''|} \right) = S; \quad F = \frac{|\Gamma| |\Gamma''|}{|\Gamma''| - |\Gamma|} S$$

$$D = \frac{1}{F} = \frac{|\Gamma''| - |\Gamma|}{|\Gamma| \cdot |\Gamma''| \cdot S}$$

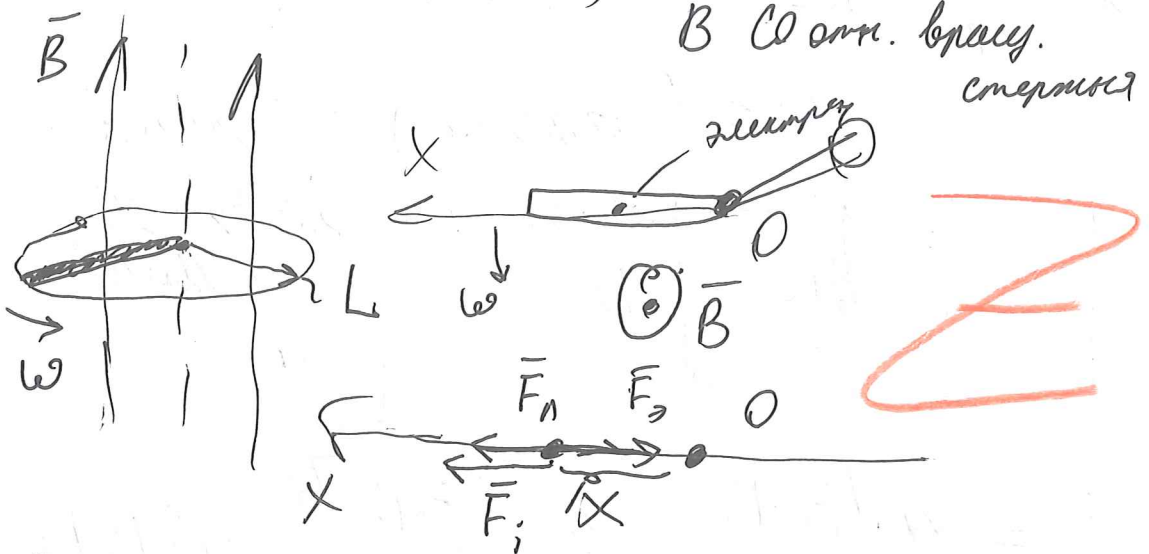
$$D = \frac{2,5 - 0,4}{2,5 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \text{ м}}$$

$$D = \frac{21}{7} \cdot \frac{1}{1} \text{ г/мр} = 3 \text{ г/мр}$$

Ответ: $D = 3 \text{ г/мр}$

Условие

№3 (Вопрос)



$$F_c = m \omega^2 x; \quad F_L = q \omega x \cdot B$$

$$F_3 = qE$$

2-й закон Ньютона на заряде:

$$0 = qE - m\omega^2 x - q\omega x B$$

$$qE = m\omega^2 x + q\omega x B$$

$$E = x \left(\frac{m}{q} \omega^2 + \omega B \right)$$

$$U = - \int_0^L x \cdot \left(\frac{m}{q} \omega^2 + \omega B \right) dx = - \frac{L^2}{2} \left(\frac{m}{q} \omega^2 + \omega B \right)$$

$$U = - \frac{L^2}{2} \left(\frac{m}{q} \omega^2 + \omega B \right), \text{ где } m - \text{масса электрона}$$

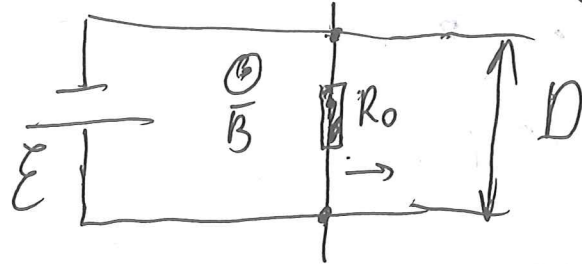
$\frac{m}{q}$ - малая величина по сравнению с $\frac{B}{\omega}$. Но! $\frac{m}{q} \omega \rightarrow 0$. Значит:

Истевики

$$U = \frac{L^2}{2} \cdot \omega B; \quad (U) = \frac{L^2 \cdot \omega B}{2}$$

амперна за зам?

N 3 (задача)



$R_0 \approx 0,8 \text{ Ом}; l_0 \ll \xi_0$
 $S_0 = 0,80 \text{ м};$
 $\xi = 5 \text{ мВ/м}$

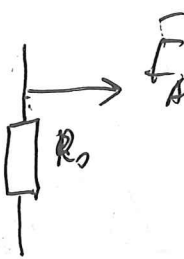
 $S_0' - ?$

$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot \frac{v \cdot D}{dt} = v B \cdot D$$

Максимальная скорость достигается при равенстве: $\mathcal{E}_i = \mathcal{E}$ или $v_{\max} B D = \mathcal{E}$

$$v_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{B D}; \quad U = 0,95 v_{\max} \approx \text{конечная скорость}$$

$$U = 0,95 \cdot \frac{\mathcal{E}}{B D}$$



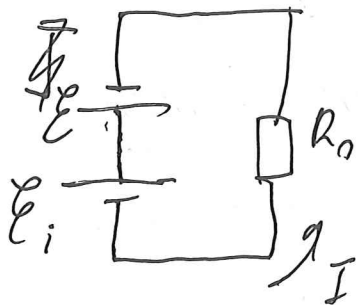
$$F_A = I \cdot D \cdot B$$

2-й закон Ньютона для перемычки:

$$m \ddot{x} = I D B$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_i}{R_0} = \frac{\mathcal{E} - v B D}{R_0}$$

$$m \ddot{x} = \frac{\mathcal{E} - \dot{x} B D}{R_0} \cdot B D \quad (1)$$



$$m \ddot{v} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{U} BD}{R_0} BD \quad \text{числовик}$$

Для случая с ~~амортизатором~~ не сверхзвуковой.
равенствами:

$$R = 2\zeta \cdot X + R_0;$$

$$m \dot{x} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_i}{R} BD$$

$$m \ddot{v} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{U} BD}{2\zeta X + R_0} BD$$

$$(1) \ddot{x} = \frac{\mathcal{E} \cdot BD}{R_0 m} - \dot{x} \frac{B^2 D^2}{R_0} \cdot dt$$

$$\int dV = \int \frac{\mathcal{E} BD}{R_0 m} dt - \int \frac{B^2 D^2}{R_0} dx$$

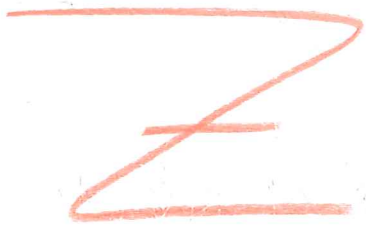
$$V \Big|_0^{\mathcal{U}} = \frac{\mathcal{E} BD}{R_0 m} \cdot t_1 - \frac{B^2 D^2}{R_0} \cdot S_0$$

$$t_1 = \left(\mathcal{U} + \frac{B^2 D^2}{R_0} \right) \cdot \frac{R_0 m}{\mathcal{E} BD}$$

$$t_1 = \left(\frac{\mathcal{E}}{BD} \cdot 0,95 + \frac{B^2 D^2}{R_0} \right) \cdot \frac{R_0 m}{\mathcal{E} BD}$$

$$\frac{1}{2\zeta X + R_0} \approx \frac{1}{x + C} \approx \frac{1}{C} \approx \frac{1}{C^2} \cdot X$$

Шимовик



N1 (Вопрос)

ЗСЭ для данной точки

$$\frac{m \dot{x}^2}{2} + \frac{m \dot{y}^2}{2} + \frac{k(4x^2 + y^2)}{2} = const \left| \frac{d}{dt} \right.$$

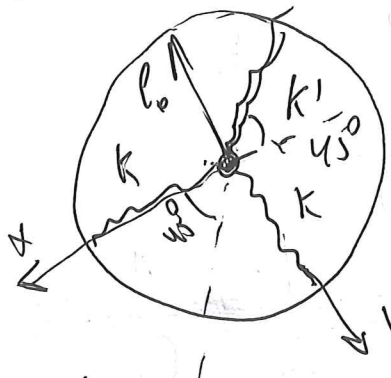
$$m \ddot{x} \dot{x} + m \ddot{y} \dot{y} + 4kx \dot{x} + ky \dot{y} = 0$$

$$\dot{x} \left(\ddot{x} + \frac{4k}{m} x \right) + \dot{y} \left(\ddot{y} + \frac{k}{m} y \right) = 0$$

Будет наблюдаться колебание гармонических колебаний вдоль оси x и y (фигура Лиссажу), где $\omega_x = \sqrt{\frac{4k}{m}}$; $\omega_y = \sqrt{\frac{k}{m}}$ \oplus

N2 (Задача)

П.к. фигура Лиссажу, получаемая из траектории шайбы арка, значит, что частоты колебаний вдоль перпендикулярных осей равны. \times



$$m \ddot{x} = -kx + k' x \cos^2 45^\circ$$

$$m \ddot{x} = x \cdot \left(-k + \frac{1}{2} k' \right)$$

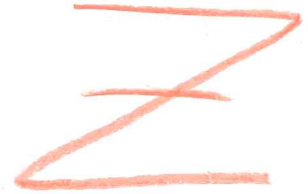
$$k_{эф x} = \left(k - \frac{1}{2} k' \right)$$

Аналогично для $k_{эф y} = \left(k - \frac{1}{2} k' \right)$

Штобык N 3 (Задача, предметник)

$$\frac{1}{\cancel{X} + C} \approx \frac{1}{C} + \left(-\frac{1}{C^2}\right) \cdot \cancel{X} + \dots$$

$$\cancel{X} = 2Sx; \quad C = R_0$$



А ~~то~~. Для внутреннего шуга:

~~$$X = \frac{\varepsilon - \dot{x} BD}{2Sx + R_0} \cdot BD$$

$$X = \frac{\varepsilon - \dot{x} BD}{R_0} \cdot BD - \frac{\varepsilon - \dot{x} BD}{R_0^2} \cdot BD \cdot 2Sx$$~~

~~Дополним данное уравнение на dt:~~

~~$$d\dot{x} = \frac{\varepsilon \cdot BD}{R_0} - \frac{BD^2}{R_0} d\dot{x} - \frac{\varepsilon B}{R_0^2}$$~~

Пусть ~~R~~ R₁

Представим R - сопротивление во внутреннем шуге как средн

$$R = R_0 + \frac{1}{2} \cdot \rho S_0 \cdot 2 = R_0 + \rho S_0$$

~~$$\dot{x} = \frac{\varepsilon - \dot{x} BD}{R_0 + \rho S_0} \cdot BD$$~~

$$t_1 = \frac{S_0}{2U}; \quad t_2 = \frac{S_0'}{2U} \quad \text{числовик}$$

~~$$U = \frac{\varepsilon B D}{R_0 m} \cdot t_1 = \frac{B^2 D^2}{R_0} S_0$$~~

$$U = \frac{\varepsilon B D}{R m} t_2 = \frac{B^2 D^2}{R} S_0'$$

~~$$U = S_0 \left(\frac{\varepsilon B D}{R_0 m \cdot 2U} - \frac{B^2 D^2}{R_0} \right)$$~~

~~$$U = S_0' \left(\frac{\varepsilon B D}{R m \cdot 2U} - \frac{B^2 D^2}{R} \right)$$~~

Задача

N₂ (воздух)

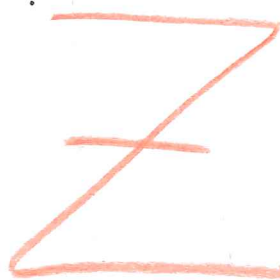
$i=5; \nu=1 \text{ моль}$
 $T_0=301 \text{ K}$
 $P_2=1,007 P_1$

 $dA=?$

М.к $\Delta p \ll P_{1/2} \text{ мк}$

$dA = P_2 dV;$

$dA \neq dU = 0$



$dU = \frac{5}{2} P_1 dV + \frac{5}{2} V_1 dP;$

$\frac{5}{2} P_1 dV + \frac{5}{2} V_1 dP = 0$

$P_1 V_1 = 2RT_0; \quad dV = -\frac{2}{5} V_1 \frac{dP}{P_1}$

$dA = P_1 dV = -P_1 V_1 \cdot \frac{3 \cdot 7}{5000} \cdot 0,005; \quad dV = -0,005 V_1$

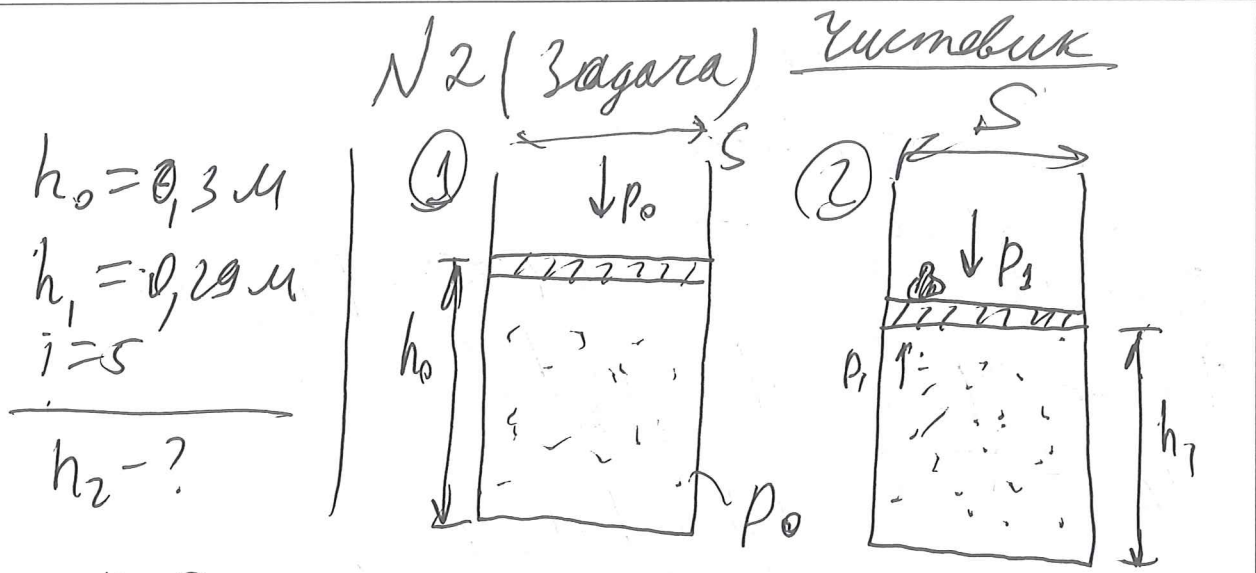
~~$dA = 2RT_0 \cdot \frac{3 \cdot 7}{5000} = \frac{21}{5000} 2RT_0$~~

~~$dA = \frac{21 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 301}{5000} \text{ Дж}$~~

~~$dA \approx \frac{52537}{5000} \text{ Дж} \approx 10,5 \text{ Дж}$~~

$dA = 2RT_0 \cdot 0,005 = -8,31 \cdot 301 \cdot 0,005 \text{ Дж}$

12,5



① → ②: Процесс адиабатный

$$p_0 \cdot h_0 \cdot S = \nu R T_0$$

$$dA + dU = 0; \quad dU = \frac{5}{2} p_0 dV + \frac{5}{2} V_0 dp$$

№2 (Вопрос, продолжение)

$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 301 \\ \hline 2493 \\ + 2493 \\ \hline 250131 \end{array}$

$\begin{array}{r} 2501 \\ \times 0,005 \\ \hline 12,505 \end{array}$

$$dA \approx -12,5 \text{ Дм}$$

№2 (Задача, продолжение)

$$\frac{5}{2} p_0 dV + \frac{5}{2} V_0 dp + p_0 dU = 0$$

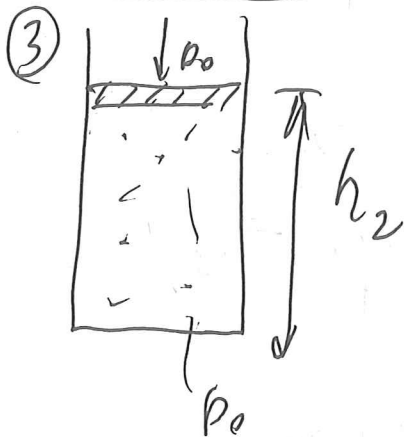
$$\frac{5}{2} \cdot 7 p_0 dV = -5 V_0 dp; \quad dV = S \cdot (h_2 - h_0)$$

$$dp = p_1 - p_0$$

$$7 \cdot p_0 \cdot (h_0 - h_1) S = +5 \cdot h_0 \cdot S \cdot (p_1 - p_0)$$

Условие

$$\gamma p_0 h_0 - \gamma p_0 h_1 = 5 p_1 h_0 - 5 p_0 h_0 \quad (1)$$



(2)-(3) : Процесс
адиабатный:

$$dU' = \frac{5}{2} p_1 dV' + \frac{5}{2} V_1 dp'$$

$$dA' = p_1 dV'$$

$$dA' + dU' = 0$$

$$\frac{\gamma}{2} p_1 dV' + \frac{5}{2} V_1 dp' = 0, \quad dV' = S_0 (h_2 - h_1)$$

$$dp' = p_0 - p_1$$

$$\gamma p_1 \cdot S_0 \cdot (h_2 - h_1) = +5 (p_1 - p_0) \cdot S_0 \cdot h_1$$

$$\gamma p_1 h_2 - \gamma p_1 h_1 = 5 p_1 h_1 - 5 p_0 h_1 \quad (2)$$

$$P_1(1) : 5 p_1 h_0 = \gamma p_0 (h_0 - h_1) + 5 p_0 h_0$$

$$(2) : \gamma p_1 h_2 = 5 p_1 h_1 - 5 p_0 h_1 + \gamma p_1 h_1$$

$$(*) h_2 = \frac{5}{\gamma} h_1 - \frac{5 p_0}{\gamma p_1} h_1 + h_1 = \left(\frac{12}{\gamma} - \frac{5 p_0}{\gamma p_1} \right) h_1$$

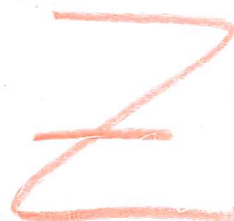
$$5 p_1 h_0 = p_0 (12 h_0 - \gamma h_1), \quad \frac{p_0}{p_1} = \frac{5 h_0}{12 h_0 - \gamma h_1} (**)$$

Задача

Реш. Подставим урав (**) в урав

$$(**): h_2 = \frac{h_1}{7} \left(12 - 5 \cdot \frac{5h_0}{12h_0 - 7h_1} \right)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{7} \cdot \left(12 - \frac{25h_0}{12h_0 - 7h_1} \right)$$



$$h_2 = \frac{29}{7} \left(12 - \frac{25 \cdot 30}{12 \cdot 30 - 29 \cdot 7} \right) \text{ см} =$$

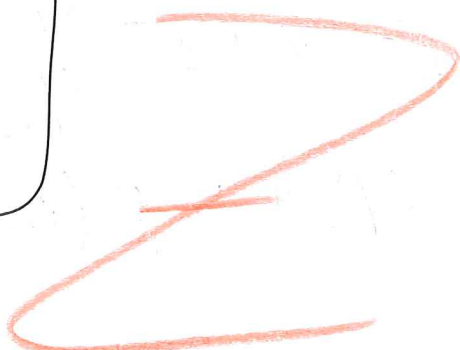
$$= \frac{29}{7} \left(12 - \frac{25 \cdot 30}{360 - 203} \right) \text{ см} = \frac{29}{7} \cdot \left(12 - \frac{25 \cdot 30}{157} \right)$$

$$= \frac{29 \cdot (12 \cdot 157 - 750)}{157 \cdot 7} \text{ см} = \frac{29 \cdot 1134}{157 \cdot 7} \text{ см} \approx 29,1 \text{ см}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 157 \\ \underline{12} \\ 314 \\ + 152 \\ \hline 4884 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1134 \mid 7 \\ \underline{7} \\ 43 \\ \underline{42} \\ 14 \\ \underline{14} \\ 0 \end{array}$$

Ответ: $h_2 \approx 29,1 \text{ см}$



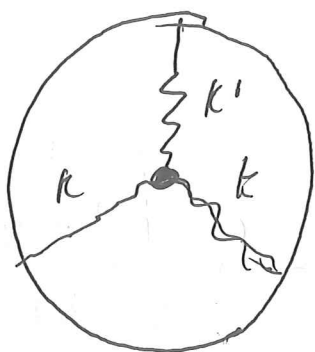
$$\begin{array}{r} 1620 \mid 157 \\ \underline{157} \\ 500 \\ \underline{481} \\ 29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,003 \\ 29 \\ \underline{9027} \\ + 2006 \\ \hline 29087 \end{array}$$

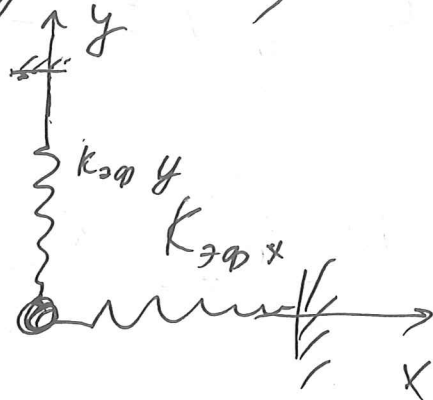
Упругая

N1 (Задача, продолжение)

R.

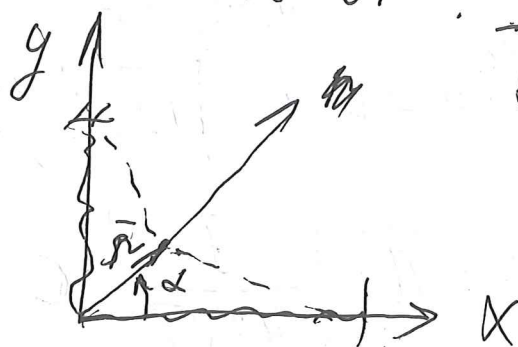


=>



$$k_{эф} = \left| \frac{\partial F}{\partial x} \right| = \left| \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{3}{2} \frac{H}{m} - 1 \frac{H}{m} \right) \right| = 3 \frac{H}{m} = |k_{эф y}|$$

Отложим шарики на β и на угол α от оси Ox :



В.о.х: $m \ddot{x} = -k_{эф x} x$
 $m \ddot{y} = -k_{эф y} y$

$$m \ddot{\vec{r}} = -k_{одн} \vec{r}; \quad k_{одн} = \sqrt{k_{эф x}^2 + k_{эф y}^2}$$

$$k_{одн} = \sqrt{2} k_{эф}$$

$$\ddot{\vec{r}} + \frac{k_{одн}}{m} \vec{r} = \vec{0}; \quad \ddot{\vec{r}} + \frac{\sqrt{2} k_{эф}}{m} \vec{r} = \vec{0}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{\sqrt{2} k_{эф}}{m}}; \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\sqrt{2} k_{эф}}}$$

Числовой

$$t = \frac{1}{4} T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{\sqrt{2} k_{\text{эп}}}}$$

Z

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{k_{\text{обл}} S^2}{2}; \quad v_0 = S \cdot \sqrt{\frac{k_{\text{обл}}}{m}}$$

$$v_0 = S \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2} k_{\text{эп}}}{m}}; \quad k_{\text{эп}} = 3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$S = 0,012 \text{ м}$$

$$m = 0,25 \text{ кг}$$

$$v_0 = 0,012 \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2} \cdot 3}{0,25}} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,012 \cdot \sqrt{12\sqrt{2}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{0,25}{\sqrt{2} \cdot 3 \cdot 4}} \text{ с} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{48\sqrt{2}}} \text{ с} = 0,38 \text{ с}$$

0,12