



Вход: 12:27 - 12:31
ММ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Зачетный лист
ММ

Вариант 3

Место проведения Калининград
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Щепанова Тимур
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

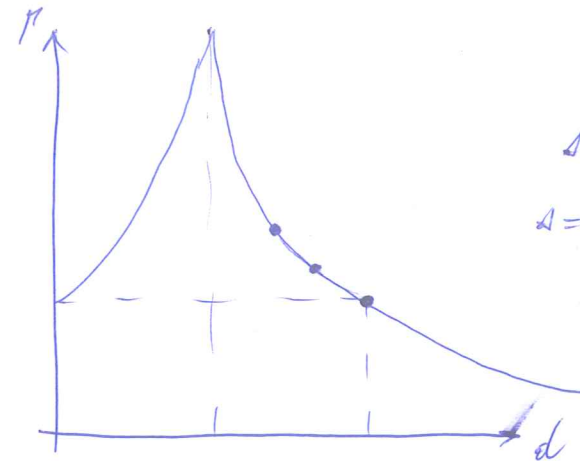
«14» февраля 2025 года

Подпись участника

ОМ

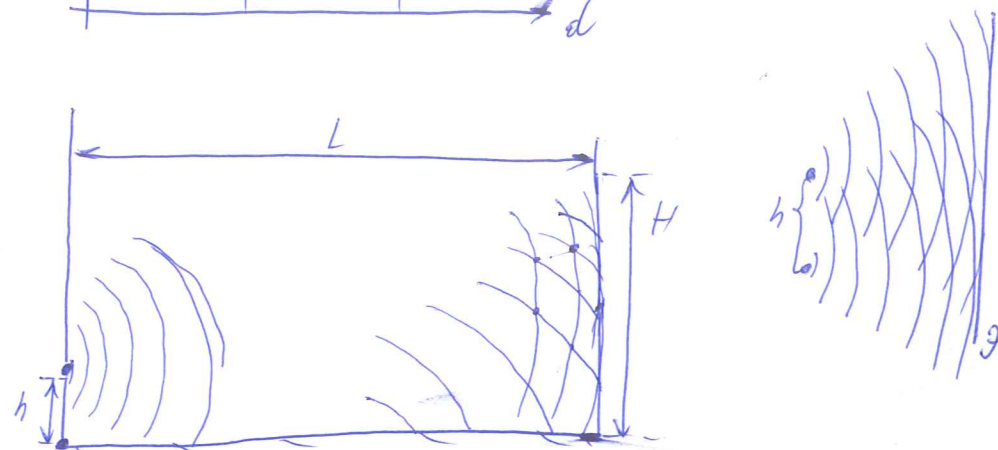
Чертовик

Если $h \ll L$ $\lambda = v_0 T$



$\Delta = m \cdot \lambda$

Δ - разность хода волн, где $\Delta = d_1 - d_2$, где d_1 и d_2 расстояния от источников когерентных волн

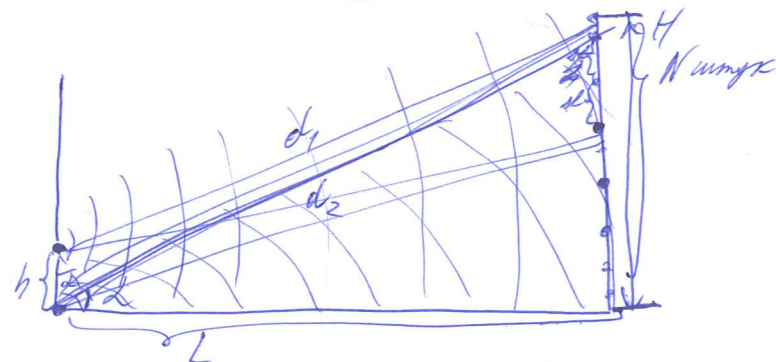


$H = N \cdot \Delta l$

$$n = \frac{\frac{25}{2}}{20 - \frac{25}{2}} = \frac{25}{40 - 25} = \frac{25}{15} = \frac{5}{3}$$

$3 \cdot 19 = 57$

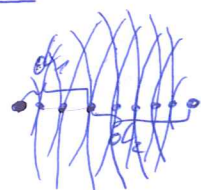
$$\begin{array}{r} 18 \\ + 57 \\ \hline 75 \end{array}$$



$d_2 - d_1 = h \cdot \sin \alpha$

$\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{L}$

$h \cdot \sin \alpha = m \cdot \lambda$ $m \in \mathbb{Z}$



$h \sin \alpha = m \cdot \lambda$

$h \cdot \frac{H}{L} = m \cdot \lambda$

$\tan \alpha \approx \sin \alpha$

$\tan \alpha = \frac{h}{L}$

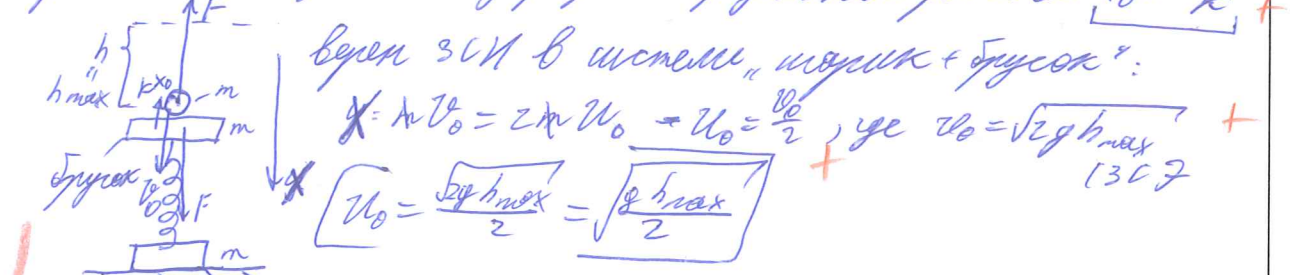
$H = N \cdot \Delta l$

39-14-37-95
(6.2)

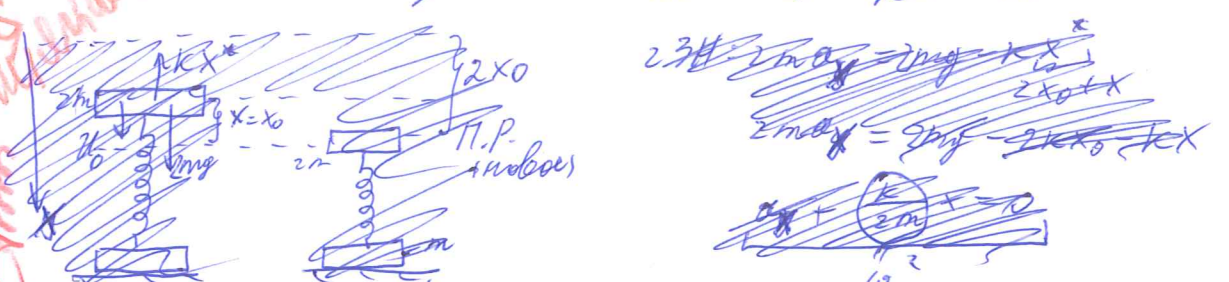
Чистовик

1) $m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$ рассмотрим падение бруска, т.к. он находится в состоянии покоя, считаем, что происходит обр. неупругий удар и время ЗЧН.

При этом изм.-ая деформ. пружины равна $x_0 = \frac{mg}{k}$



2) После удара происходит гориз. кол-ия сна-но нового положения равновесия:

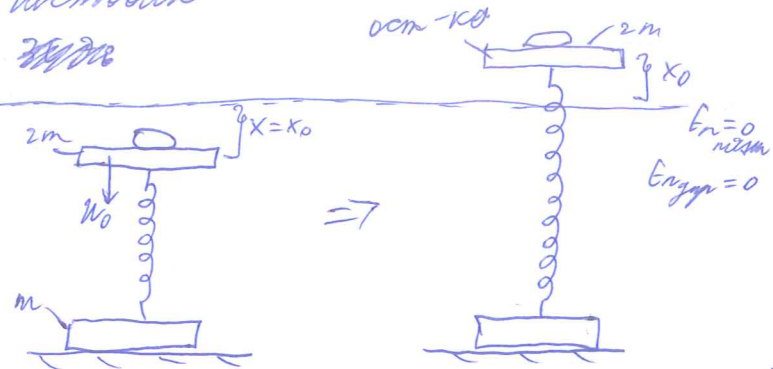


~~$x = x_0 \cos(\omega t) + \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$~~
 ~~$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$~~
 ~~$x_0 = \frac{mg}{k}$~~
 ~~$\frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = \frac{v_0 \sqrt{m}}{\sqrt{k}}$~~

Разберём условие: $h = h_{\max}$ - такая высота, что будет происходить гармонические колебания и нижний брусок массой m не будет отрываться от стола, значит $x_{\max} \leq \frac{mg}{k}$, где $x_{\max}$ - амплитуда последующих колебаний

Разберём пограничный случай, когда $x_{\max} = \frac{mg}{k}$
В верхней точке колебаний $x = x_{\max} = \frac{mg}{k}$

Чистовик
Идея



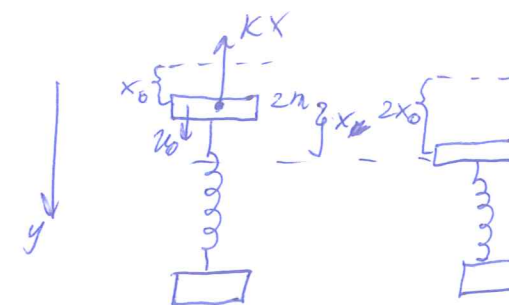
$$\begin{aligned} 3 \text{ ЦЗ: } \frac{1}{2} k x_0^2 + \frac{1}{2} k x_0^2 - 2mgx_0 \\ = \frac{1}{2} k x_0^2 + 2mgx_0 \\ k x_0^2 = 4mgx_0 \\ x_0^2 = 4gx_0 \\ \frac{k x_{\max}}{2} = 4g \cdot \frac{mg}{k} \\ \frac{k x_{\max}}{8} = \frac{mg}{k} \rightarrow \end{aligned}$$

$$\rightarrow k = \frac{8mg}{x_{\max}}$$

$$k = \frac{8 \cdot 9.8 \text{ Н} \cdot 0.01 \text{ м}}{0.01 \text{ м}} = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

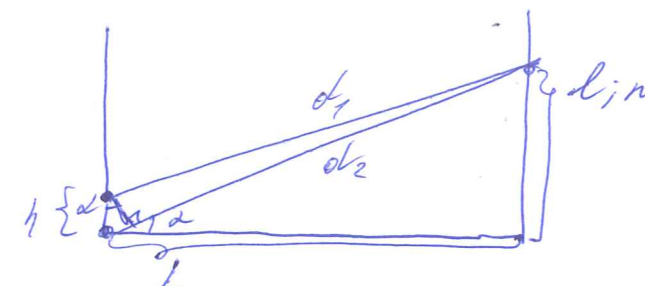
$$\underline{\underline{O_{\text{max}} = k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}}$$

Черновик:



$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot 2m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 = \text{const} \\ \frac{1}{2} 2m v_0^2 + \frac{1}{2} k x_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{ ЦЗ: } 2m a_x = 2mg - k(2x_0 + x) \\ 2m a_x = 2mg - 2kx_0 - kx \\ 2m a_x + kx = 0 \end{aligned}$$



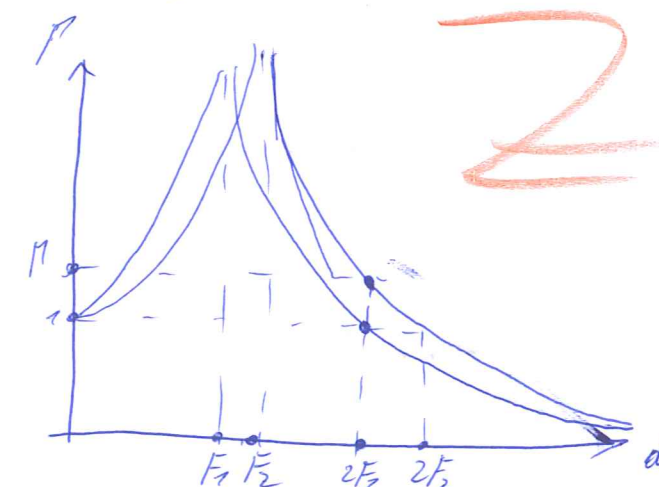
h-ка-во павос на расстоянии e

$$\begin{aligned} s = d_2 - d_1 = h \sin \alpha = n \cdot \lambda \\ \sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{L} \\ \frac{h}{L} h = n \cdot \lambda \end{aligned}$$

$$\frac{H}{L} \cdot h = n \cdot \lambda$$

$$\boxed{h = \frac{n \cdot \lambda}{H} \cdot L}$$

$$\begin{aligned} h = \frac{200 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{0.05 \text{ м}} \cdot 1 \text{ м} = \frac{200 \cdot 10^{-6} \cdot 50}{5} \cdot 1 \text{ м} = 2000 \cdot 10^{-6} \text{ м} = \\ = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = \underline{\underline{2 \text{ мм}}} \end{aligned}$$



$$m = \frac{100}{25 - \frac{100}{11}} = \frac{100}{1.25} = \frac{4}{7}$$

$$F_2 = F_1$$

$$\frac{F_1}{d+x-F_1} = \frac{F_2}{d+x-F_2}$$

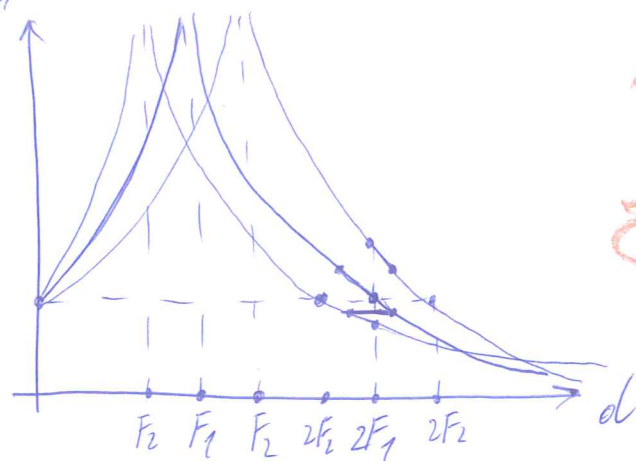
$$\frac{d}{2+x} = \frac{F_2}{20-F_2}$$

$$\frac{1}{2+x} = \frac{F_2}{20-F_2}$$

$$100 - 5F_2 = 6F_2$$

$$11F_2 = 100 \rightarrow F_2 = \frac{100}{11} \text{ Н}$$

Читовик



$$P_{max} = \frac{U^2}{4R} \cdot \frac{R}{2R} = \frac{U^2}{8R}$$

$$U_{cp} = U + IR$$

$$U_{cp} = U + IR \Rightarrow P = I^2 R + U I$$

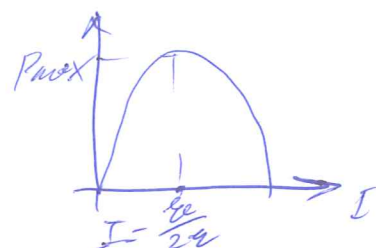
$$P_{max} = \frac{U^2}{4R} \cdot \frac{R}{2R} = \frac{U^2}{8R}$$

$$\left(\frac{U_{cp}}{2R}\right)^2 = \frac{U}{4R}$$

$$\frac{U_{cp}^2}{4R^2} = \frac{U}{4R} \Rightarrow \frac{U_{cp}^2}{R} = \frac{U}{1} \Rightarrow \frac{U_{cp}^2}{R} = U$$

$$\left(\frac{U_{cp}}{2R}\right)^2 = \frac{U}{4R} \Rightarrow \frac{U_{cp}^2}{4R^2} = \frac{U}{4R} \Rightarrow \frac{U_{cp}^2}{R} = U$$

$$\left(\frac{U_{cp}}{2R}\right)^2 \cdot R = \frac{U}{4}$$

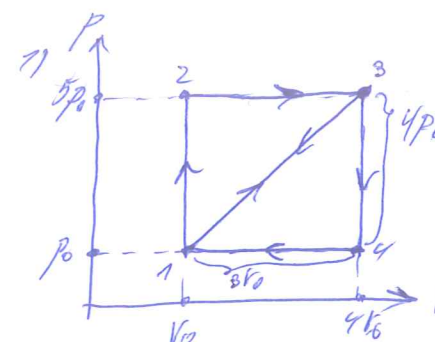
39-14-37-95
(6.2)

Читовик

② i=3

$$\eta_{1341} = ?$$

$$\eta_{1231}$$



$$\eta_{1341} = \frac{A_{1341}}{Q_{подв,1341}}$$

Известно, что $A_{1341} = + \text{Сумма}_{1341}$

$$\text{Сумма}_{1341} = \frac{5p_0 \cdot 4V_0}{2} = 10p_0V_0$$

$$Q_{подв,1341} = Q_{13} \text{ (видно из графика)}$$

Q13 - гр-сс линейной зов-ции с наклоном, равным нулю.

$$Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13}, \text{ где } \Delta U_{13} = \frac{3}{2} R(T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (5p_0 \cdot 4V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} (20p_0V_0 - p_0V_0) = \frac{3}{2} \cdot 19p_0V_0$$

$$A_{13} = \frac{1}{2} (p_0 + 5p_0) \cdot 3V_0 = \frac{3}{2} p_0 \cdot 3V_0 = \frac{9}{2} p_0V_0$$

$$Q_{13} = \frac{3}{2} \cdot 19p_0V_0 + \frac{9}{2} p_0V_0 = \frac{75}{2} p_0V_0$$

$$\eta_{1341} = \frac{10p_0V_0}{\frac{75}{2} p_0V_0} = \frac{20}{75} = \frac{4}{15}$$

$$\eta_{1231} = \frac{A_{1231}}{Q_{подв,1231}}; \text{ аналогично: } A_{1231} = + \text{Сумма}_{1231} = 6p_0V_0$$

$$Q_{подв,1231} = Q_{12} + Q_{23} \text{ (идея по диаграмме)}$$

$$Q_{12} = C_V \Delta T = \frac{5}{2} R(T_2 - T_1), \text{ где } C_V = \frac{5}{2} R \text{ (гр-сс изохорный)}$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} (5p_0 \cdot 4V_0 - p_0 V_0) = 10p_0V_0$$

$$Q_{23} = C_P \Delta T = \frac{7}{2} R(T_3 - T_2), \text{ где } C_P = \frac{7}{2} R \text{ (гр-сс изобарный)}$$

$$Q_{23} = \frac{7}{2} (4p_0 \cdot 4V_0 - 5p_0 \cdot 4V_0) = \frac{7}{2} \cdot 15p_0V_0 = \frac{105}{2} p_0V_0$$

$$Q_{подв,1231} = 10p_0V_0 + \frac{105}{2} p_0V_0 = \frac{125}{2} p_0V_0$$

$$\eta_{1231} = \frac{6p_0V_0}{\frac{125}{2} p_0V_0} = \frac{12}{125}$$

$$\eta_{1341} = \frac{4 \cdot 67}{25 \cdot 123} = \frac{87}{75}$$

$$\text{Ответ: } \frac{87}{75}$$

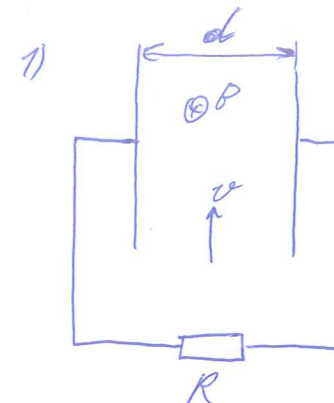
(20)

39-14-37-95
(6.2)

Условие 3

$R = 0,4 \text{ Ом}$
 $d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P_m = 1 \text{ Вт}$

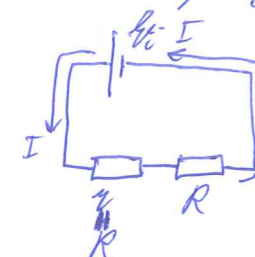
$U = ?$



На движущейся частице проводящей нити в МП будет действовать сила Лоренца, обуславливающая ток в цепи $\rightarrow \mathcal{E}_i = Bv \cdot d \cdot \sin \alpha$
 $= Bv d$

Из теории известно, что на резисторе R будет выделена максим. мощность, если $R = r$, где r - сопротивление источника.

Таким образом цепь эквивалентна такой:



r - обуславливается сопротивлением нити.

$\mathcal{E}_i = I \cdot 2R$

По условию: $P_m = I^2 \cdot R \rightarrow I = \sqrt{\frac{P_m}{R}}$

$\mathcal{E}_i = \sqrt{\frac{P_m}{R}} \cdot 2R = 2\sqrt{P_m \cdot R} \rightarrow Bv d = 2\sqrt{P_m \cdot R} \rightarrow$
 $\rightarrow U = \frac{2\sqrt{P_m \cdot R}}{B d} = \frac{2\sqrt{1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot 0,4 \text{ Ом}}}{1 \text{ Тл} \cdot 0,4 \text{ м}} = 5\sqrt{4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{В}}{\text{с}}} =$
 $\frac{0,2}{5} = 0,04 \frac{\text{В}}{\text{с}} = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{В}}{\text{с}} = 0,04 \frac{\text{В}}{\text{с}}$

$U = 0,1 \frac{\text{В}}{\text{с}}$

205.

Ответ: $U = 0,1 \frac{\text{В}}{\text{с}}$

Док - во факта про мощность:

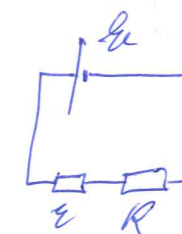
$\mathcal{U} = \mathcal{E}_i - I \cdot r$

$P = \mathcal{E}_i I - I^2 \cdot r$

$P_{\max} = P\left(\frac{\mathcal{E}_i}{2r}\right) =$

$= \frac{\mathcal{E}_i^2}{2r} - \frac{\mathcal{E}_i^2}{4r} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4r}$

$P = \mathcal{U} \cdot I = I^2 R \rightarrow P_{\max} = \left(\frac{\mathcal{E}_i}{2r}\right)^2 R = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4r} \rightarrow \frac{\mathcal{E}_i^2}{4r} R = \frac{\mathcal{E}_i^2}{4r} \rightarrow R = r$
 $r = R$

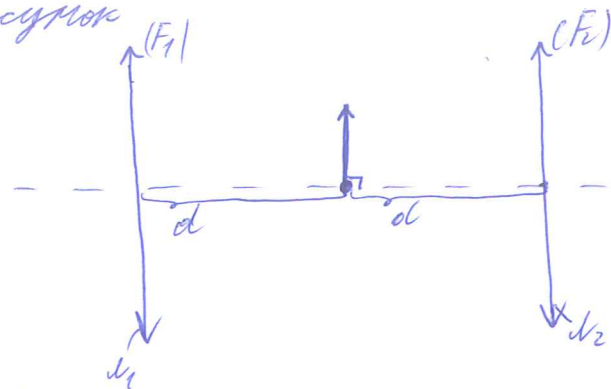


+

чтд!

Условие ④
 $d = 25 \text{ см}$
 $x = 5 \text{ см}$
 $\Gamma = ?$

1) Рисунок



При $d \ll F \rightarrow H$ ^{маленькое}
 $\rightarrow f = \frac{dF}{F-d} \approx f = \frac{F}{d}$
 $\Gamma = \frac{F}{F-d}$

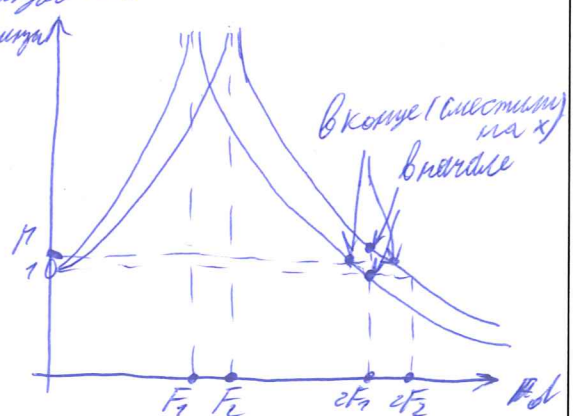
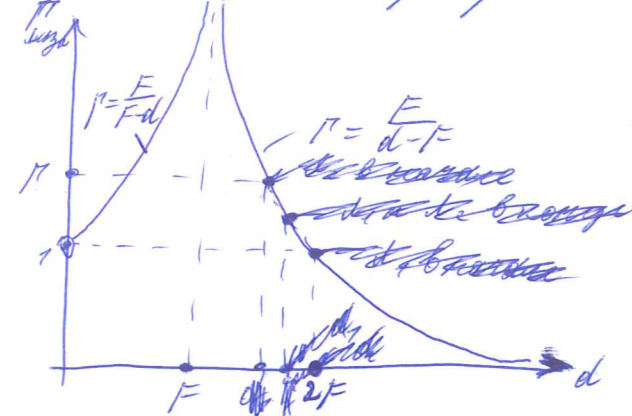
Из теории известно: Если $\Gamma_{\text{изотм}} = 1$, то Γ макс-на в 2F раз.

$\rightarrow d = 2F_1 \rightarrow F_1 = \frac{d}{2} = 12.5$

При этом $\Gamma = \frac{F}{d}$ и $f = \frac{Fd}{d-F} \rightarrow \Gamma = \frac{F}{d-F}$, где $\Gamma = \frac{F_2}{d-F_2}$

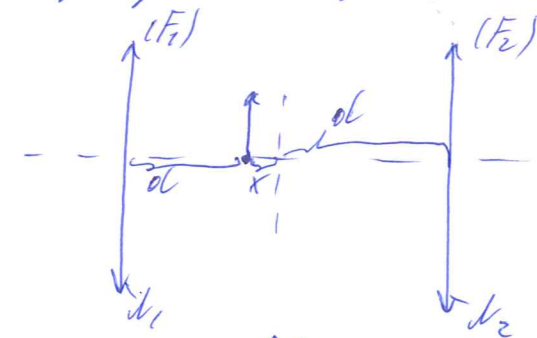
Если Γ действительное

2) Возмоздятся ударком $\Gamma_{\text{изотм}}(d)$:



Из рисунка видно, что Γ_1 и Γ_2 совпадают при этом:

Продвижение к d_1 и d_2 равно Γ^*
 $\Gamma^* = \frac{F_1}{d-x-F_1} = \frac{F_2}{d+x-F_2} \leftarrow F_1 = \frac{d}{2}$



$\frac{\frac{d}{2}}{d-x-\frac{d}{2}} = \frac{F_2}{d+x-F_2}$

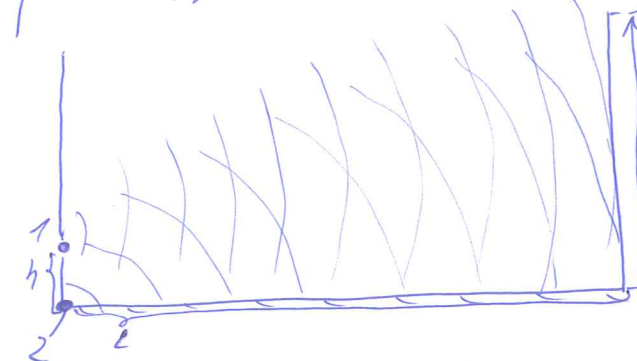
$\frac{25}{25-5-12.5} = \frac{F_2}{25+5-F_2} \rightarrow \frac{25}{7.5} = \frac{F_2}{30-F_2} \rightarrow 150 - 5F_2 = 3F_2$
 $8F_2 = 150$
 $F_2 = \frac{150}{8} \text{ см} \approx 18.75$

$\Gamma = \frac{F_2}{d-F_2} = \frac{18.75}{25-18.75} = \frac{18.75}{6.25} = 3$

Ответ: $\Gamma = 3$

Условие ⑤

$\lambda = 0.5 \text{ мкм} = 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$
 $L = 1 \text{ м}$
 $H = 5 \text{ см}$
 $N = 200$
 $h \ll L$
 $h = ?$



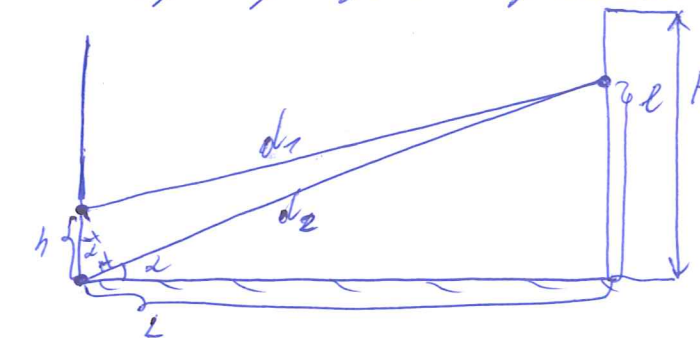
Здесь световая картина состоит из множества световых колебаний в том 1 и 2, где 2-й источник представляет собой волну, образовавшуюся от зеркала.

Эти два источника интерферируют на F .

2) Из теории известно, что $\Delta = m \cdot \lambda$, где Δ - разность хода лучей
 $\Delta = d_2 - d_1$, где d_1 - расстояние от источника до точки, где $m = 0, 1, 2, \dots$
 $m = 1$

на F на осевой интерференции
 d_2 - аналогично только от источника 2

Рассмотрим произв. точку на F :



Из рисунка:
 $\Delta = d_2 - d_1 = h \sin \alpha$
 т.к. $H \ll L$, то $\tan \alpha \approx \sin \alpha$
 $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{L}$

$h \cdot \frac{1}{L} = m \cdot \lambda$ Отсюда видно, что при $L \rightarrow 0$ $m \rightarrow 1$, тогда
 при $L = H \rightarrow m = N \rightarrow h \cdot \frac{H}{L} = N \cdot \lambda \rightarrow h = \frac{N \cdot \lambda \cdot L}{H}$

3) $h = \frac{200 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot 1 \text{ м}}{0.05 \text{ м}} = \frac{200 \cdot 1 \text{ м} \cdot 50 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-2}} = 2000 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2 \text{ мм}$
 Ответ: 2 мм