

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Мисенко Кирилл Вячеславович
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 мест *Шуз.*

15:08 - работу сдал / Азаматов А.М. Кел

Дата
« 5 » 03 2023 года

Подпись участника

49-46-80-42
(49.4)

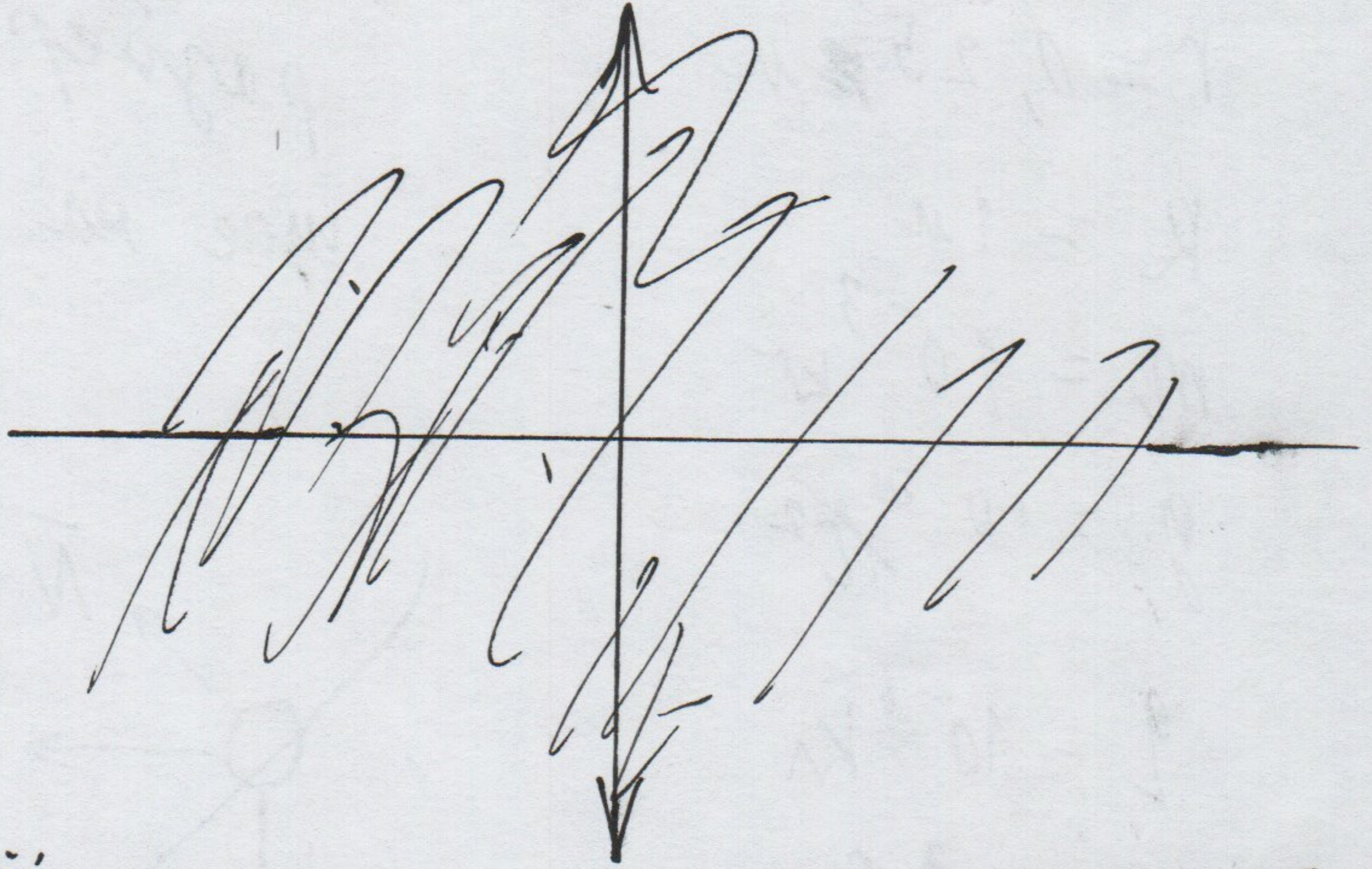
Чистовик стр 1

4.5.2.

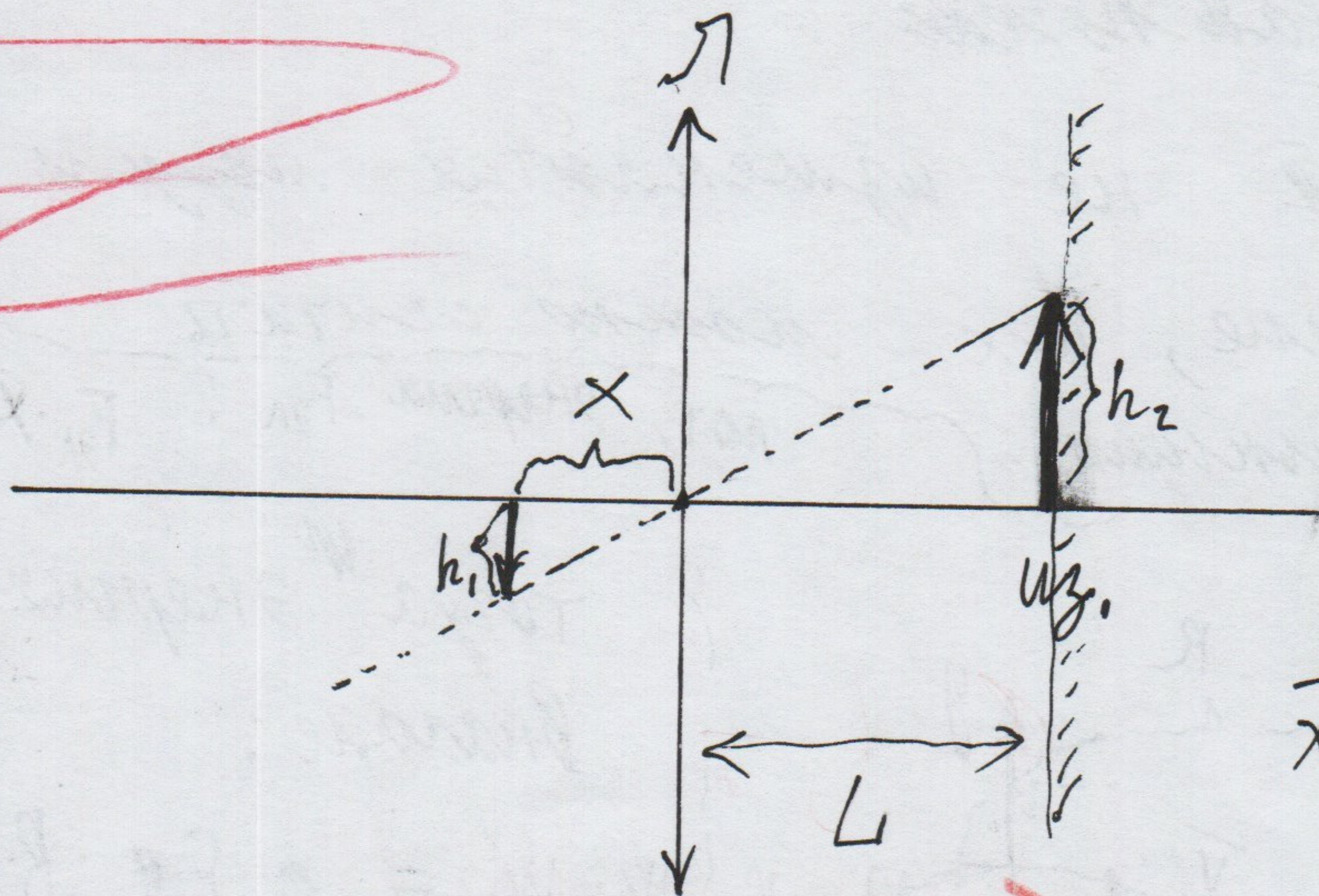
$D = 6 \text{ дтр}$

$\Gamma = 3$

$L = ?$



разберём случай, когда предмет и его изображение находятся с разных сторон.



$\Gamma = \frac{h_2}{h_1} = \frac{L}{x}$

$L = \Gamma \cdot x \quad (1)$

$\frac{1}{x} + \frac{1}{L} = D \quad (2)$

это не L!!!

в (2) подст. ~~(1)~~ (1)

$\frac{1}{x} + \frac{1}{\Gamma \cdot x} = D \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{x} \cdot \left(1 + \frac{1}{\Gamma}\right) = D \Rightarrow x = \frac{1}{D} \cdot \left(1 + \frac{1}{\Gamma}\right)$

12

подст. в (1)

$L = \frac{\Gamma}{D} \cdot \left(1 + \frac{1}{\Gamma}\right) = \frac{3}{6} \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right) =$

$= \frac{4}{6} = 0,66 \text{ м}$

наибольше не Γ величине!

также \exists случай, когда изобр. и предмет по одну сторону от л, но наблюдатель на экране его не увидит, а увидит через л)

ответ: $L = 0,66 \text{ м}$

Чистовик стр. 2

3.9.2

разберём силы, действующие на бусинку:

$$r = 0,25 \text{ м}$$

$$R = 1 \text{ м}$$

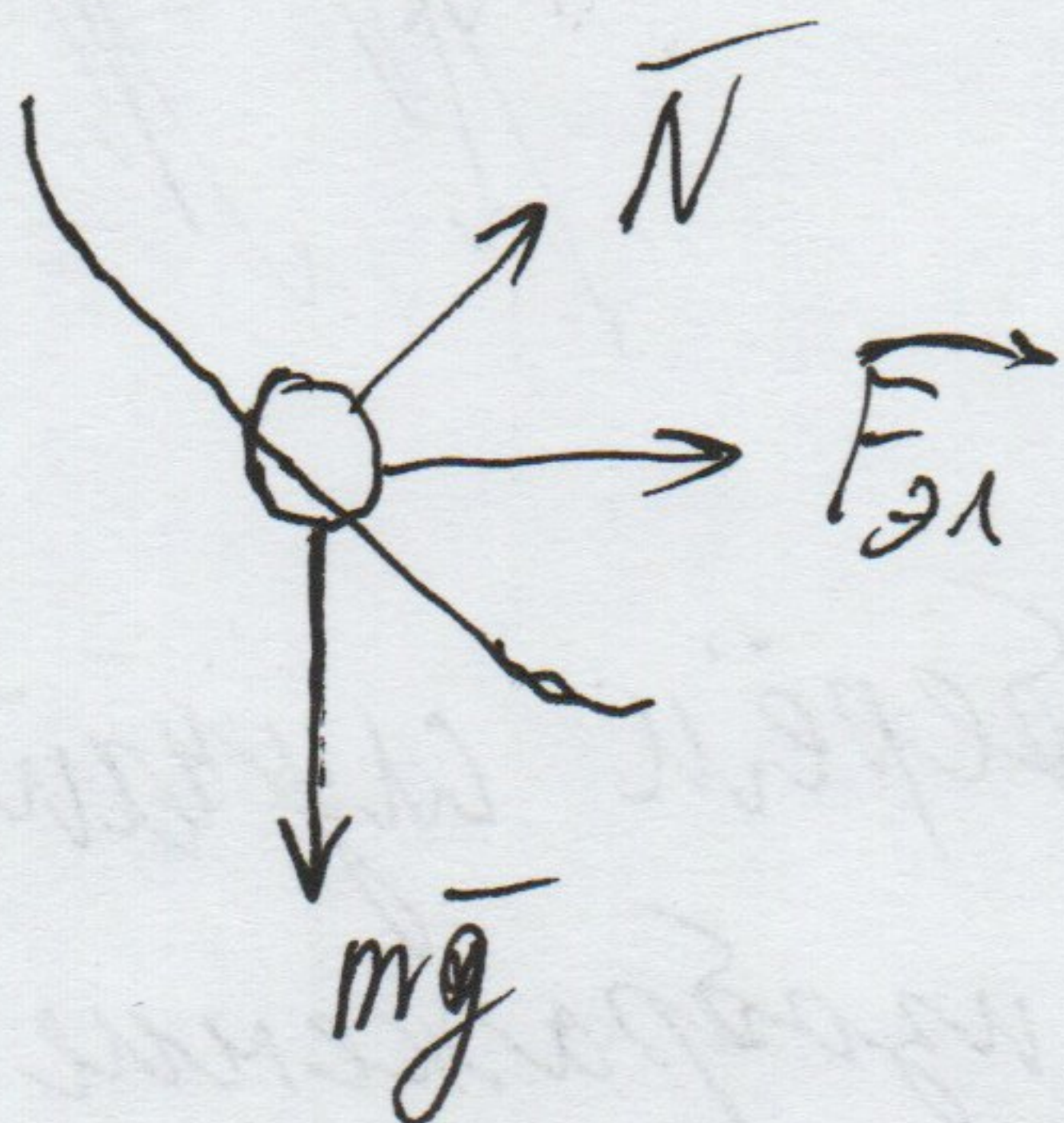
$$m = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$E = 10^3 \text{ В/м}$$

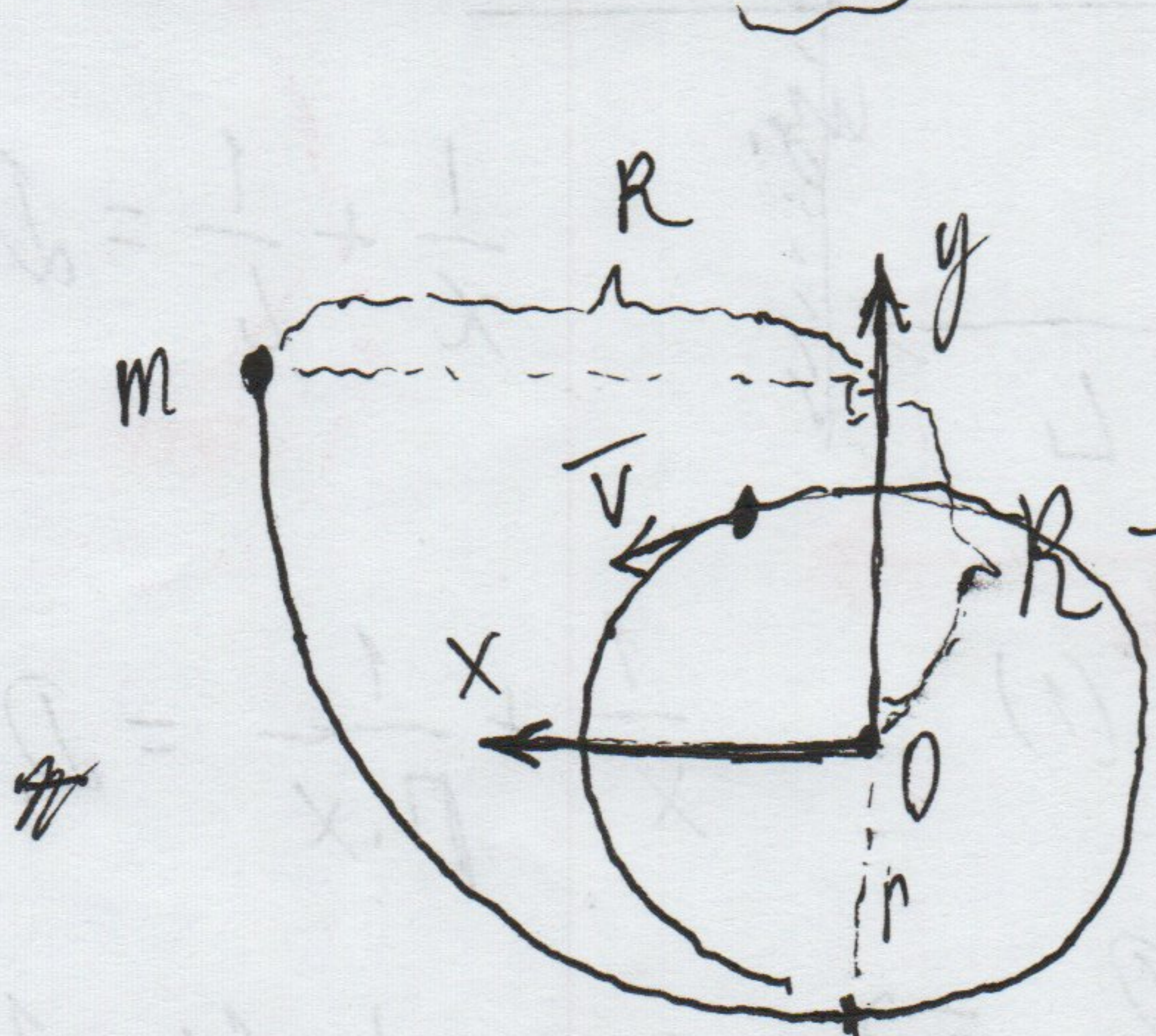
$$F_{эл} = E \cdot q$$



\vec{N} перпендикул.
движению \Rightarrow
 \Rightarrow не совершает
работы

~~сила тяжести~~

$F_{эл}$ и mg не изменяются по модулю и направлению, их можно считать потенциальными. пот. энергия $F_{эл}$: $F_{эл} \cdot x = Eq \cdot x$



тогда энергия
вначале:

$$W_0 = W_{p0} = Eq \cdot R + mg(R-r)$$

энергия при движении по окружн.

$$W = Eqx + mgy + \frac{mv^2}{2}$$

$$\text{ЗСЭ: } W = W_0 \Rightarrow EqR + mg(R-r) = \frac{mv^2}{2} + mgy + Eq \cdot x \quad (1)$$

Чистовик стр. 3

Т.к. движение по окружности: $x^2 + y^2 = r^2$

$$x = \sqrt{r^2 - y^2} \quad \text{подст. в (1)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E q R + mg(R - r) = \frac{mV^2}{2} + mgy + E q \sqrt{r^2 - y^2}$$

~~мы~~возьмём производную $\frac{d}{dy}$

$$0 = \frac{m \cdot 2V \cdot V'}{2} + mg + E q \cdot \frac{-2y}{2\sqrt{r^2 - y^2}}$$

Т.к. при $V = V_{\min}$ $V' = 0$

$$0 = mg + E q \cdot \frac{-y}{\sqrt{r^2 - y^2}}$$

$$mg = E q \cdot \frac{y}{\sqrt{r^2 - y^2}}$$

$$mg \cdot \sqrt{r^2 - y^2} = E q y$$

$$(mg)^2 \cdot (r^2 - y^2) = (E q)^2 \cdot y^2$$

$$y^2 \cdot [(E q)^2 + (mg)^2] = (mg r)^2$$

$$y = \frac{mg r}{\sqrt{(E q)^2 + (mg)^2}} \quad \text{подст. в иск.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E q R + mg(R - r) = \frac{mV_{\min}^2}{2} + \frac{(mg)^2 r}{\sqrt{(E q)^2 + (mg)^2}} + E q \cdot \sqrt{r^2 - \frac{(mg r)^2}{(E q)^2 + (mg)^2}}$$

стр. 4

Чистовик

$$Eq \cdot R + mg(R-r) = \frac{mV_{\min}^2}{2} + \frac{r}{\sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2}}$$

$$\bullet \left((mg)^2 + Eq \cdot \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2} - (mg)^2 \right) \neq$$

$$EqR + mg(R-r) = \frac{mV_{\min}^2}{2} + r \cdot \frac{(mg)^2 + (Eq)^2}{\sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2}}$$

$$EqR + mg(R-r) = \frac{mV_{\min}^2}{2} + r \cdot \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2}$$

$$\frac{m \cdot V_{\min}^2}{2} = EqR + mg(R-r) - r \cdot \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2}$$

$$V_{\min} = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot (EqR + mg(R-r) - r \cdot \sqrt{(Eq)^2 + (mg)^2})}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{10^{-3}} \cdot (10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 1 + 10^{-3} \cdot 10 \cdot (1 - 0,25) - 0,25 \cdot \sqrt{(10^{-3})^2 + (10^{-2})^2})}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{10^{-3}} \cdot (10^{-3} + 7,5 \cdot 10^{-3} - 0,25 \cdot \sqrt{10^{-4} + 10^{-6}})}$$

$$= \sqrt{2 + 15 - 0,5 \cdot \sqrt{10^2 + 1}} \approx \sqrt{17 - 5} = \sqrt{12} \approx$$

$$\approx 3,45 \text{ м/с}$$

Ответ: 3,45 м/с

Чистовик стр 5

2.9.2

Только что ис

когда ~~выпарится~~ ^{испарится} вся вода

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0^\circ \text{C}; T_1 = 273 \text{ К}$$

$$t_2 = 127^\circ \text{C}; T_2 = 400 \text{ К}$$

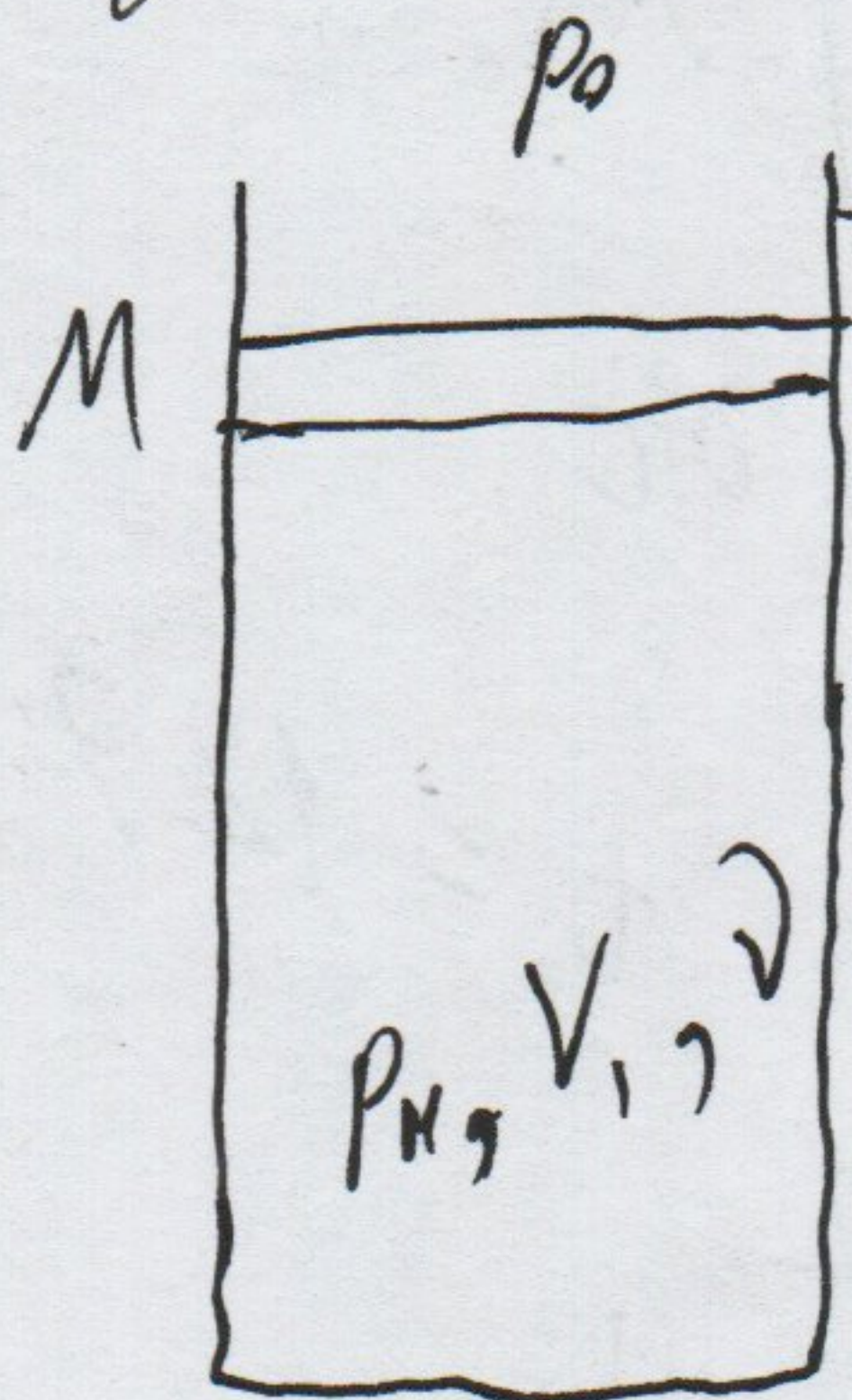
$$h = 0,83 \text{ м}$$

$$m = ?$$

$$p_H = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$



~~$$p_H \cdot V_1 = \nu R T_1$$~~

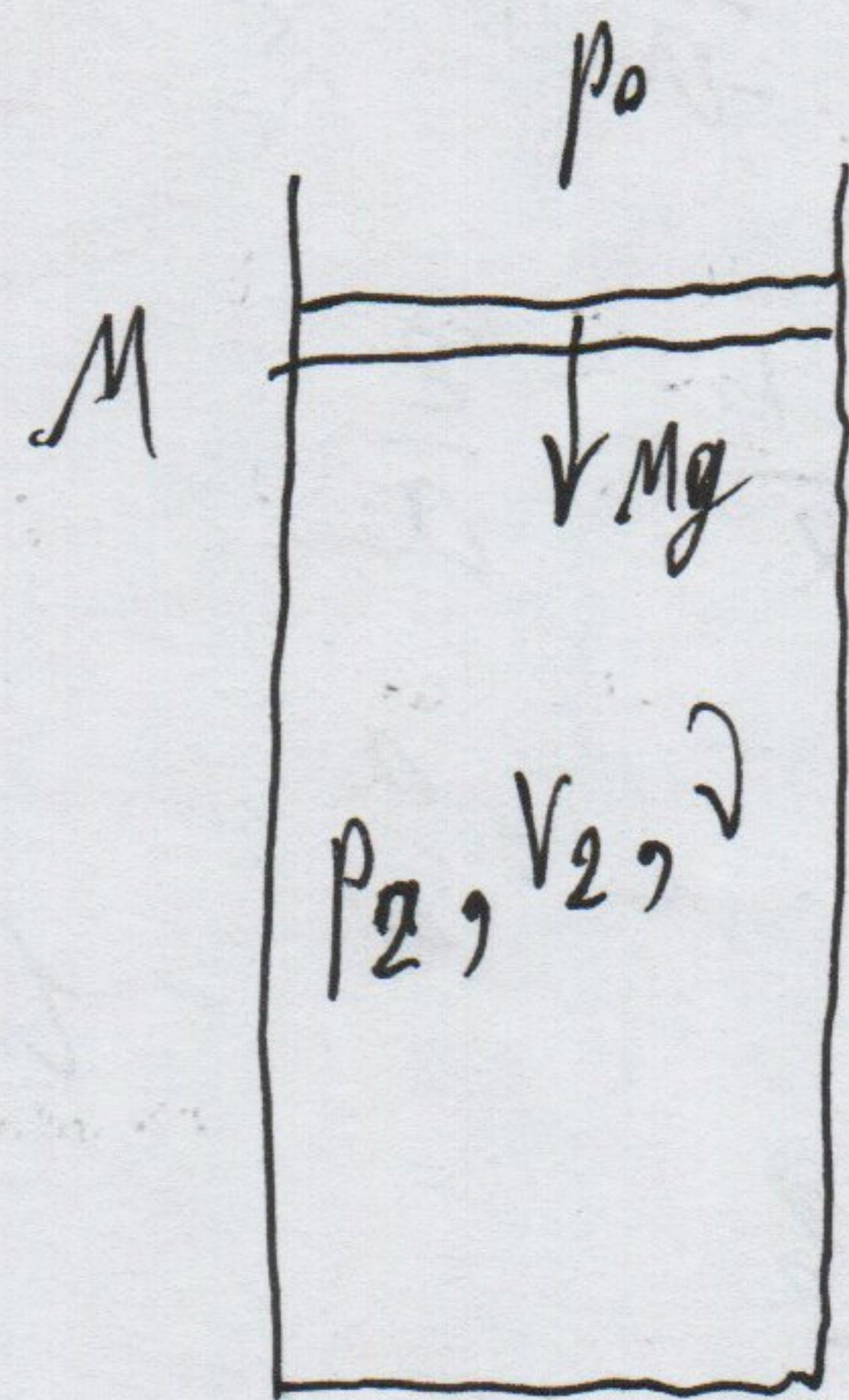
$$\nu = \frac{m}{\mu}$$

$$p_H \cdot V_1 = \nu R T_2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \quad (1)$$

когда ~~выпарится~~ газ (пар)

находится ~~в равновесии~~

в равновесном состоянии:



$$p_2 \cdot V_2 = \nu R T_2$$

$$p_2 = p_0 + \frac{Mg}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot V_2 = \nu R T_2$$

~~выпарится~~

$$\left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$$

$$V_2 = S \cdot h \Rightarrow \left(p_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot S \cdot h = \frac{m}{\mu} R T_2$$

20

Чистовик стр. 6

~~$K = \frac{m \cdot R T_2}{S \cdot p_0 + Mg}$~~

~~$K = \frac{m \cdot R T_2}{S \cdot p_0 + Mg}$~~

$$m = \frac{h \cdot \mu \cdot (p_0 S + Mg)}{R T_2} = \frac{0,018 \cdot 0,83 \cdot (10^5 \cdot 0,01 + 10^{-2} \cdot 10)}{8,3 \cdot 400}$$

$$= \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,018}{400} = 0,009 \text{ кг} = 9 \text{ г}$$

Ответ: $m = 9 \text{ г}$

5.3.2

$a = F +$

$R = 2,25 \text{ см}$

$\cos \alpha = \frac{a - R}{a - l} \quad (1)$

$\text{tg } \alpha = \frac{l}{a} \quad (2)$

крайний луч. можно рассмотреть,

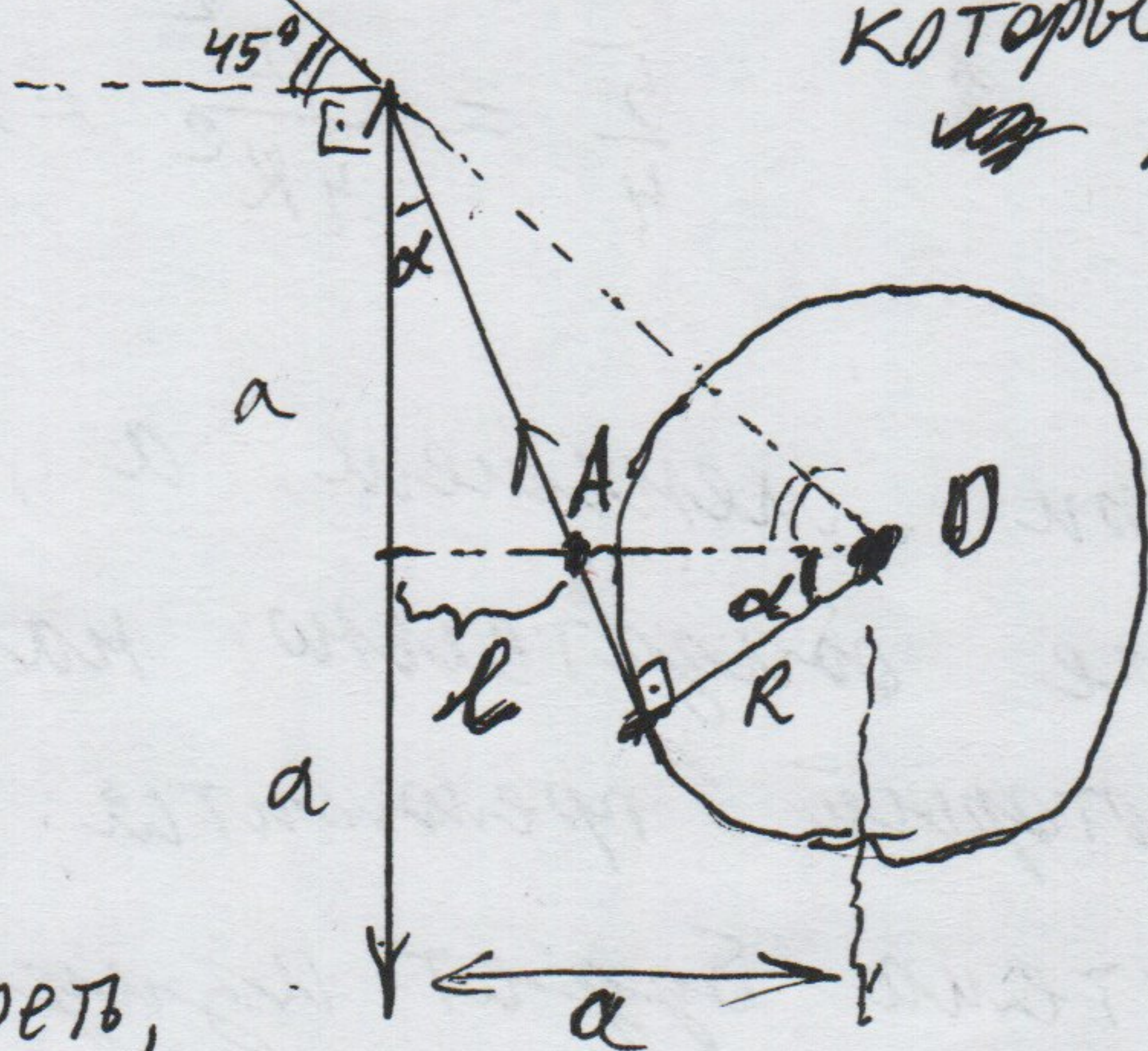
как: A - предмет
O - изображение

рассмотрим граничный случай чтобы луч выходил

где есть такой крайний и единственный луч,

который испускается по касательной и проходит

через край линзы преломляется под $\alpha \leq 45^\circ$



тогда если такой луч F, то система будет излучать свет по всем направлениям

тогда: $\frac{1}{l} + \frac{1}{-a} = \frac{1}{F} = \frac{1}{a} \Rightarrow$

$\Rightarrow l = \frac{a}{2} \quad (3)$

Чистовик стр. 7

В (1) а (2) подст. (3) =>

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{R}{a - \frac{a}{2}} = \frac{2R}{a}$$

$$\tan \alpha = \frac{\frac{a}{2}}{a} = \frac{1}{2}$$

~~$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{2R}{a}\right)^2}}{\frac{2R}{a}}$$~~

$$\tan^2 \alpha = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{\left(\frac{2R}{a}\right)^2} - 1$$

$$\frac{5}{4} = \frac{a^2}{4R^2} \Rightarrow a = \sqrt{5} \cdot R$$

при меньшем a , чем в граничном случае обязательно найдётся крайний луч, который преломится больше, чем на $45^\circ \Rightarrow$ система будет излучать во всех направлениях

$$a \leq \sqrt{5} \cdot R, \quad a \geq R - \text{т.к. источник не может выйти за линзу}$$

$$a \in [R; \sqrt{5}R] = [2,25 \text{ см}; 5 \text{ см}]$$

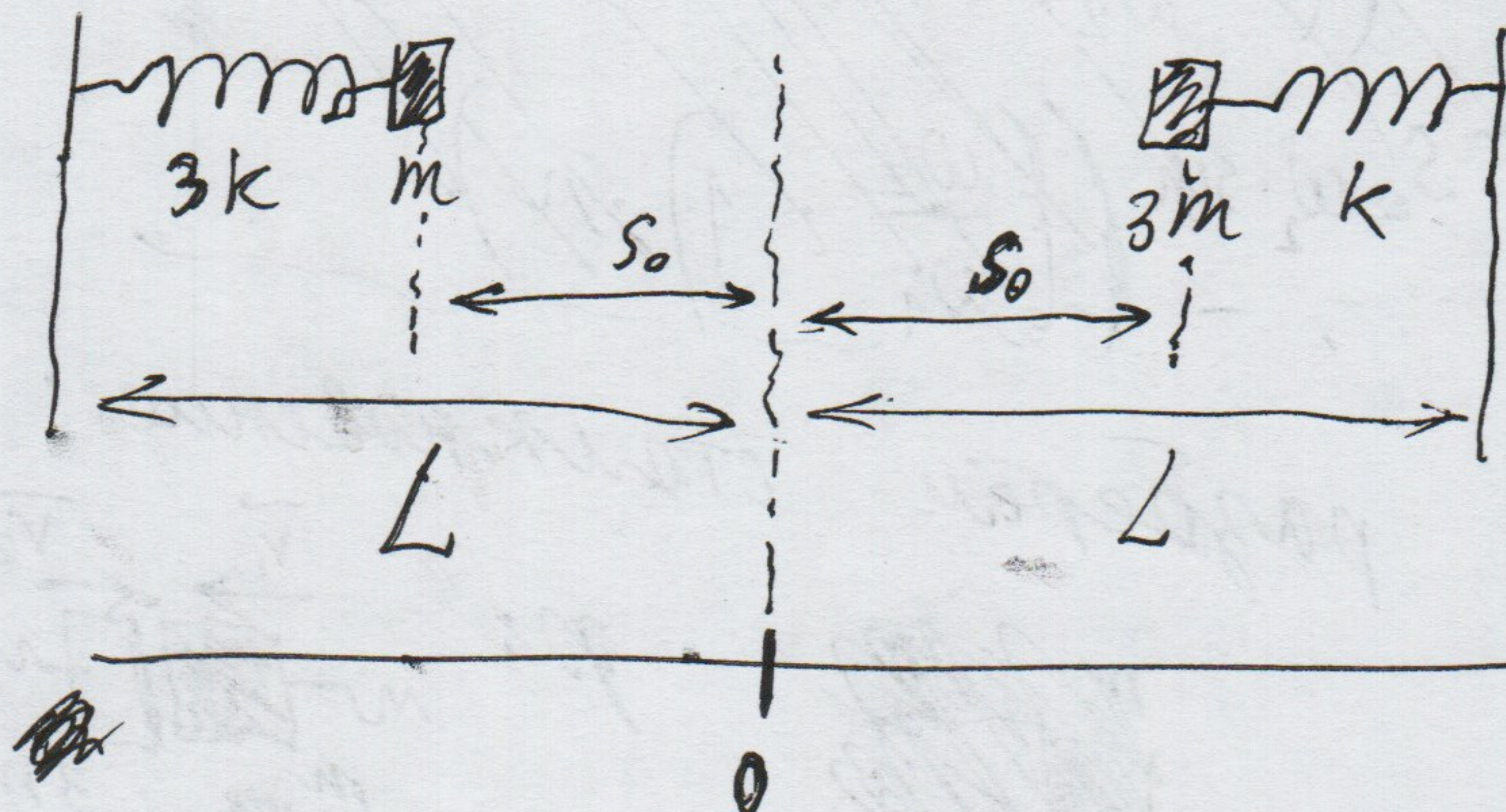
$$a = F \quad F \in [2,25 \text{ см}; 5 \text{ см}]$$

Ответ: $F \in [2 \text{ см}; 5 \text{ см}]$ (в усл. ~~записано~~ ~~округлить~~ до цел.)

Чистовик стр. 8

1.2.2.

$L = 20 \text{ см}$
 $S = 10 \text{ см}$
 $W = 3 \text{ Дж}$
 $3k = ?$



(нарисован момент $t=0$)

II зак. Ньютона для:

m) $0x$: ~~$m\ddot{x}$~~ $m\ddot{x} = -3kx$

$3m$) $3m\ddot{x} = -kx$

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

$\omega_1^2 = \frac{3k}{m}$

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

$\omega_2^2 = \frac{k}{3m}$

$$X_{(t)1} = -s_0 \cdot \cos(\omega_1 t)$$

$$X_{(t)2} = s_0 \cdot \cos(\omega_2 t)$$

они ударятся, когда $X_{(t)1} = X_{(t)2}$ в такой момент $t = \tau$

$$X_{(\tau)1} = X_{(\tau)2} = X_{\text{уд.}}$$

$$-s_0 \cdot \cos(\omega_1 \cdot \tau) = s_0 \cdot \cos(\omega_2 \cdot \tau)$$

$$\cos(\omega_1 \cdot \tau - \pi) = \cos(\omega_2 \cdot \tau)$$

$$\omega_1 \cdot \tau - \pi = \omega_2 \cdot \tau$$

$$\tau = \frac{\pi}{\omega_1 - \omega_2}$$

$$\Rightarrow X_{\text{уд.}} = s_0 \cdot \cos(\omega_2 \cdot \tau) = s_0 \cdot \cos\left(\frac{\omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \cdot \pi\right)$$

$$V_{(t)1x} = \dot{X}_{(t)1} = +s_0 \cdot \sin(\omega_1 t) \cdot \omega_1$$

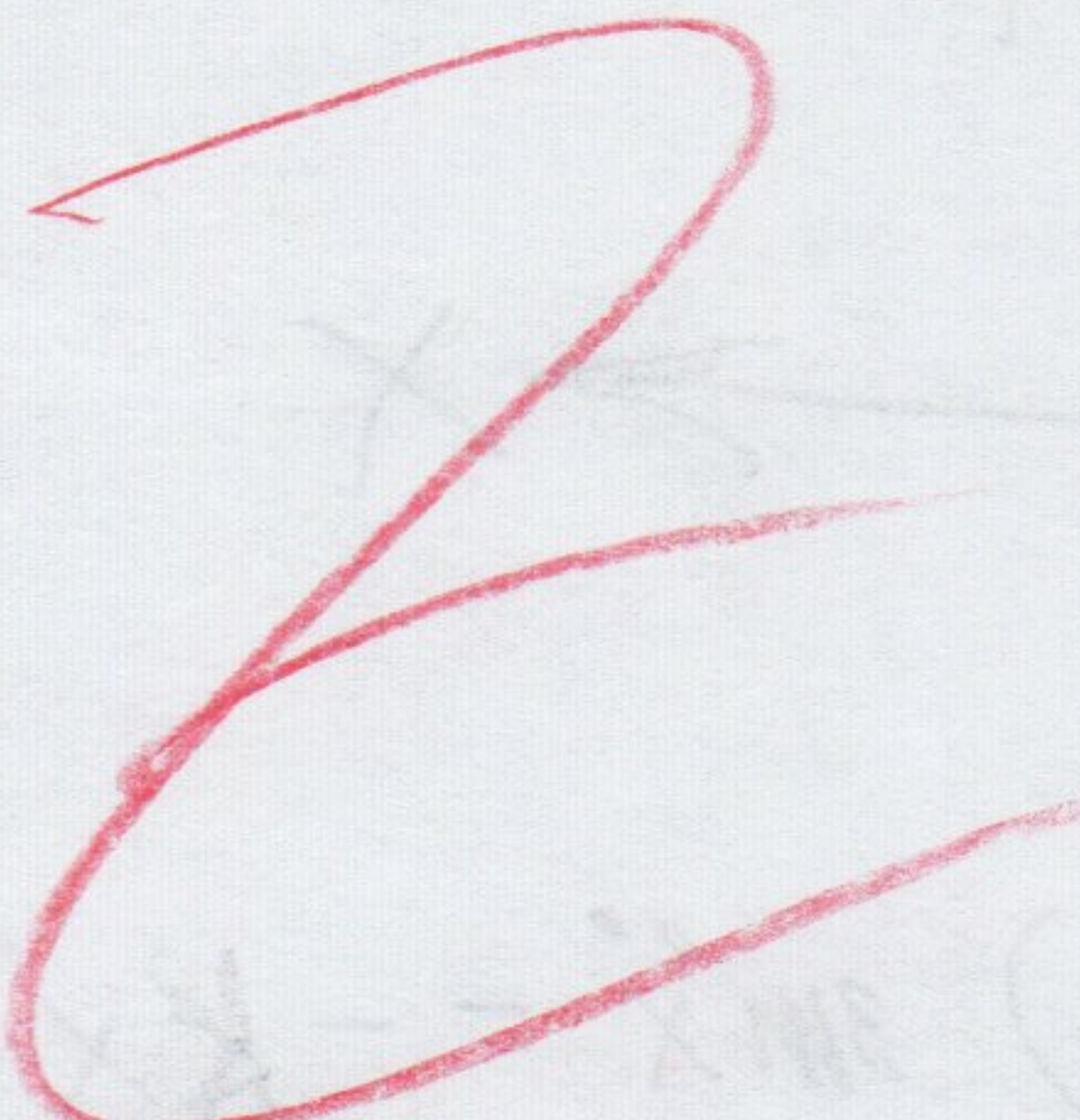
$$V_{(t)2x} = \dot{X}_{(t)2} = -s_0 \cdot \sin(\omega_2 t) \cdot \omega_2$$

$$\begin{cases} V_{1x} = V_{(\tau)1x} = s_0 \cdot \sin(\omega_1 \cdot \tau) \cdot \omega_1 & (\text{с.1}) \\ V_{2x} = V_{(\tau)2x} = -s_0 \cdot \sin(\omega_2 \cdot \tau) \cdot \omega_2 \end{cases}$$

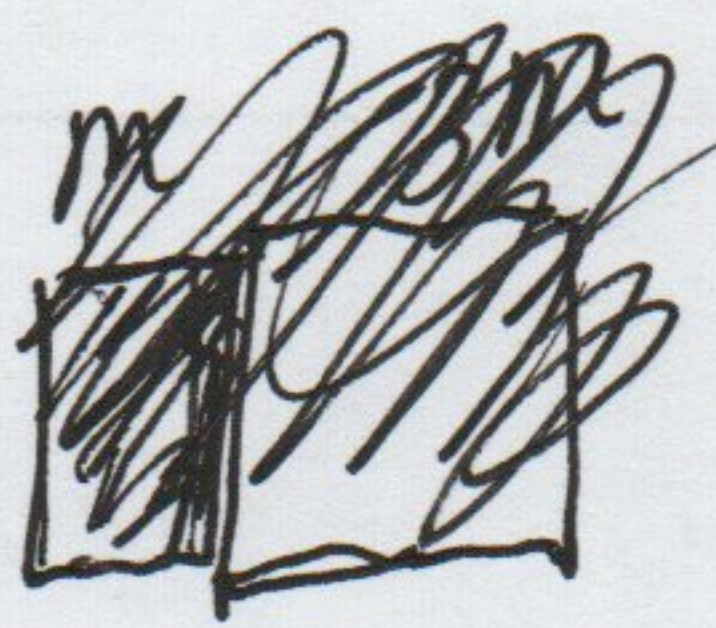
Чистовик стр. 9

$$\begin{cases} v_{1x} = S_0 \cdot \sin\left(\left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right) \cdot \pi\right) \cdot \omega_1 \\ v_{2x} = -S_0 \cdot \omega_2 \cdot \sin\left(\left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1\right) \cdot \pi\right) \end{cases}$$

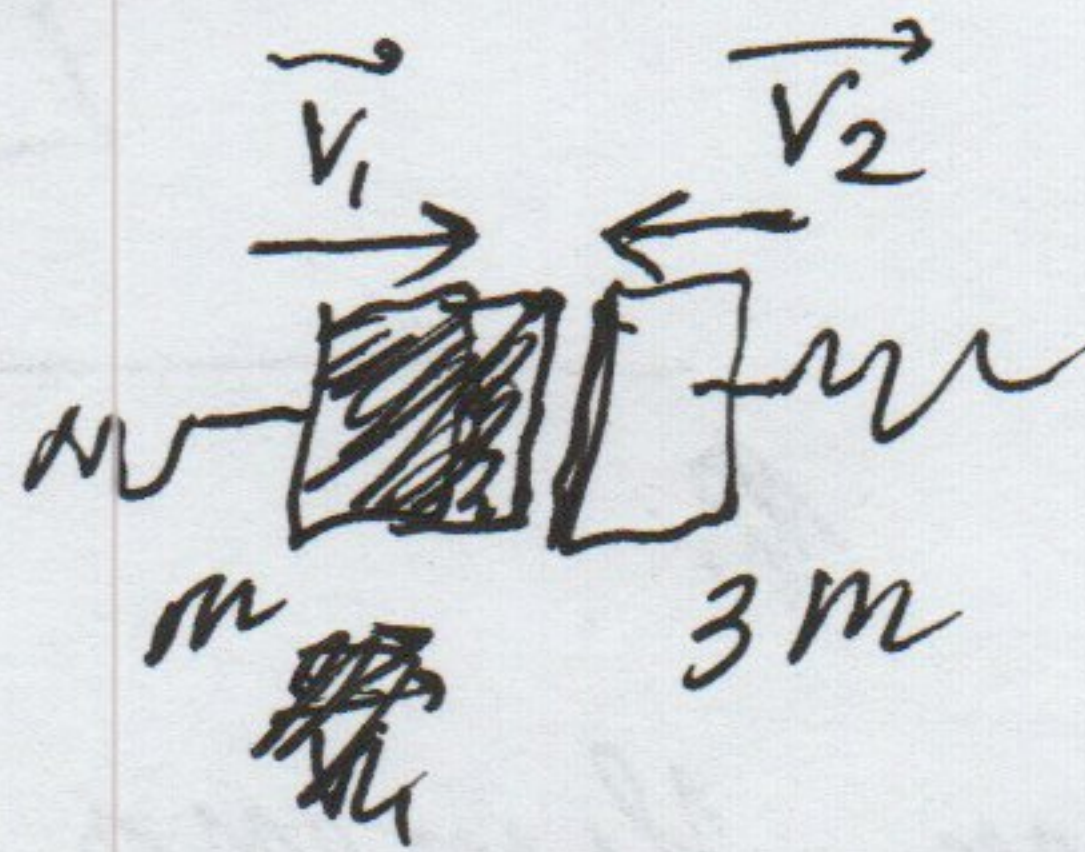
~~скорости~~



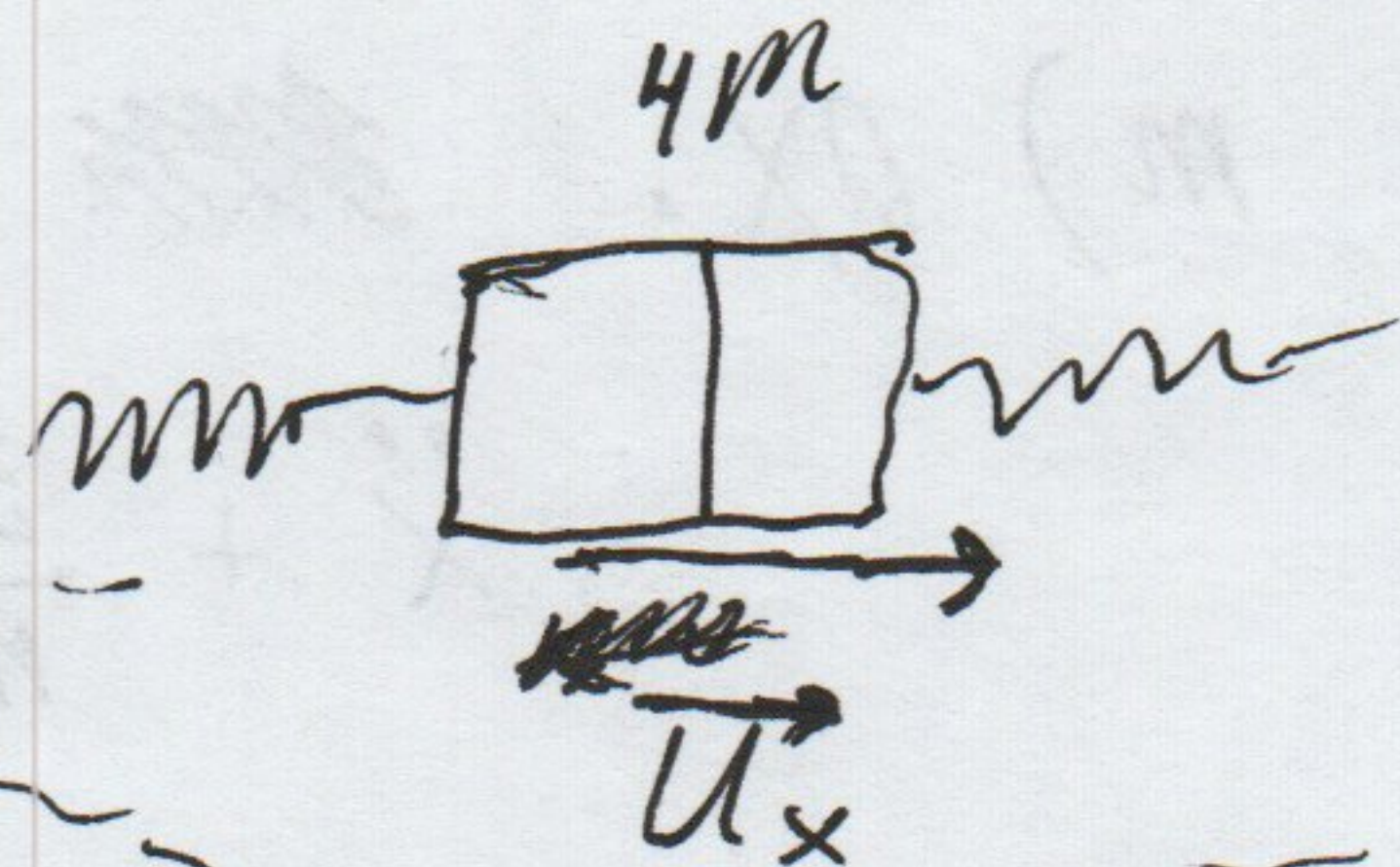
разберём столкновение:



до:



сразу после:



ЗСМ: ОХ: $m v_{1x} + 3m v_{2x} = 4m u_x$ (1.1)

~~$\frac{m v_{1x}^2}{2} + \frac{3m v_{2x}^2}{2} = \frac{4m u_x^2}{2}$ (1.2)~~

~~$m v_{1x}^2 + 3m v_{2x}^2 = 2W + 4m u_x^2$~~

~~$v_{1x} + 3v_{2x} = 4u_x$~~

~~$m v_{1x}^2 + 3m v_{2x}^2 = 2W + m(v_{1x} + 3v_{2x})^2$~~

$$W = \frac{4m \cdot u_x^2}{2} + \frac{k \cdot x_{\text{сп}}^2}{2} + \frac{3k \cdot x_{\text{уп}}^2}{2} = 2m u_x^2 + 2k x_{\text{уп}}^2 \quad (1.2)$$

подст. в (с.1) (1):

$$\begin{cases} v_{1x} = S_0 \cdot \omega_1 \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{\omega_1}{\omega_1 - \omega_2}\right) \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} v_{2x} = -S_0 \cdot \omega_2 \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1 - \omega_2}\right) \end{cases} \quad (3.3)$$

49-46-80-42
(49.4)

Чистовик стр. 10

~~В~~ в (W) подст. (х.уд.), и из (1.1)

$$V_{1x} + 3V_{2x} = 4U_x$$

$$W = \frac{1}{2} m \cdot \frac{(V_{1x} + 3V_{2x})^2}{2} + 2K \cdot \left(s_0 \cdot \cos \left(\frac{\omega_2 \pi}{\omega_1 - \omega_2} \right) \right)^2$$

подст. (2.2) и (3.3):

$$W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot s_0^2 \cdot \left(\omega_1 \cdot \sin \left(\frac{\pi \omega_1}{\omega_1 - \omega_2} \right) - 3\omega_2 \cdot \sin \left(\frac{\pi \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \right) \right)^2 + 2K \cdot s_0^2 \cdot \cos^2 \left(\frac{\omega_2 \pi}{\omega_1 - \omega_2} \right) \quad | : (3K)$$

$$\frac{W}{3K} = \frac{1}{6} \cdot \frac{m}{K} \cdot s_0^2 \cdot \left(\omega_1 \cdot \sin \left(\frac{\pi \omega_1}{\omega_1 - \omega_2} \right) - 3\omega_2 \cdot \sin \left(\frac{\pi \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \right) \right)^2 + \frac{2}{3} \cdot s_0^2 \cdot \cos^2 \left(\frac{\omega_2 \cdot \pi}{\omega_1 - \omega_2} \right); \quad \frac{m}{3K} = \frac{1}{\omega_1^2}$$

$$\Rightarrow \frac{W}{3K} = \frac{1}{2} \cdot s_0^2 \cdot \left(\sin \left(\frac{\pi \omega_1}{\omega_1 - \omega_2} \right) - 3 \frac{\omega_2}{\omega_1} \cdot \sin \left(\frac{\pi \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} \right) \right)^2 + \frac{2 \cdot s_0^2}{3} \cdot \cos^2 \left(\frac{\omega_2 \cdot \pi}{\omega_1 - \omega_2} \right)$$

$$3K = \frac{W}{s_0^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\sin \left(\frac{\pi}{1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}} \right) - 3 \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} \cdot \sin \left(\frac{\pi}{\frac{\omega_1}{\omega_2} - 1} \right) \right)^2 + \frac{2}{3} \cos^2 \left(\frac{\pi}{\frac{\omega_1}{\omega_2} - 1} \right) \right)}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sqrt{\frac{3K}{m}}}{\sqrt{\frac{K}{3m}}} = 3$$

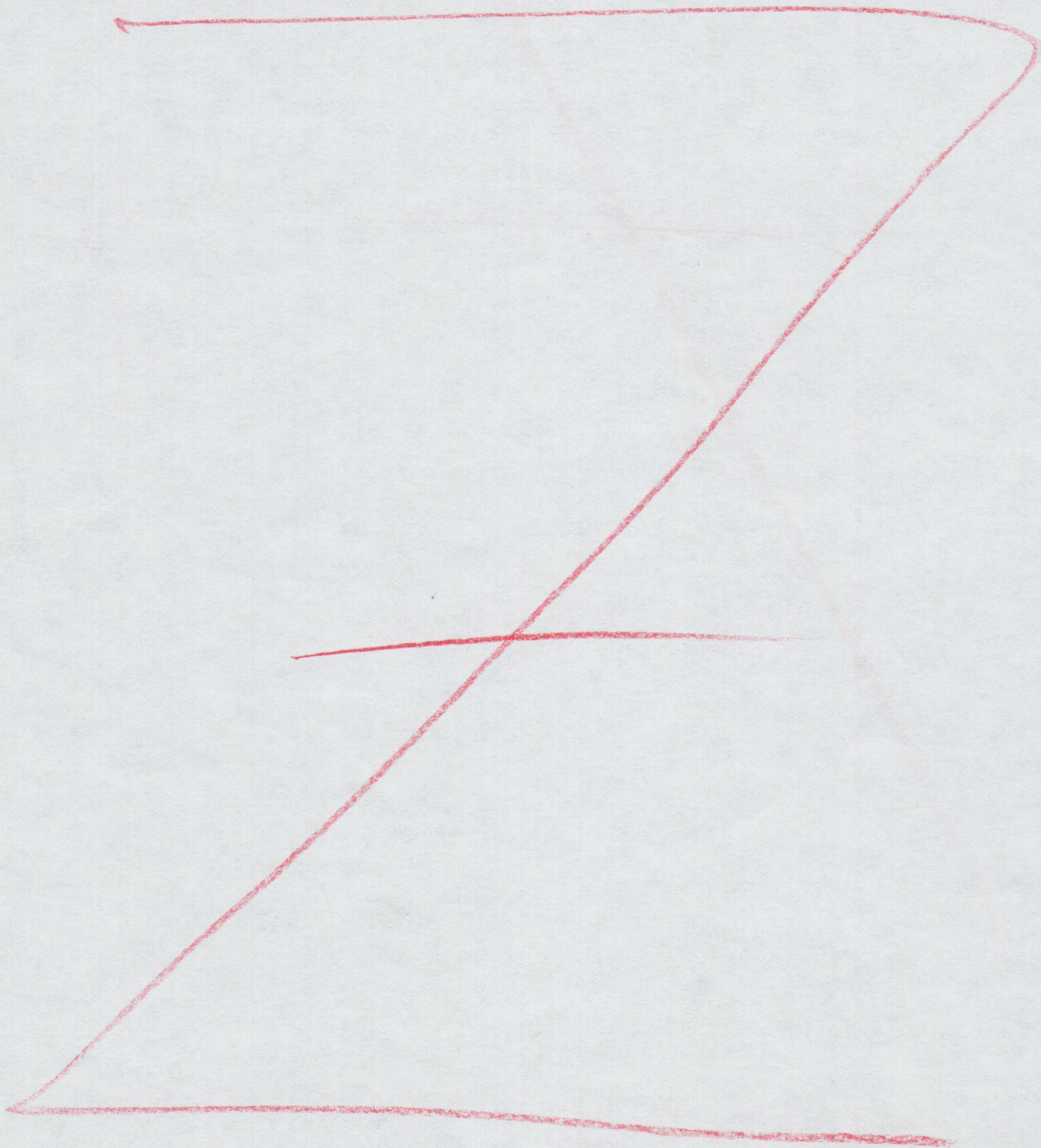
Чистовик стр. 11

$$3K = \frac{W}{s_0^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\sin\left(\frac{3 \cdot \pi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \right)^2 + \frac{2}{3} \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right) \right)}$$

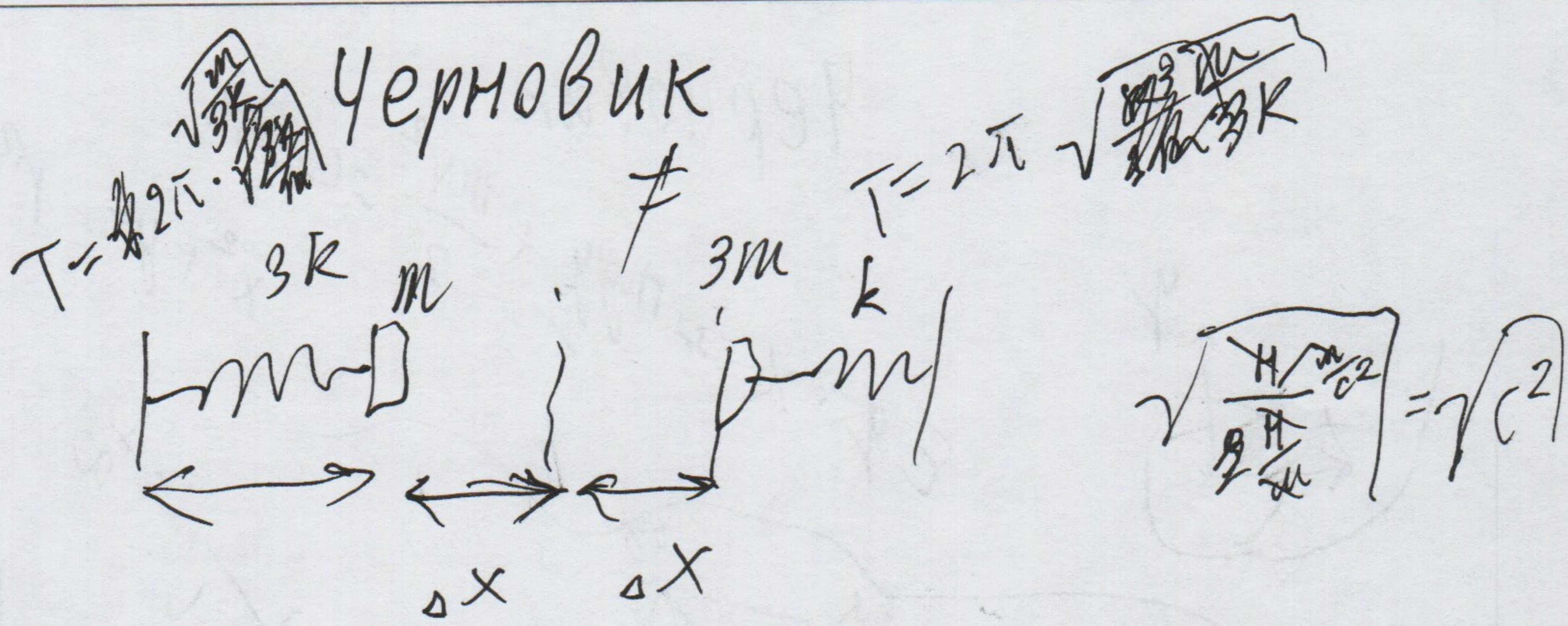
$$= \frac{W}{s_0^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (-1 - 1)^2 \right)} = \frac{W}{s_0^2 \cdot 2} = \frac{3}{(0,1)^2 \cdot 2} =$$

$$= 150 \text{ м/м}$$

Ответ: $3K = 150 \text{ м/м}$



49-46-80-42
(49.4)



1225
100

45
45

225
180

2025

$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{3k}}$

$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{k}}$

$3 \cdot T_1 = T_2$

345
345

$3,45 \pm 0,05$

$\frac{5}{345} \approx \frac{1,5}{100}$

34
34

16

12

12

0

1156

$x_1(t) = x_0 \cos(\omega_1 t) = x_0 \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}} t\right)$

$x_2(t) = -x_0 \cos(\omega_2 t)$

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

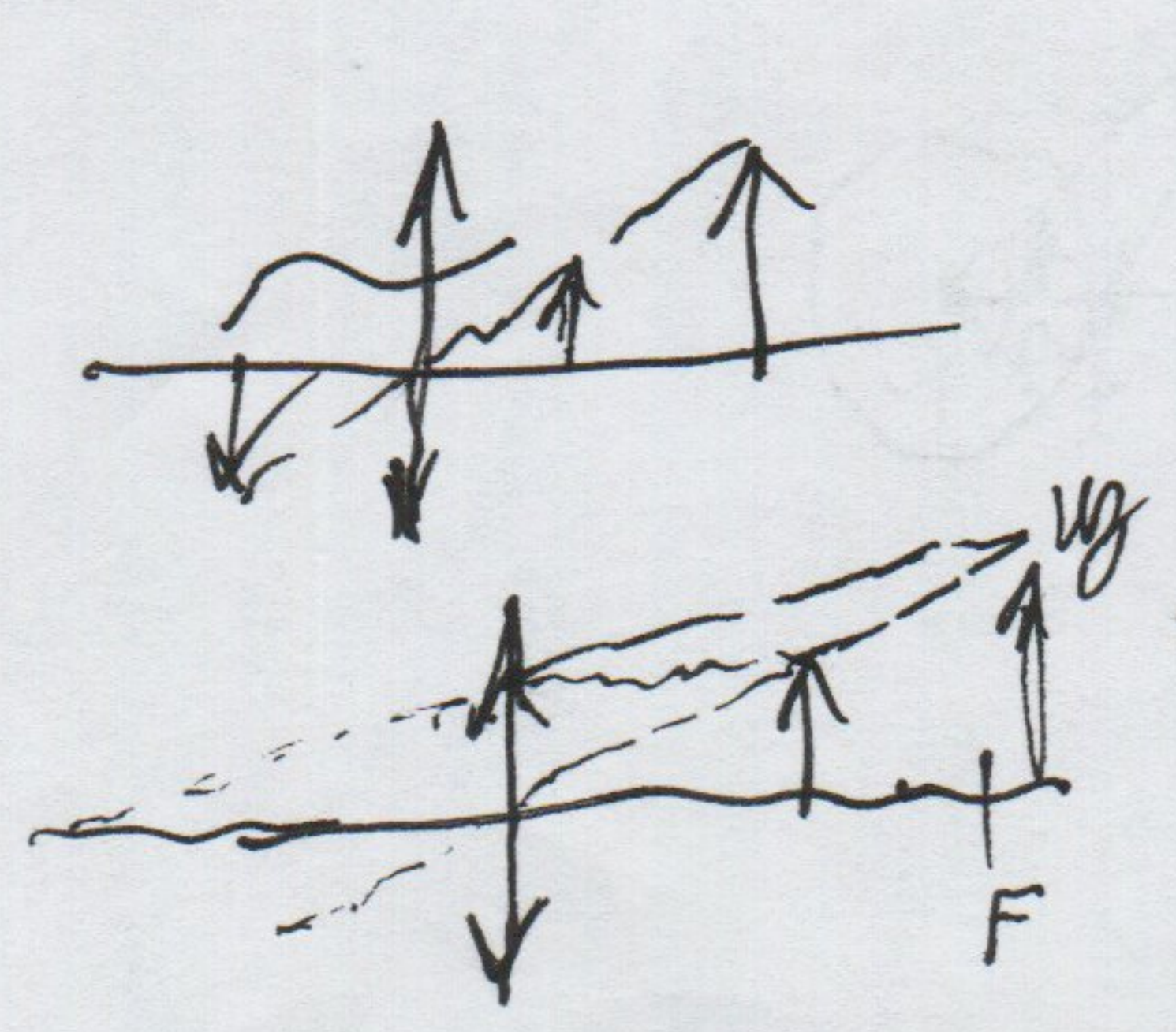
$\sqrt{\frac{3k}{m}} t = \sqrt{\frac{k}{3m}} t + \pi$

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

307
+ 311

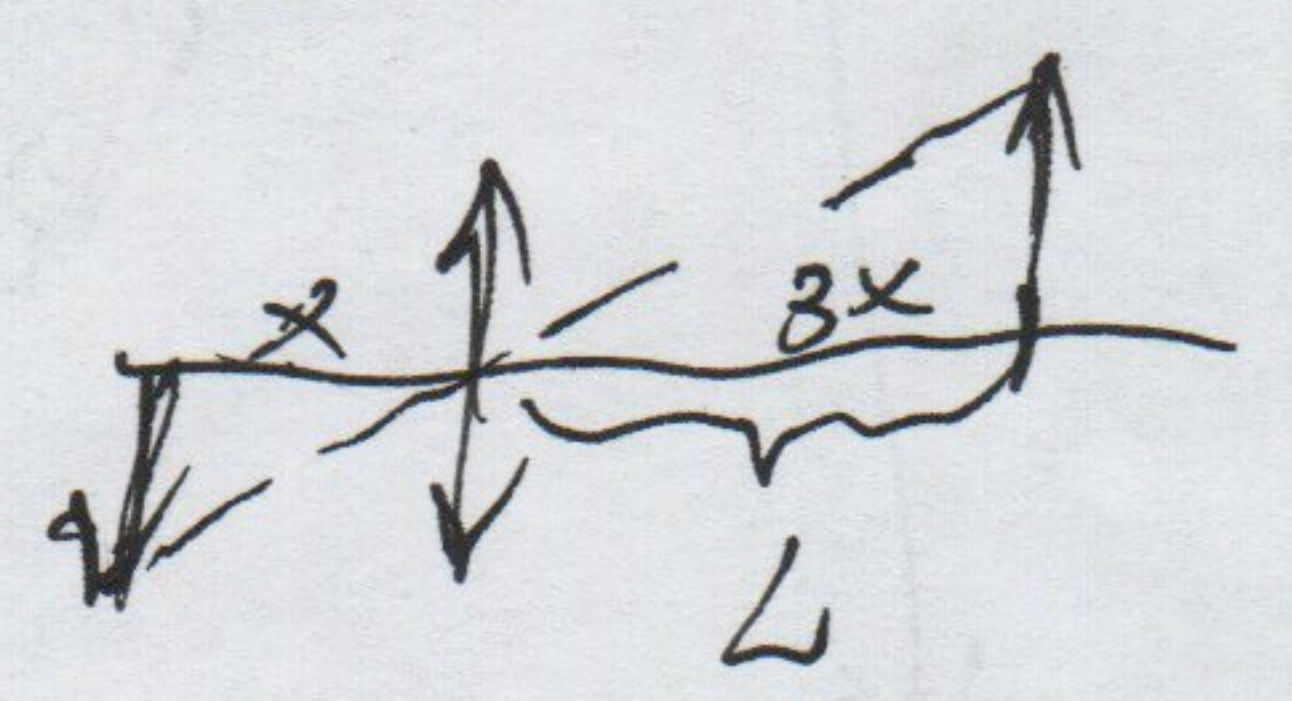
✓

4. D $\Gamma = 3$



$\frac{1}{D} = F$

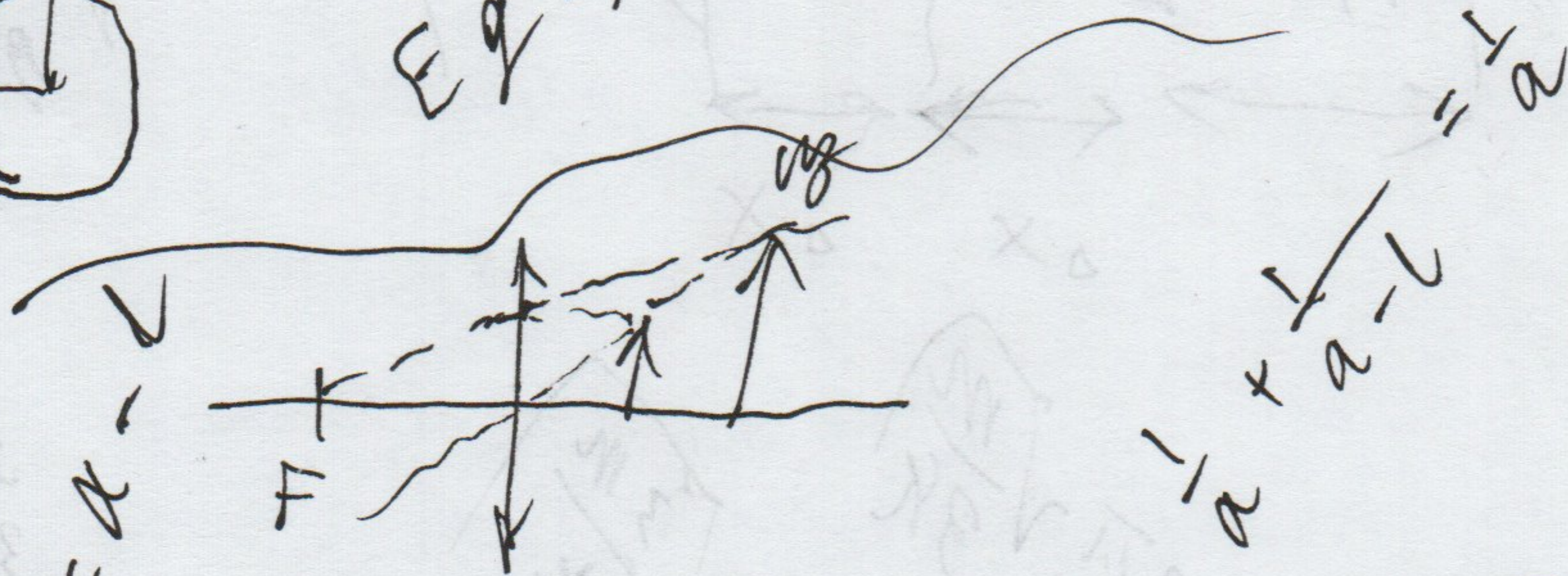
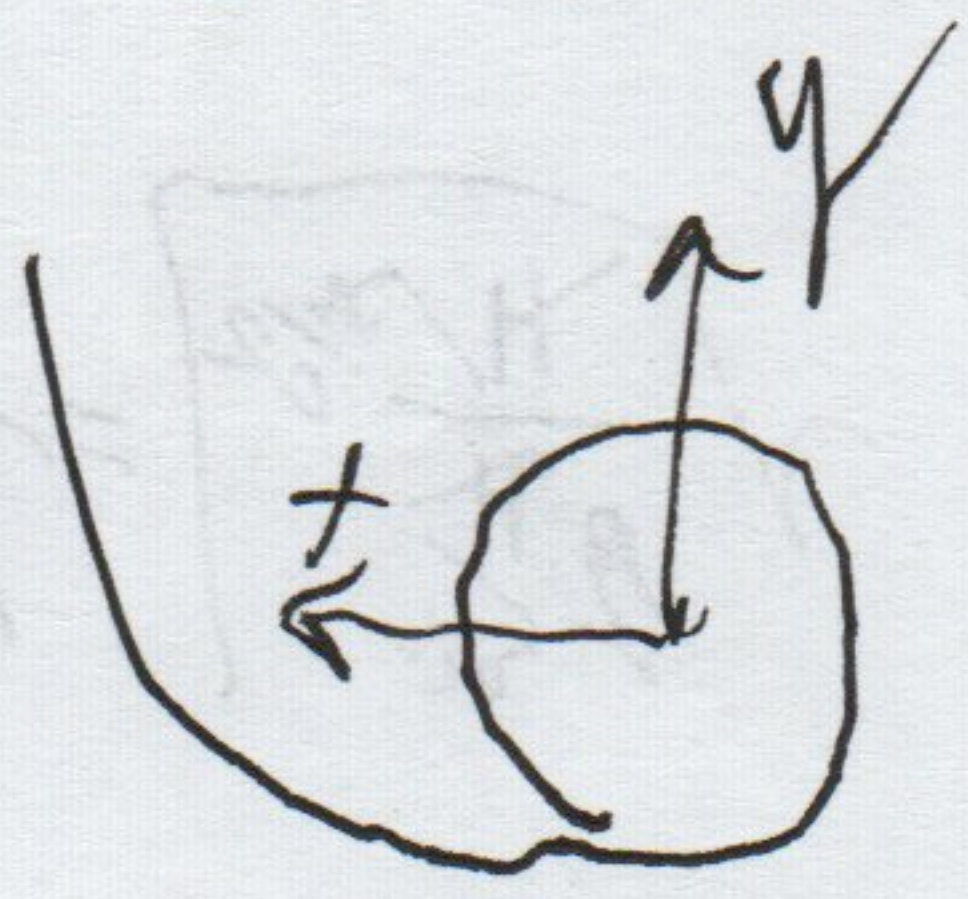
$\frac{1}{x} + \frac{1}{3x} = \frac{1}{F}$



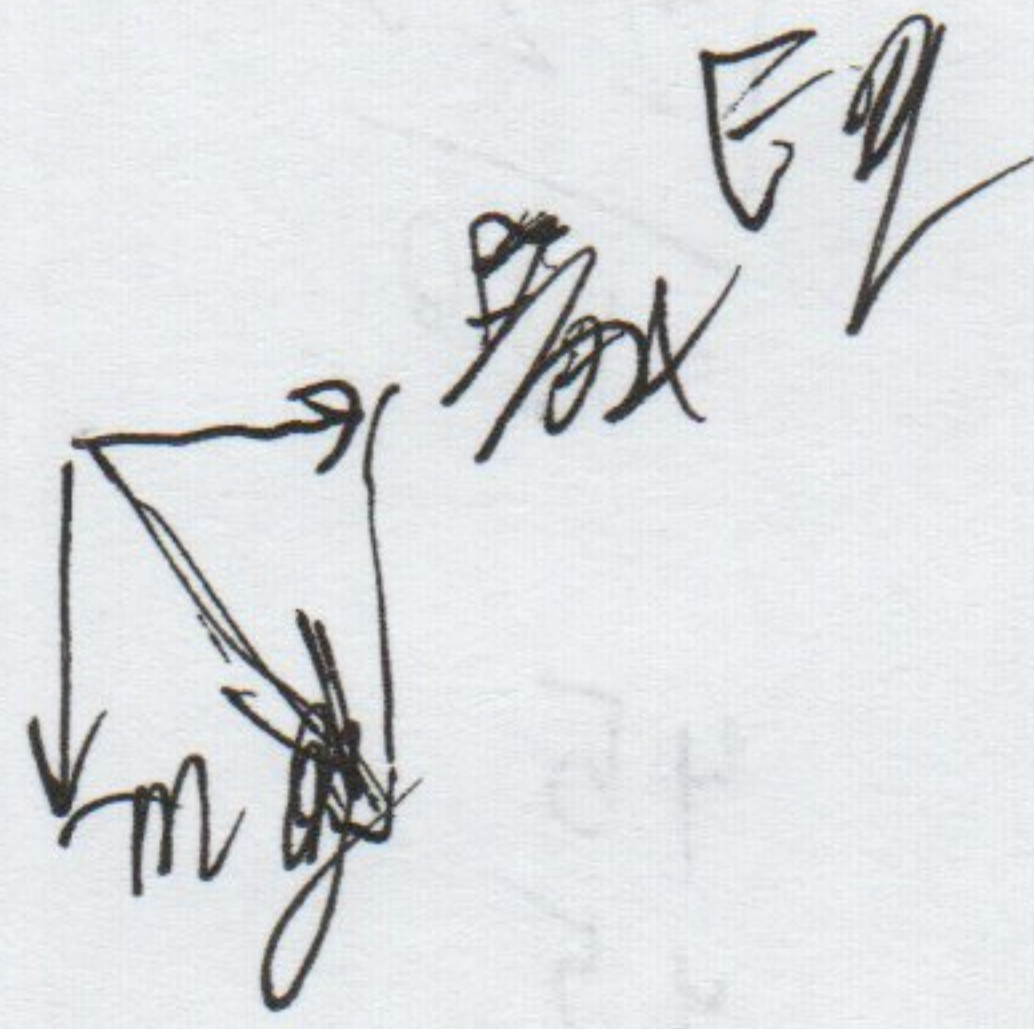
Черновик

$$E \cdot q \cdot x + mgy + \frac{mv^2}{2} = \text{const}$$

$$x^2 + y^2 = r^2$$

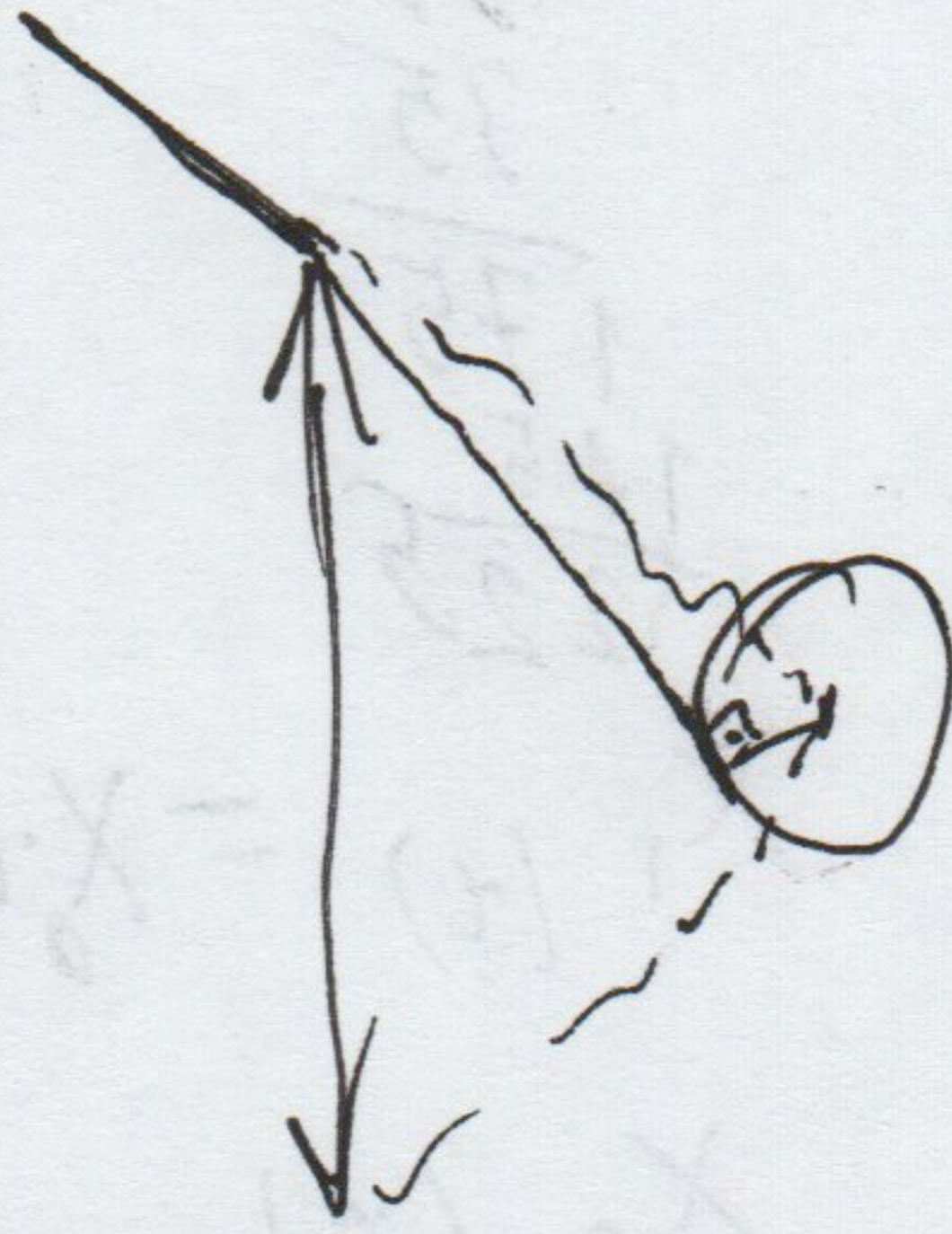
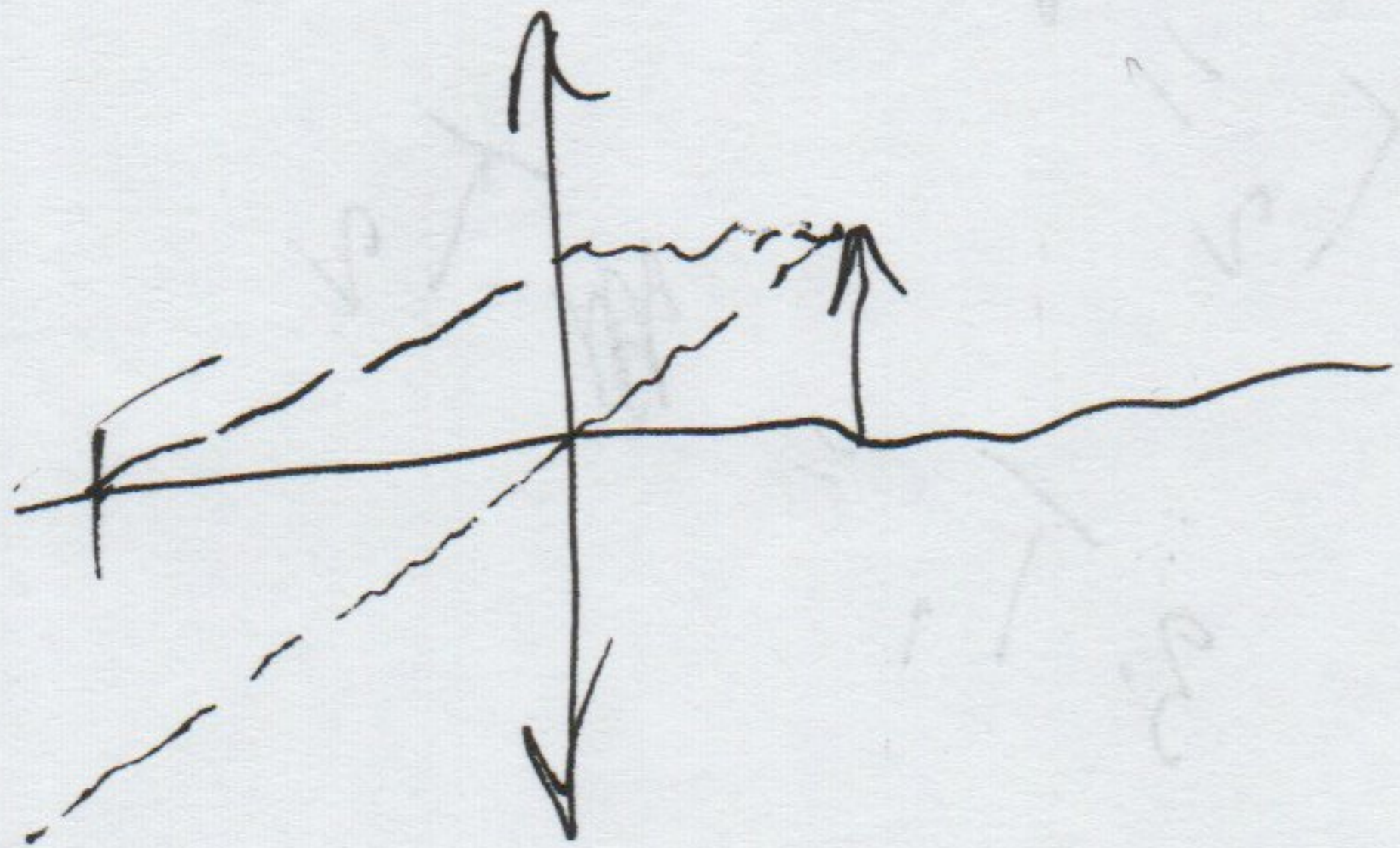


$$E \cdot q \cdot d$$



$$a \cdot \sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{l}{R}\right)^2}$$

$$\frac{l}{R}$$



$$a \cdot \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{l}{R}$$



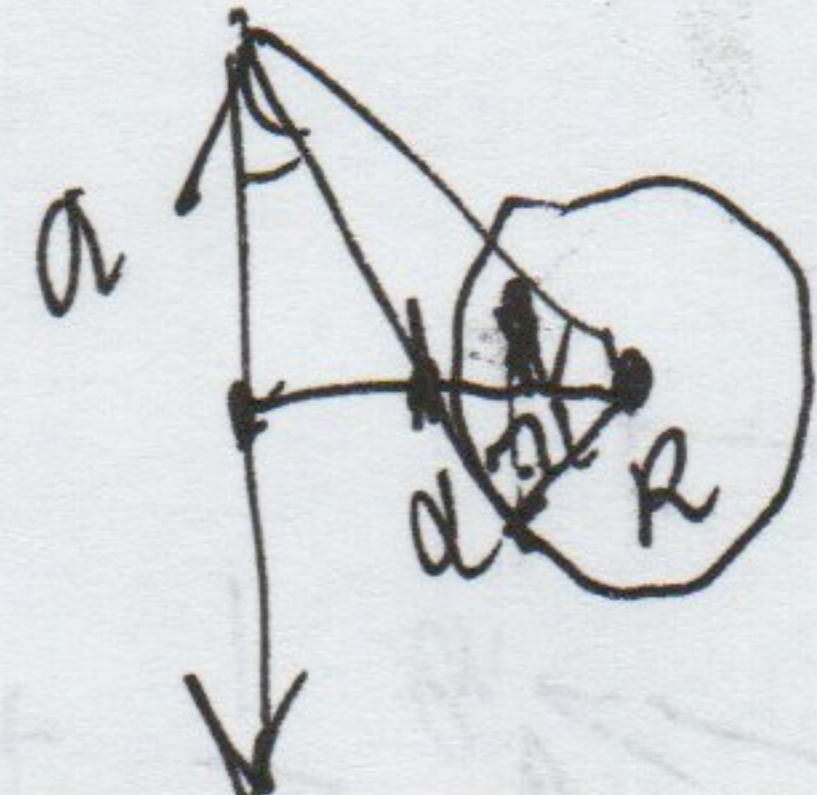
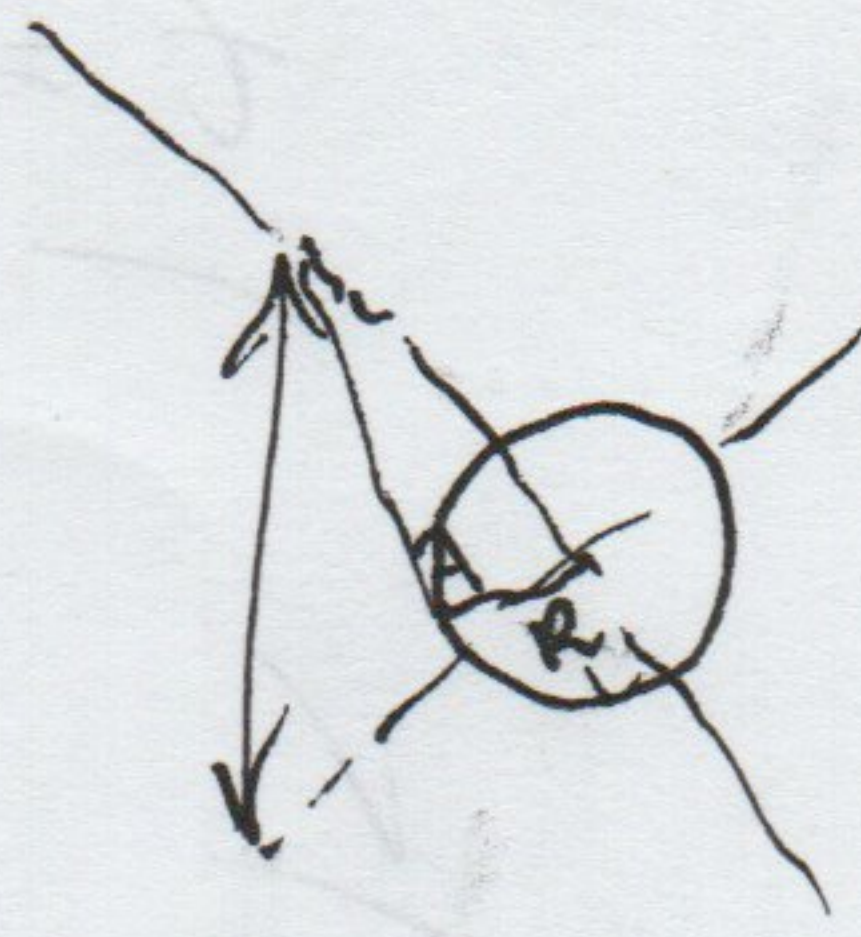
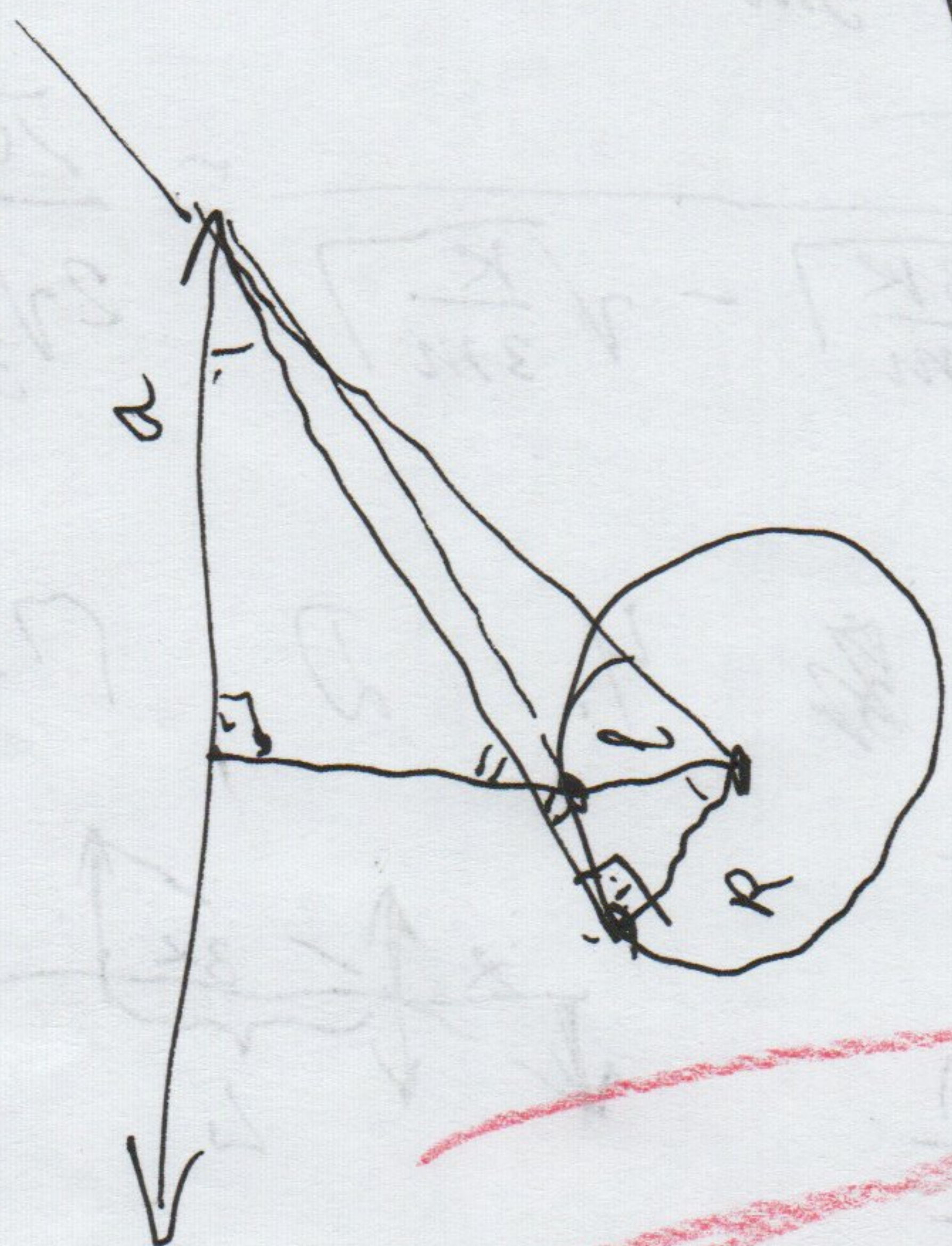
$$F = a$$

$$\frac{1}{4} \leq \frac{(10^{-3} + 10^{-2}) \cdot 1}{10^{-2} + \sqrt{10^{-6} + 10^{-4}}}$$

$$\sim 10^{-2}$$

$$\sim \frac{l}{2}$$

$$\sim 2 \cdot 10^{-2}$$



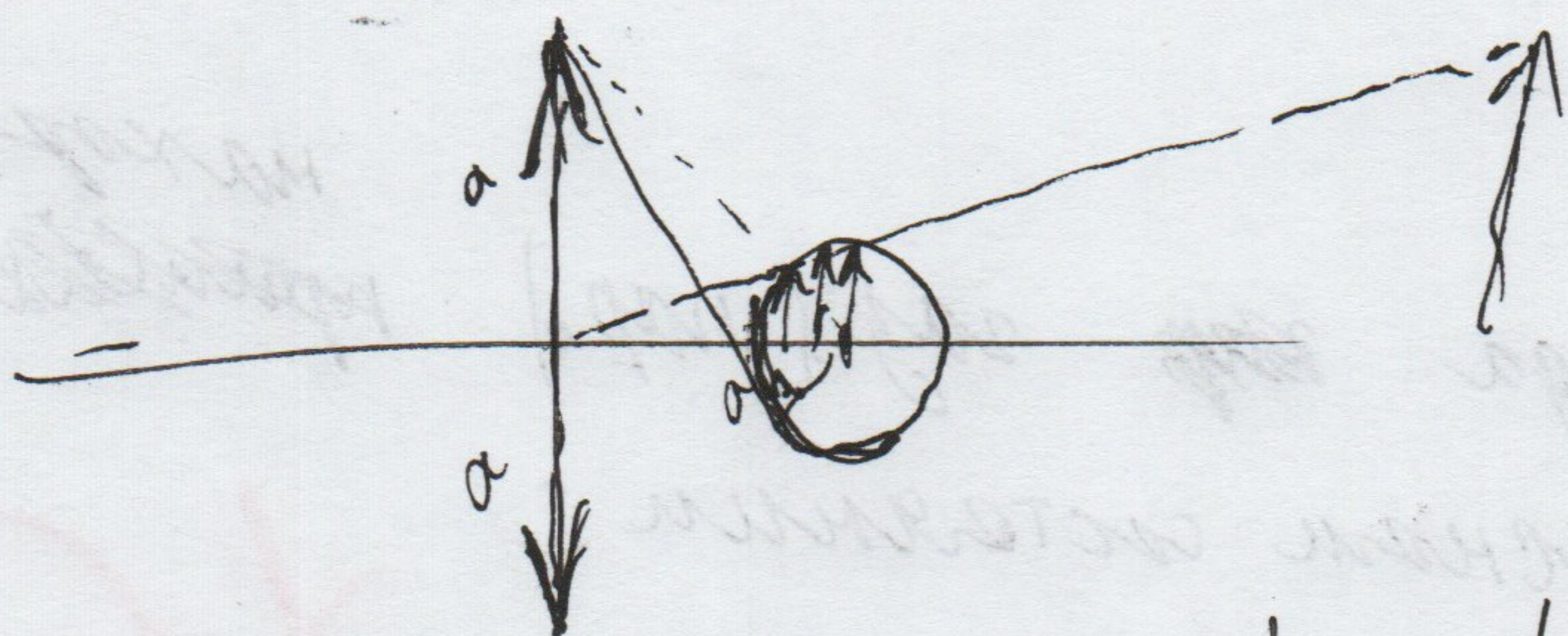
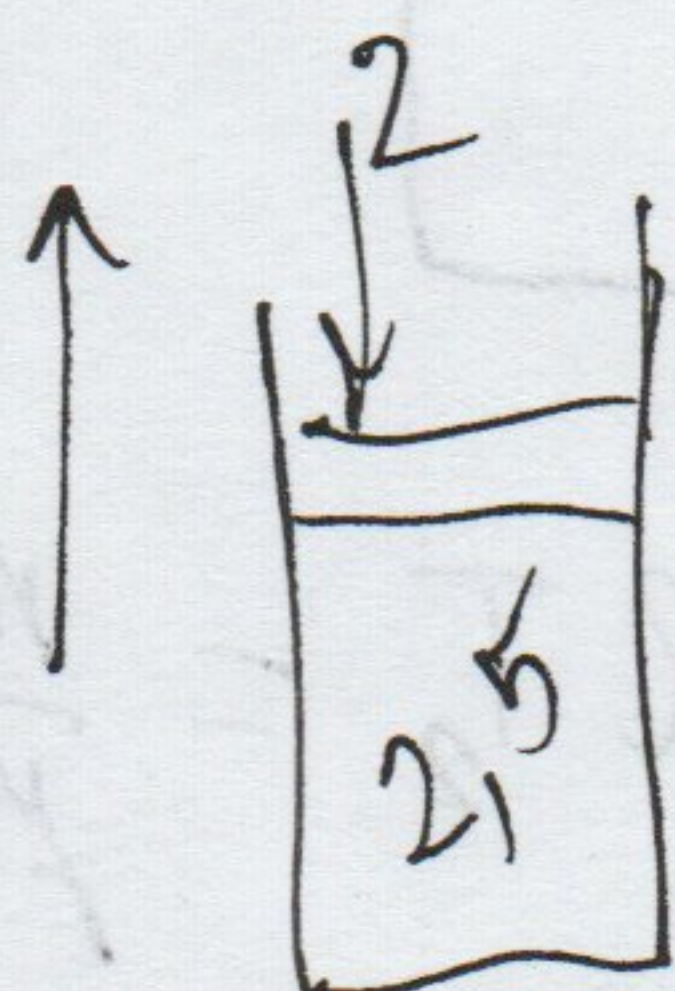
Черновик

$$\begin{array}{r} 225 \\ 225 \\ \hline 25 \\ 10 \\ \hline 10 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1125 \\ 450 \\ \hline 50525 \end{array}$$



$$t = 127^\circ \text{C}$$

$$p = p_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 + \frac{1000}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^5$$

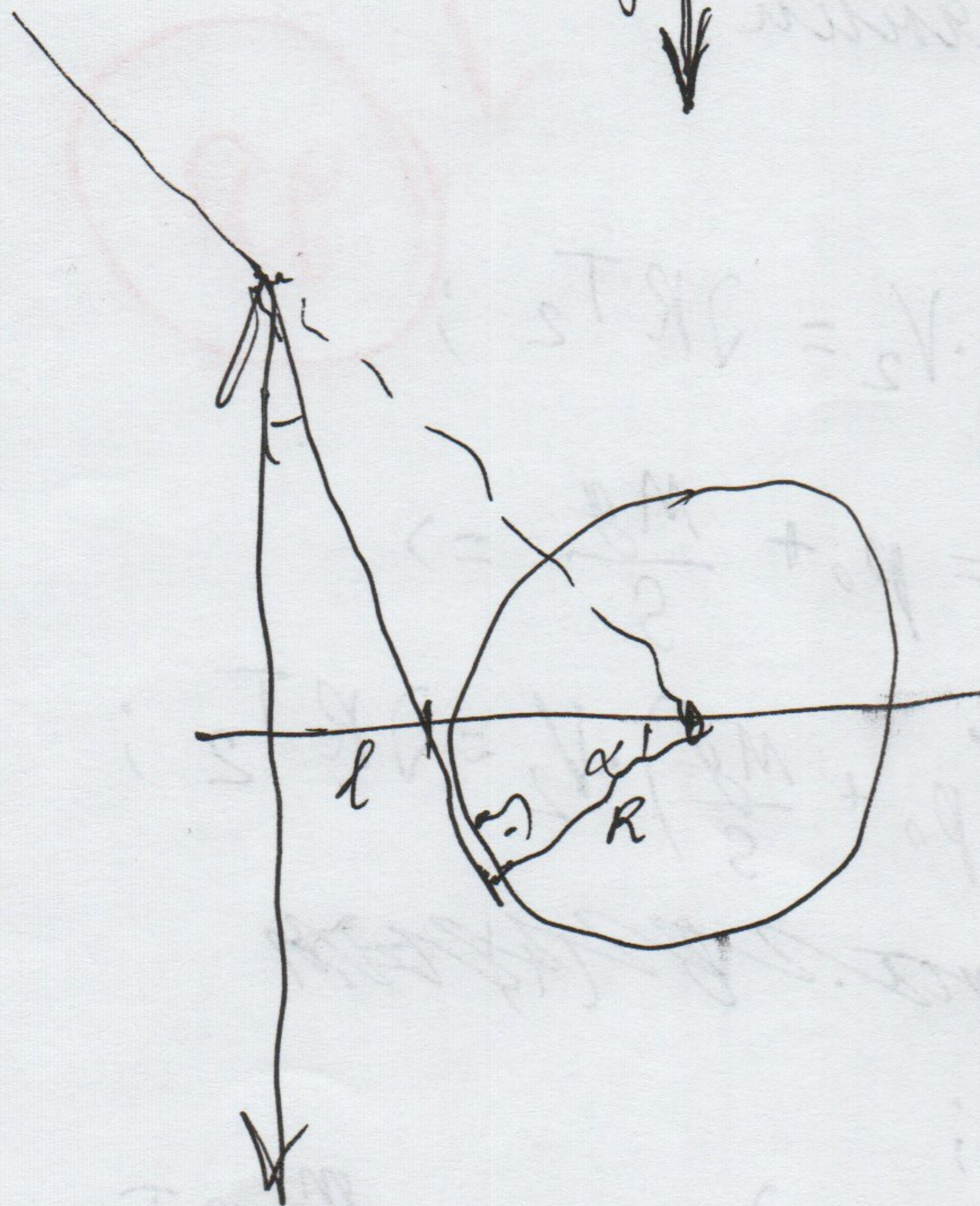


$$\frac{1}{a} = \frac{1}{-a} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{2}{a}$$

$$x = \frac{a}{2}$$

$$l = \frac{a}{2}$$



$$\cos \alpha = \frac{R}{a-l} = \frac{R \cdot 2}{a}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{2 \cdot a} = \frac{1}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{1 - \frac{4R^2}{a^2}}}{\frac{2R}{a}}$$