0 744120 490005

74-41-20-49
(47.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов ~~(по физике)~~
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Напалкова Вячеслава Вадимовича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

14:04 работа сдана Лаптин В.А.

Дата

«5» марта 2023 года

Подпись участника

74-41-20-49 (47.2)

Задача 1.2.1 Черновик.

2 З.Н. для установки с k_i; m_i

$m_i a = -k_i x$

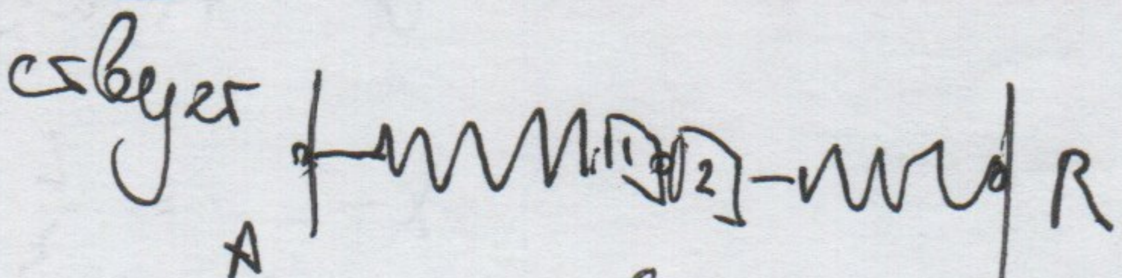
$m_i \ddot{x} + k_i x = 0$

$\ddot{x} + \frac{k_i}{m_i} x = 0$; Данное уравнение имеет вид $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$

$\omega_0^2 = \frac{k_i}{m_i}$ $\Leftarrow$ и является уравнением гармонического осцилятора

Мы знаем, что амплитуда ~~скорости~~ $\ddot{x}$ (V_0) и x (A) связаны через соотношение $A = \omega_0 V_0$

положение груза в точке C соответствует



моменту, когда пружина не ~~сжата~~ деформирована

следовательно вся потенциальная энергия перешла в кинетическую

З.С.Э.: $\frac{k_i x_0^2}{2} = \frac{m_i V_i^2}{2} \Rightarrow V_i = x_0 \cdot \sqrt{\frac{k_i}{m_i}}$

Следовательно скорость левого груза в момент столкновения

$V_1 = \frac{L}{2} \cdot \sqrt{\frac{3k}{m}}$ (+)

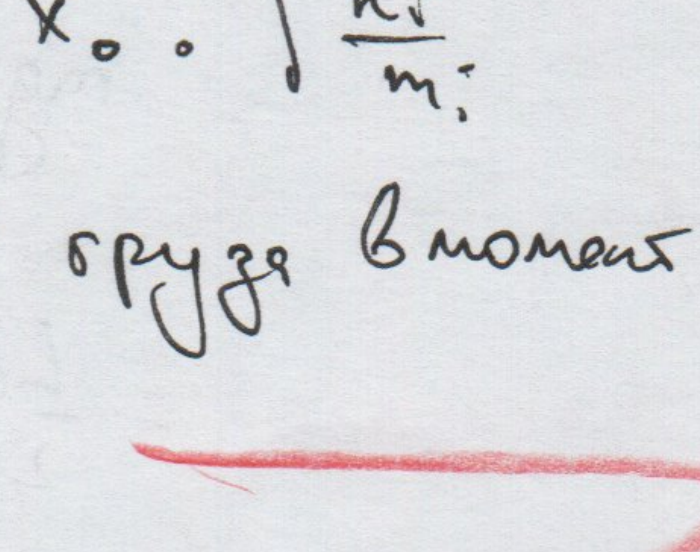
Правого груза:

$V_2 = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{k}{3m}}$ (+)

В момент удара тела слепляются $\Rightarrow$ удар абсолютно неупругий

$\Downarrow$

З.С.И.



$m\overline{V_1} + 3m\overline{V_2} = 4m\overline{U}$

В проекции на OX:

$mV_1 - 3mV_2 = 4mu$

Задача	1	2	3	4	5	Σ
Баллы	17	20	17	12	20	76 (семьдесят шесть)

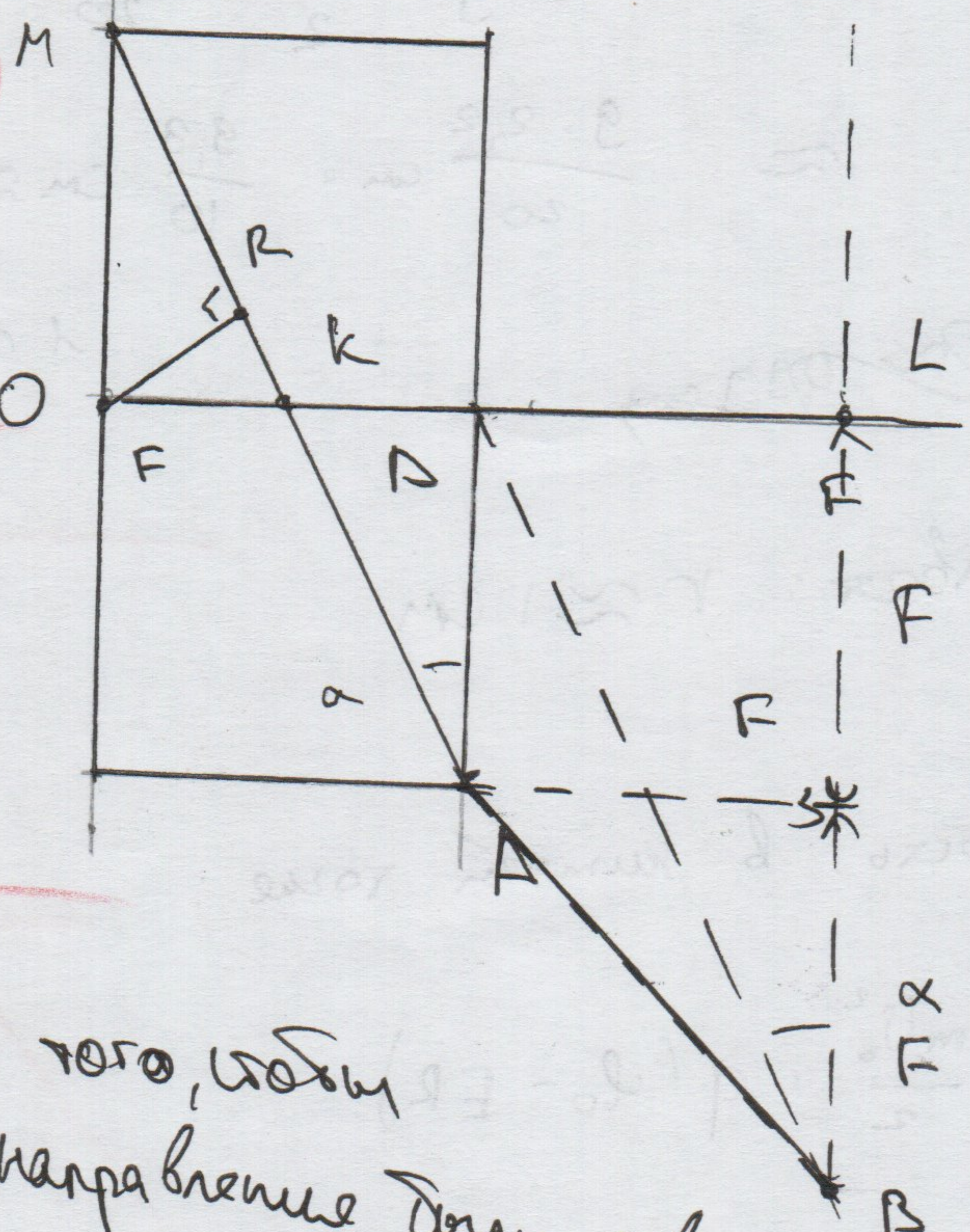
Калмацкая

Журавлев

Павлов

Стародуб

5.3.1 Рассмотрим один из углов квадрата (схема для остальных будет такой же) листовик



F=9

Для того, чтобы все направление были освещены т. А должен быть луч, выходящий из т. А параллелен OA или угол между ним и линзой должен быть меньше 45° (т.к. объект симметричен условию минимальности соответствует угол в 45°). Продлим этот луч до пересечения с фокальной плоскостью и найдем их пересечение (т. B). Проведем побочную оптическую ось для луча, приходящего из т. А, соединив B и центр линзы D. Из т. А проведем ~~луч~~ луч AM, паралельный BD — это будет луч, выходящий из точки окружности, что принадлежит этому лучу. В случае с минимальным радиусом, этой точкой будет касательная.

$\cancel{AK}\ \cancel{AD}$ $\left.\begin{array}{l} AM \parallel BD \\ AD \parallel BL \end{array}\right\} \Rightarrow \angle MAD = \angle DBL = \alpha$

$tg\,\alpha = \frac{DL}{LB} = \frac{1}{2} \Rightarrow KD = F \cdot tg\,\alpha = \frac{F}{2}$

$KO = OD - KD = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$

$$r = OR = \frac{OK}{OM} \cdot \frac{OK \cdot OM}{KM} = \frac{F \cdot \frac{F}{2}}{\sqrt{F^2 + \frac{F^2}{4}}} = \frac{F^2 \cdot 2}{2 \cdot \sqrt{5}\, F} =$$

Рисовник

$$= \frac{F}{\sqrt{5}} = \frac{a}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \cdot \frac{4,5\text{ см}}{2} = \frac{9\sqrt{5}}{20} \text{ см} \approx$$

~~Ответ: r≈~~ $\approx \frac{9 \cdot 2,2}{20}$ см $= \frac{9,9}{10}$ см $\approx 0,99$ см $\approx$

~~Ответ: r≈ 0,99 см~~ 1 см

Ответ: $r \approx 1$ см

Задача 3.9.1

Найдем скорость в нижней точке:

З.С.Э.:

$$\varphi_0 q + mgH_0 = \frac{mv_0^2}{2} + q(\varphi_0 - ER)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = qER + mgR$$

Расчитаем энергию тела после прохождения нижней точки:

$$\frac{mv_0^2}{2} + q\varphi_1 = \frac{mv_1^2}{2} + mg\Delta h + q(\varphi_1 - Ex)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - mg\Delta h + qEx =$$

$$= \frac{mv_0^2}{2} - mgr(1-\cos\alpha) + qEr\sin\alpha = f(\alpha)$$

$$f'(\alpha) = -mgr\sin\alpha + qEr\cos\alpha = 0$$

$$mg\,\mathrm{tg}\,\alpha = qE$$

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{qE}{mg} = \frac{10^3 \frac{В}{м} \cdot 10^{-6} \text{Кл}}{10^{-3} \text{кг} \cdot 10 \frac{Н}{кг}} =$$

$$= \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = \frac{1}{10}$$

З.С.Э.: Черновик

$$\frac{3kx_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{3kx^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3k}{m}\left(\frac{L_0^2}{4} - \frac{L^2}{16}(\sqrt{2}+2)\right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{3k}{m}\left(\frac{L_0^2}{8} - \frac{L^2 \cdot \sqrt{2}}{16}\right)} = \sqrt{\frac{3}{8}\frac{kL_0^2}{m}\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)}$$

З.С.И.:

$\cancel{3mv_2} \cancel{= mv_1}$

$$mv_2 - 3mv_1 = 4mu$$

$$\sqrt{\frac{3}{8}kL_0^2 m\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)} - 3\sqrt{\frac{1}{24}kL_0^2 m\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)} = 4mu$$

$$u = 0$$

З.С.Э.:

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{p_1^2}{2 \cdot 3m} + \frac{kx^2}{2} \Rightarrow p_1 = \sqrt{k(x_0^2 - x^2) \cdot 3m}$$

З.С.Э.:

$$\frac{3kx_0^2}{2} = \frac{p_2^2}{2 \cdot m} + \frac{3kx^2}{2} \Rightarrow p_2 = \sqrt{3k(x_0^2 - x^2)m}$$

$\Downarrow$

З.С.И.:

$$\bar{p}_1 + \bar{p}_2 = 4mu,$$

$$p_1 - p_2 = 4mu,$$

$$u_1 = 0 \Rightarrow A = 0$$

Ответ: $A = 0$

Чистовик

Задача 1 2 ! 4

x – расстояние от центра стержня

уравнение колебаний для левого:

$$x_1 = -\frac{L}{2}\cos(\omega_1 t) = -\frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t\right)$$

правого:

$$x_2 = \frac{L}{2}\cos(\omega_2 t) = \frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right)$$

в момент столкновение:

$$x_1 = x_2$$

2. З.Н. для колебания двух:

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

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

$x = A\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right)$

$$-\frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t\right) = \frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right)$$

$$\Downarrow$$

$$\sqrt{\frac{3k}{m}}t = \sqrt{\frac{k}{3m}}t + \pi$$

$$\Downarrow$$

$$t = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{3k}{m}} - \sqrt{\frac{k}{3m}}} = \frac{\pi}{8}\cdot\sqrt{\frac{3m}{k}}$$

$$x = \frac{L}{2}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}\cdot\frac{\pi}{8}\cdot\sqrt{\frac{3m}{k}}\right) = \frac{L}{2}\cdot\cos\frac{\pi}{8} =$$

$$= \frac{L}{2}\sqrt{\frac{\cos\frac{\pi}{4}+1}{2}} = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{\frac{\sqrt2}{2}+1}{2}} = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{\sqrt2+2}{4}} =$$

$$= \frac{L}{4}\sqrt{\sqrt2+2}$$

З.С.Э.:

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{kx^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{k}{3m}(x_0^2 - x^2)} =$$

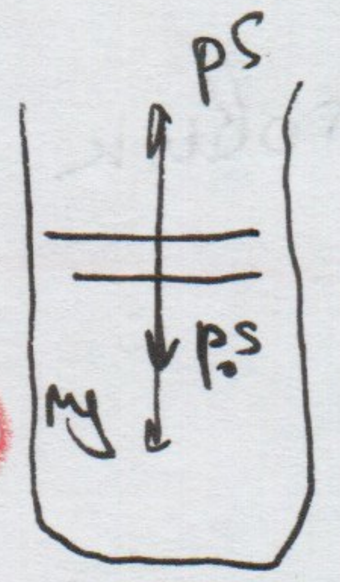
$$v_1 = \sqrt{\frac{k}{3m}\left(\frac{L^2}{4} - \frac{L^2}{16}(\sqrt2+2)\right)} = \sqrt{\frac{k}{3m}\left(\frac{L^2}{8} - \frac{\sqrt2 L^2}{16}\right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{k L^2}{24m}\left(1 - \frac{\sqrt2}{2}\right)}$$

v_2:

2.5.1

Чистовик



2.3.4. для поршня:

$$pS - p_0S - mg = 0$$

$$p = p_0 + \frac{mg}{S}$$ – давление газа

$$p = 2\cdot10^5\ Па$$

$$\Downarrow$$

$p < p_н$, поэтому когда порция воды испарится, то сначала она будет иметь давление насыщенного газа (т.к. в сосуде все ещё будет находиться вода), затем пододвинет поршень, что сделает ~~этот~~ газ не насыщенным, что повлечет дальнейшее испарение пар воды. ~~воде~~ ~~во~~ Поэтому, в конце процесса вся вода испарится, давление пара не будет насыщенным

Уравнение состояния газа

$$pV = \nu RT = \frac{m_г}{\mu}RT$$

$$\cancel{p=}\quad phS = \frac{m}{\mu}RT$$

$$\left(p_0 + \frac{mg}{S}\right)h = \cancel{\frac{mRT}{\mu}}\ \frac{mRT}{\mu S}$$

$$h = \frac{mRTS}{\mu S(p_0S+Mg)} = \frac{mRT}{\mu(p_0S+Mg)} = \cancel{9г\cdot8{,}31\frac{Дж}{К}}$$

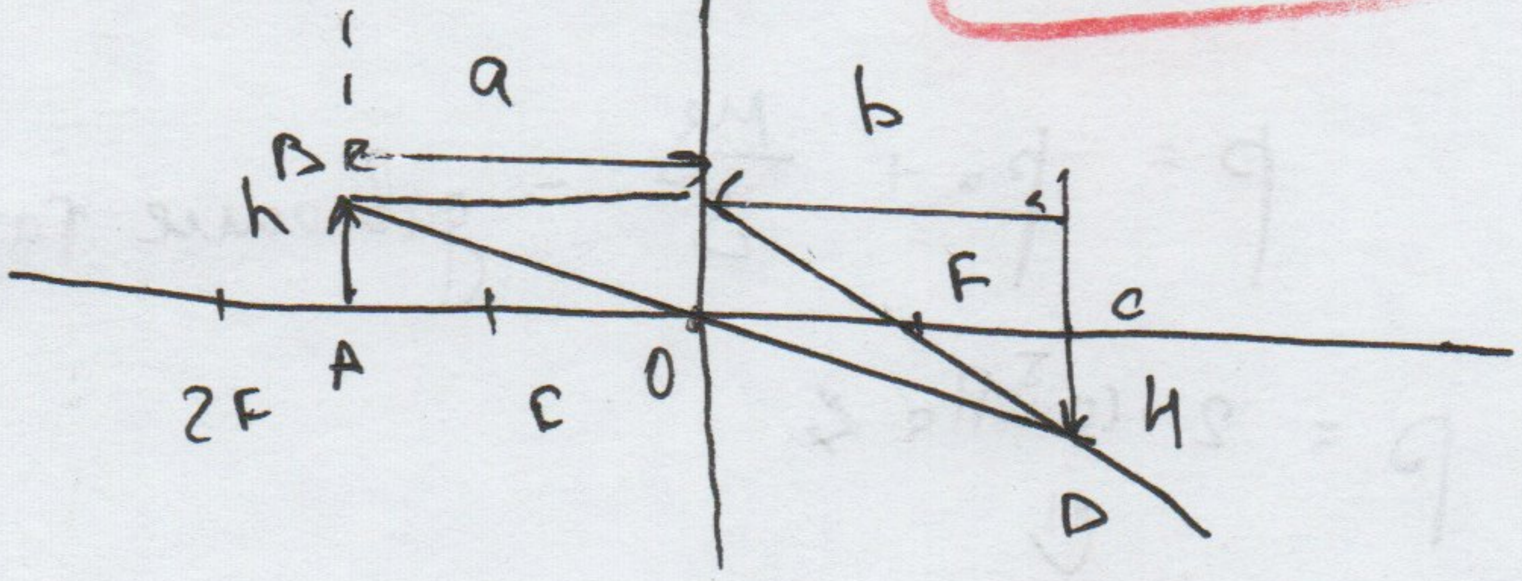
$$= \frac{9г\cdot8{,}3\frac{Дж}{моль\cdot К}\cdot400К}{18\frac{г}{моль}\left(10^5Па\cdot10^{-2}м^2+100кг\cdot10\frac{Н}{кг}\right)} = \frac{8{,}3\cdot2000}{2000} = 0{,}83м =$$

83 см

$$\boxed{\text{Ответ: } h = 83\ см}$$

74-41-20-49
(47.2)

Задача 4.5.1. Чистовик



$\angle BOA = \angle COD$ (верт.)
$\angle BAO = \angle ODC$ (прямые) $\Rightarrow \Delta ABO \sim \Delta OCD$

$\Downarrow$

$\frac{AB}{AO} = \frac{DC}{OC} \Rightarrow \frac{h}{a} = \frac{H}{b}$

$\Downarrow$

$\frac{b}{a} = \frac{H}{h} = \Gamma$

$b = \Gamma a$

$L = a + b = a(\Gamma + 1)$ (1)

(т.к. $AO + OC = AC$)

Формула тонкой линзы:

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

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

$\frac{a(1+\Gamma)}{a^2\Gamma} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{a\Gamma}{1+\Gamma}$

из (1) $a = \frac{L}{\Gamma + 1}$

$F = \frac{L}{(1+\Gamma)^2}$

$D = \frac{1}{F} = \frac{(1+\Gamma)^2}{2} = \frac{(1+3)^2}{0,8 \text{ м}} = \frac{16}{0,8 \text{ м}} = 20 \text{ м}^{-1} = 20$ Доптр

Ответ: $\boxed{D = 20 \text{ м}^{-1}}$

Чистовик

$$\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} = \frac{1}{10}$$

$$100\sin^2\alpha = 1-\sin^2\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{101}} \ll 1 \Rightarrow \alpha \approx \sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{101}}$$

$$\cos\alpha = 1-\frac{\alpha^2}{2} = 1-\frac{1}{202} = \frac{201}{202} \approx 1$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - mgr(1-1) + qE\frac{1}{\sqrt{101}} =$$

$$= \cancel{qE} \; qER + mgR + \cancel{\frac{qER}{\sqrt{101}}}^{\,0} =$$

$$= R(qE+mg) =$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2R(qE+mg)}{m}} = \sqrt{\frac{1м\cdot 2(10^{-6}Кл\cdot 10^{3}\frac{В}{м} + 10^{-3}кг\cdot 10\frac{Н}{кг})}{10^{-3}кг}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2(10^{-3}Н + 10^{-2}Н)\cdot 1м}{10^{-3}кг}} = \sqrt{\frac{2\cdot 11\cdot 10^{-3}}{10^{-3}}} = \sqrt{22} \approx 4{,}6\,\frac{м}{с}$$

Ответ: $v_{max} = 4{,}6\,\frac{м}{с}$

Черновик

$\omega^2 = \frac{k}{m}$ $\frac{k}{3m}$ $\frac{3k}{m}$

$x = \frac{L}{2}\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t$

$\cos 90^\circ + \cos 0^\circ =$

$x = \frac{L}{2}\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t$

$\cos 45^\circ + \cos 45^\circ =$

$+\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t + \cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t = 1$

$\frac{\sqrt{2}}{2}$ $\frac{1}{2}$

$\cos 3a + \cos a = 1$

$\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} = \frac{1}{2}(x)$

$x = 2\sqrt{2}$

$-\frac{L}{2}\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t = \frac{L}{2}\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t$

$\cos\sqrt{\frac{3k}{m}}t - \cos\sqrt{\frac{k}{3m}}t$

$\cos 2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$

$\cos\alpha = \sqrt{\frac{\cos 2\alpha + 1}{2}}$

$\cos\frac{\pi}{8} =$ $\frac{p_1^2}{2m_1} = \Delta E_k = \frac{p_2^2}{2m_2}$

$\frac{p_1}{p_2} =$

74-41-20-49
(47.2)

Черновик

$p_a = \frac{Mg}{S} = p_{п.ч.} = \frac{\cancel{\varrho} g \, \frac{DRT}{V}} = \frac{DRT}{Sh} = \frac{mRT}{\mu Sh}$

$mgh + \frac{mv^2}{2} + \cancel{E} \, q\varphi = 0$

$mgR + qER = \frac{mv_0^2}{2}$

$v_1 = \sqrt{\frac{2R(mg+qE)}{m}}$

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgr(1-\cos\alpha) - Eqr(\sin\alpha)$

$\frac{mv_0^2}{2} + \cancel{mgr} = \frac{mv_1^2}{2} + \cancel{mgr\cos\alpha} - Eqr\sin\alpha.$ $mgr(1-\cos\alpha)$

φ_0 $\varphi_0 - Ed$ $\vec{E}$ d

$\varphi_0 q = (\varphi_0 - Ed)q + \frac{Mv^2}{2}$

$Edq = \frac{Mv^2}{2}$

$v = \sqrt{\frac{2Eqd}{M}}$

$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgr(1-\cos\alpha) + Eqr\sin\alpha = f(\alpha)$

$f'(\alpha) = -mgr\sin\alpha + Eqr\cos\alpha = 0$

$mg\sin\alpha = Eq\cos\alpha$

$\operatorname{tg}\alpha \, mg = Eq$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Eq}{mg} = \frac{10^{-3}\,Н}{10^{-2}\,Н} = 10^{-1} = 0{,}1$

$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{1}{10}$

$\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha} = 0{,}1$

$\cos\alpha = 10\sqrt{1-\cos^2\alpha}$

$\cos^2\alpha = 100(1-\cos^2\alpha)$

$\cos^2\alpha = \frac{100}{101}$

$mgR + qER - mgr\left(1 - \frac{10}{\sqrt{101}}\right) + Eq \cdot \frac{1}{\sqrt{101}} \cdot r = \frac{m}{2} v_1^2$

$(mg + qE)R -$

$\frac{\sin\alpha}{\sqrt{1-\sin^2\alpha}} = \frac{1}{10}$

$\cancel{100}\sin^2\alpha = \cancel{100} \, 1 - \sin^2\alpha.$

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{1}{10} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{\cos\alpha}{10} = \frac{10}{\sqrt{101}\cdot 10} = \frac{1}{\sqrt{101}}$

$100\ cm^2 = 10^2\ cm^2 = 0{,}1\ m^2 = 0{,}01\ m$ Черновик

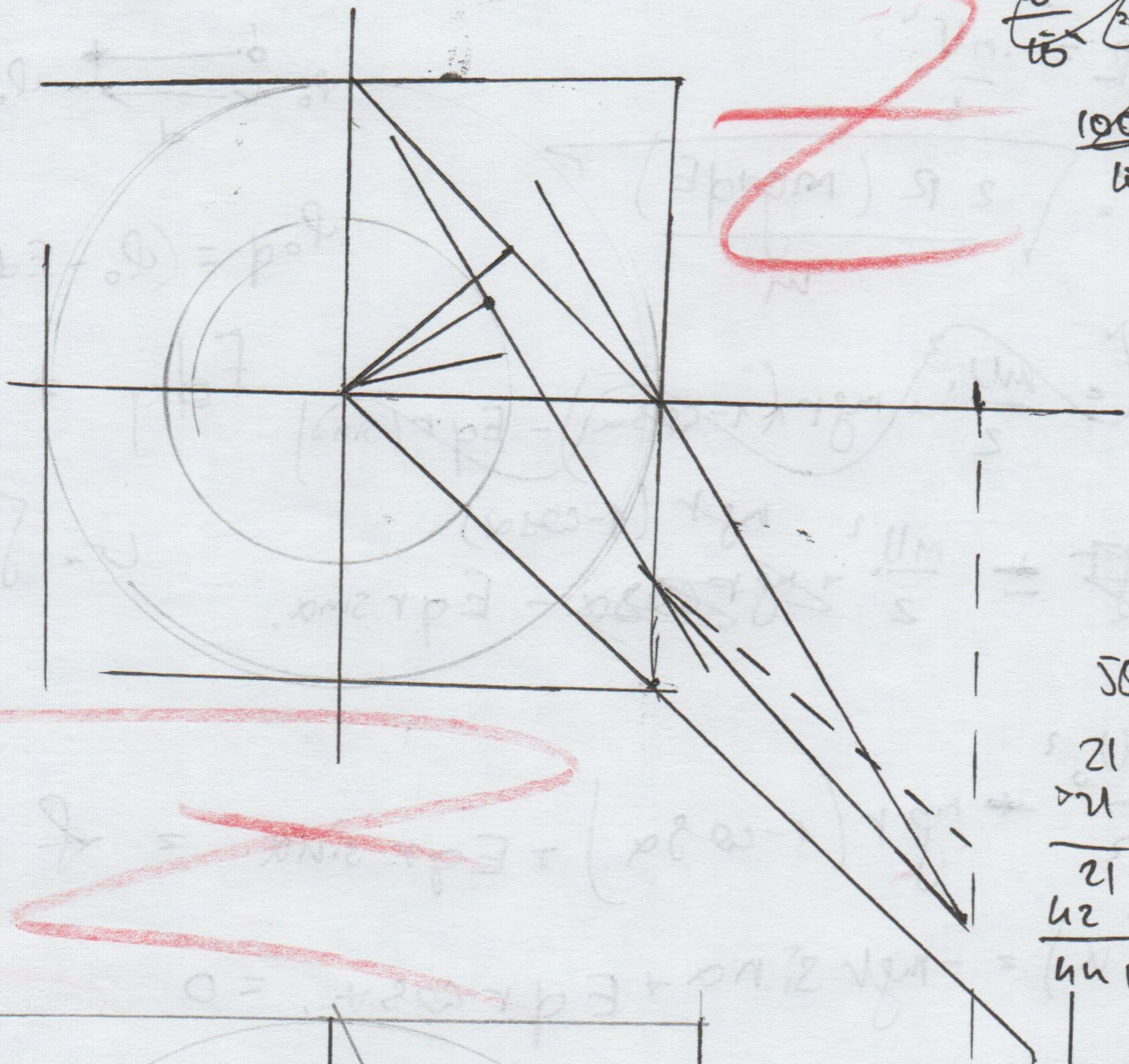
$100^2 = 10000$

$\frac{100}{10000}$

$(0{,}01)^2 = (10^{-2})^2 = 10^{-4}$

$\frac{10^2}{10^{-4}} = 10^6$

$\frac{1000}{10^{-4}}$



$\frac{a^2}{\sqrt{29}} = \frac{2}{\sqrt{2}}$

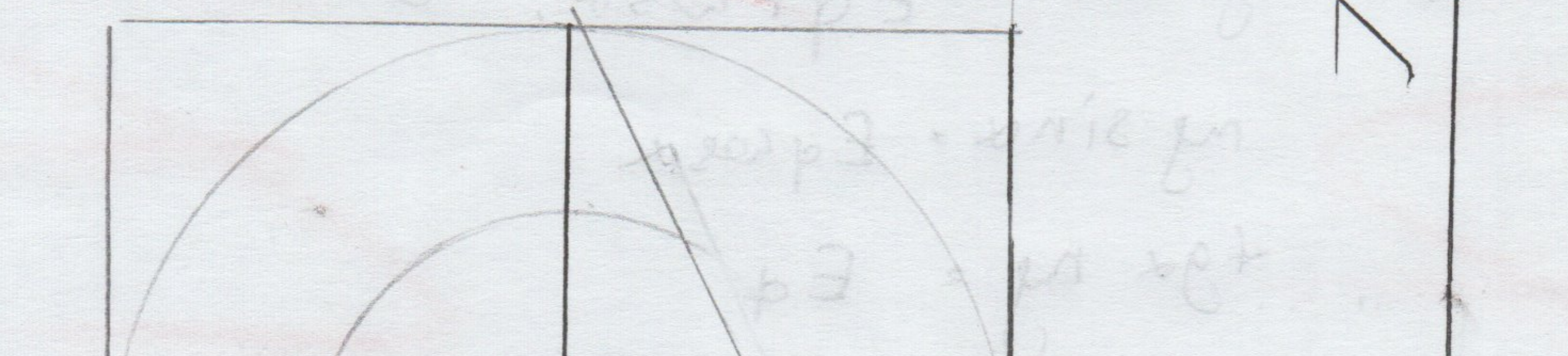
$\frac{\sqrt{2}}{2} a$

500

$21 \cdot 21 = 441$

$22 \cdot 22 = 484$

$23 \cdot 23$: 69, 46



2200

40

$70 \cdot 70 = 4900$

$45 \cdot 45$: 225, 180, 20,25

$46 \cdot 46$: 276, 184, 2116

черновик

$$u = \frac{U_1 - 3U_2}{4} = \sqrt{\frac{3k}{m}} - 3\sqrt{\frac{k}{3m}}$$

ч. 5.1.

$$r = 3 \qquad r = \frac{a}{b}$$

$$L = a + b$$

$$m_i \ddot{x} = k_i (L - x)$$

$$m_i \ddot{x} + k_i (L - x)$$

$$m_i \ddot{x} + k_i (x - L) = 0$$

$$\ddot{a} + \frac{k_i}{m_i} a = 0$$

$$a = A \cos(\omega_i t) = A \cos\left(\sqrt{\frac{k_i}{m_i}}\, t\right)$$

$$x - L = \frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}\, t\right)$$

$$m_i \ddot{x} + 3k(x + L) = 0$$

$$\ddot{a} + \frac{3k}{m} a = 0$$

$$x + L = \frac{L}{2} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}\, t$$

$$\cancel{mgh + \frac{mv^2}{2} + qT = const}$$

$$\frac{L}{2} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}\, t\right) + L = \frac{L}{2} \cos \sqrt{\frac{3k}{m}}\, t - L$$

$$\frac{1}{2}\left(\cos\sqrt{\frac{k}{3m}}\, t - \cos\sqrt{\frac{3k}{m}}\, t\right) + 2 = 0$$