



25-94-96-77
(49.3)



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

Вариант 2

Место проведения МОСКВА
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников «Ломоносов»
наименование олимпиады

ПО ФИЗИКЕ
профиль олимпиады

Манро Эйатена Форбе

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

вошел 13:34 - физике 13:36 Кофманов Д.В. ДВФ
15:18 - работу сдал / Акимов А.А. АК

Дата

«05» МАРТА 2023 года

Подпись участника

Манро

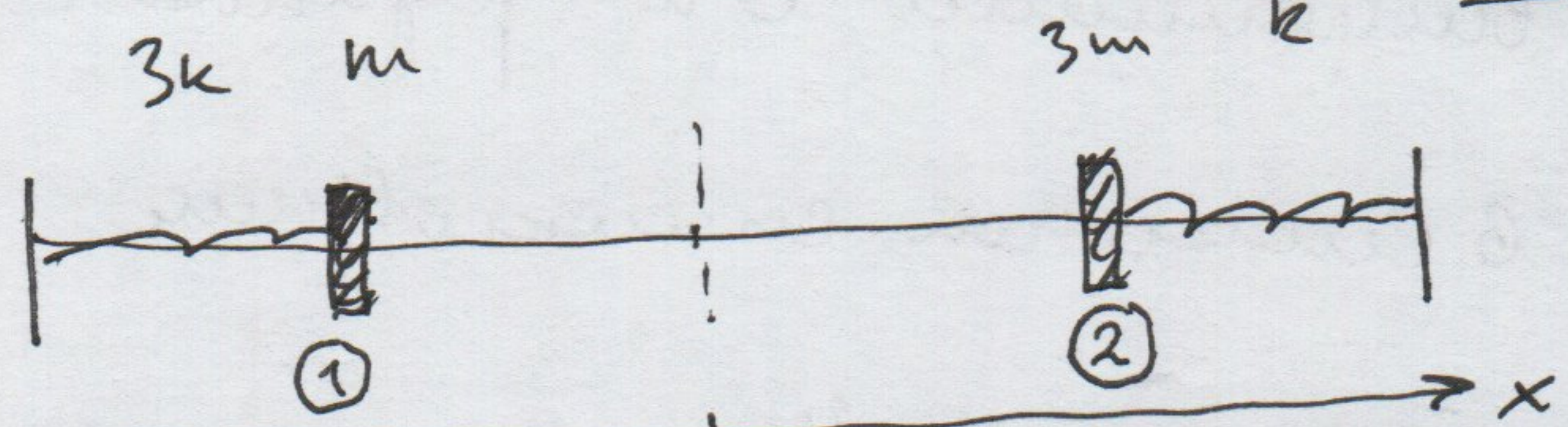
25-94-96-77
(49.3)

№ 1.2.2.

$L = 20 \text{ см}$

$W = 3Ax$

$3k - ?$



Грузики отстоят на $\frac{L}{2}$, знаем амплитуду колебаний $A = A_1 = A_2 = \frac{L}{2}$

Занесем \ddot{x} в закон Ньютона для обоих грузов:

①:
 $3kx = -m\ddot{x}$
 $\ddot{x} + \frac{3k}{m}x = 0$

$\omega_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$ $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$

$x_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$

$x_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$

$v_1(t) = \dot{x}_1(t) = A\omega_1 \sin(\omega_1 t)$

②:
 $kx = -3m\ddot{x}$
 $\ddot{x} + \frac{k}{3m}x = 0$

$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$

$x_2(t) = A \cos(\omega_2 t)$

$v_2(t) = \dot{x}_2(t) = -A\omega_2 \sin(\omega_2 t)$

$\omega_1 = 3\omega_2$

$T_2 = 3T_1$

моменты совпадения:

$x_1(t_0) = x_2(t_0)$

$-A \cos(\omega_1 t_0) = A \cos(\omega_2 t_0) \quad (\because A)$

$-\cos(\omega_1 t_0) = \cos(\omega_2 t_0)$

$\sin(\omega_1 t_0 - \frac{\pi}{2}) = \sin(\omega_2 t_0 + \frac{\pi}{2})$

$\omega_1 t_0 - \frac{\pi}{2} = -\omega_2 t_0 + \frac{\pi}{2} + 2\pi k, k \in \mathbb{Z}$

$t_0(\omega_1 + \omega_2) = \pi + 2\pi k$

$t_0 = \frac{\pi + 2\pi k}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{\pi + 2\pi k}{4\omega_1} = \frac{T_1 + 2\pi k}{8} = \frac{3T_1 + 2\pi k}{8}$

$t_0 = \frac{3T_1}{8} = \frac{T_2}{8}$

~~$u_1 = A\omega_1 \sin t_0 = A\omega_1 \sin(\frac{2\pi}{T_1} \cdot \frac{T_1}{8}) = A\omega_1 \cdot \sin \frac{\pi}{4} =$~~

~~$u_2 = A\omega_2 \sin(\omega_2 t_0) = -A\omega_2 \sin(\frac{2\pi}{T_2} \cdot \frac{T_2}{8}) = -A\omega_2 \sin \frac{\pi}{4} = -A\omega_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} =$~~

~~$= -A\omega_2$~~

$x_{11} = -A \cos(\omega_1 t_0) = -A \cos(\frac{2\pi}{T_1} \cdot \frac{T_1}{8}) = -A \cos \frac{3\pi}{4} = +A \frac{\sqrt{2}}{2} =$

$= + \frac{L\sqrt{2}}{4}, \quad x_{22} = A\omega_2 \cos(\omega_2 t_0) = \frac{L}{2} \cdot \cos(\frac{T_2}{8} \cdot \frac{2\pi}{T_2}) = \frac{L}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

$x_{11} = x_{22}$

груза вращающимся в координате $x_{11} = \frac{L\sqrt{2}}{4}$ история 2

ЗС и в момент столкновения:

Ох:

$$m \cdot u_1 + 3m u_2 = 4m u_0$$

$$u_0 = \frac{m u_1 + 3m u_2}{4} = \frac{A \omega_1 \frac{\sqrt{2}}{2} - 3A \omega_2 \frac{\sqrt{2}}{2}}{4} =$$

$$= \frac{(\omega_1 - 3\omega_2) \frac{\sqrt{2}}{2} A}{4} = \{ \omega_1 = \omega_2 \} = 0 \text{ мс.}$$

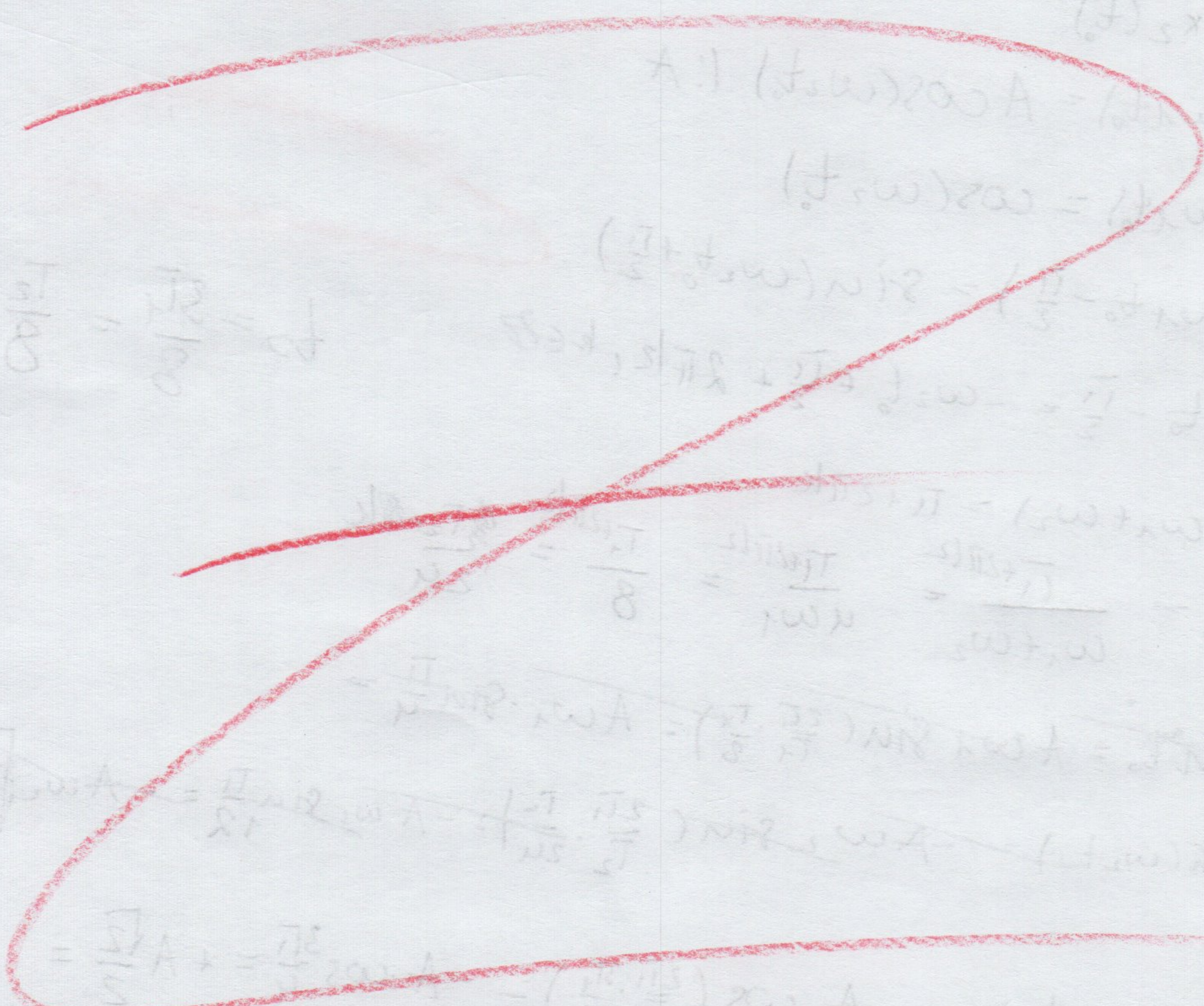
т.к. скорости равны нулю, значит есть только энергия деформации

$$W = \frac{3k x_{11}^2}{2} + \frac{3k \left(\frac{L}{4} - x_{11} \right)^2}{2} = \frac{k}{2} (3x_{11}^2 + L^2 - 2x_{11}L + x_{11}^2) =$$

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

$$k = \frac{2W}{\frac{3L^2}{8} - \frac{\sqrt{2}L^2}{2} + L^2} = \frac{4W}{(3-\sqrt{2})L^2} = \frac{12}{(3-\sqrt{2}) \cdot 0,04} = \frac{300}{3-\sqrt{2}} = \frac{300(3+\sqrt{2})}{7} \text{ Н/м.}$$

Ответ: $\frac{300}{3-\sqrt{2}}$



25-94-96-77
(49.3)

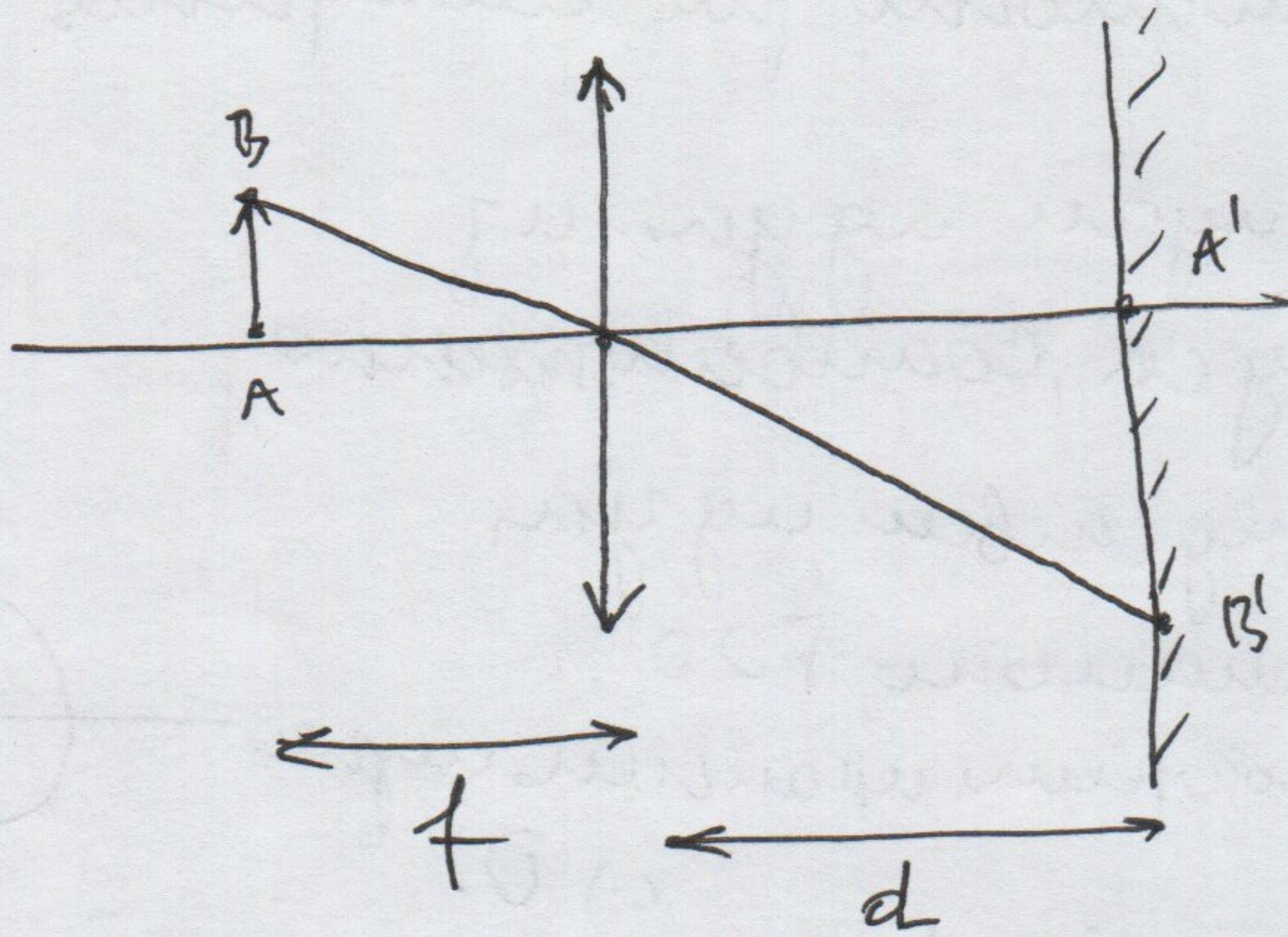
№ 5.2

$\Gamma = 3$

$D = 6 \text{ дмр.}$

$L = ?$

цистофиз



1) $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = D$ (1) +
 $\frac{f}{d} = \Gamma$ (2) +

(1): $\frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}$; $\frac{1}{f} = \frac{Dd-1}{d}$; $f = \frac{d}{Dd-1}$

(2): $d = \frac{f}{\Gamma}$ +

$L = f + d = \frac{d}{Dd-1} + \frac{d}{Dd-1} \cdot \frac{1}{\Gamma} = \frac{d}{Dd-1} \cdot \frac{\Gamma+1}{\Gamma} =$

$= \frac{\Gamma+1}{\Gamma D} \cdot \frac{\Gamma+1}{\Gamma} = \frac{\Gamma+1}{(\Gamma+1)D-\Gamma D} \cdot \frac{\Gamma+1}{\Gamma} = \frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma D}$ ⊕

$\Gamma d = \frac{d}{Dd-1}$; $Dd-1 = \frac{1}{\Gamma}$; $Dd = \frac{1}{\Gamma} + 1$; $d = \frac{\Gamma+1}{\Gamma D}$ +
 20

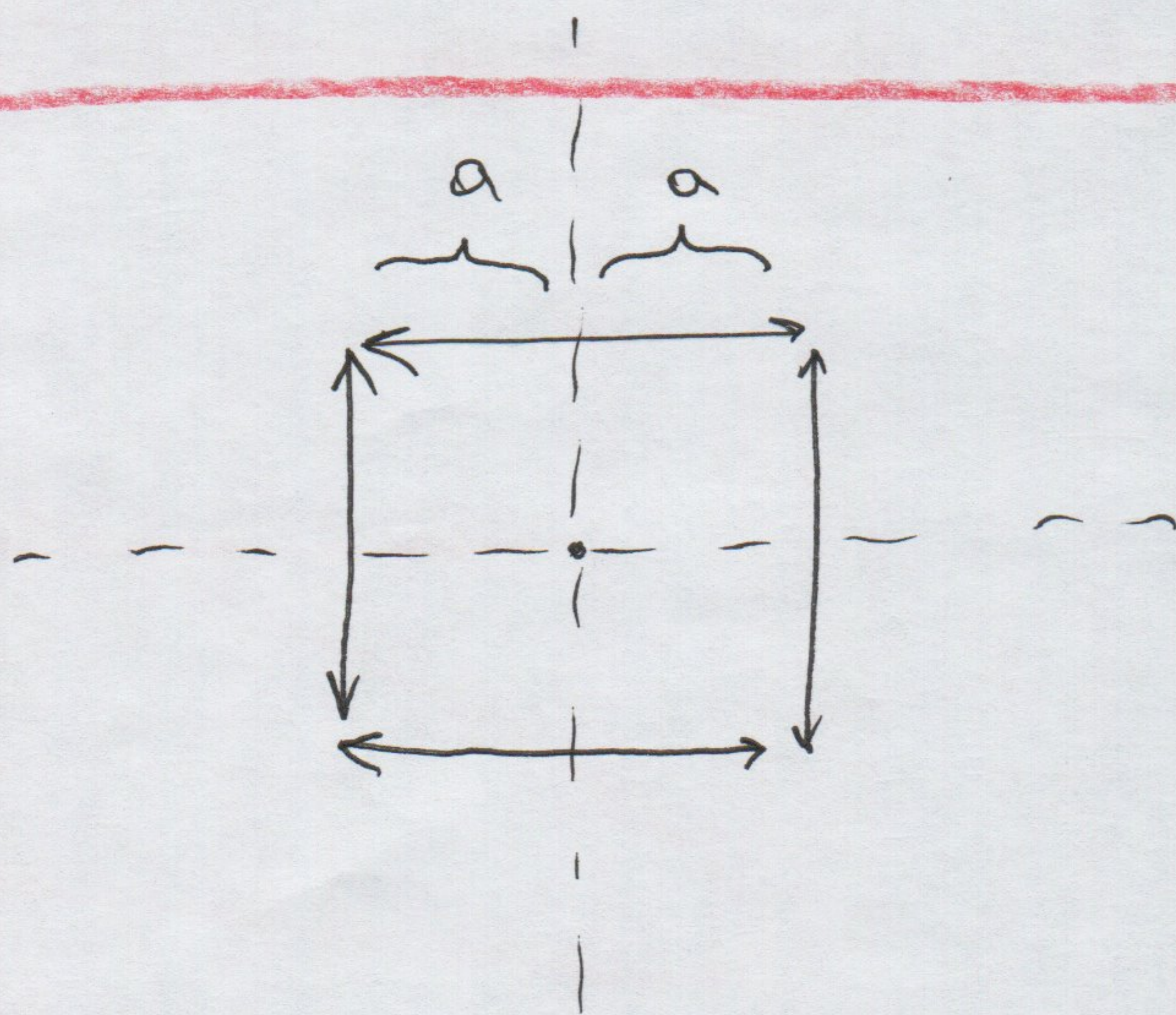
⊕ $\frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma D} = \frac{4^2}{3 \cdot 6} = \frac{16}{18} = \frac{8}{9} \text{ (м)}$ +

Ответ: $\frac{8}{9} \text{ (м)}$

№ 5.3.2.

$R = 2,25 \text{ см.}$

$F = ?$



Далее можно рассмотреть те же самые условия:

Все лучи идут из фокуса, соответственно вошедшие лучи направлены в ∞.

рассмотрим крайний луч:

а) 0.

$$\frac{1}{F-R} - \frac{1}{F} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F-R} = \frac{2}{2F}$$

$$2F = F-R$$

$$2F - 2R = F$$

$$F = 2R$$

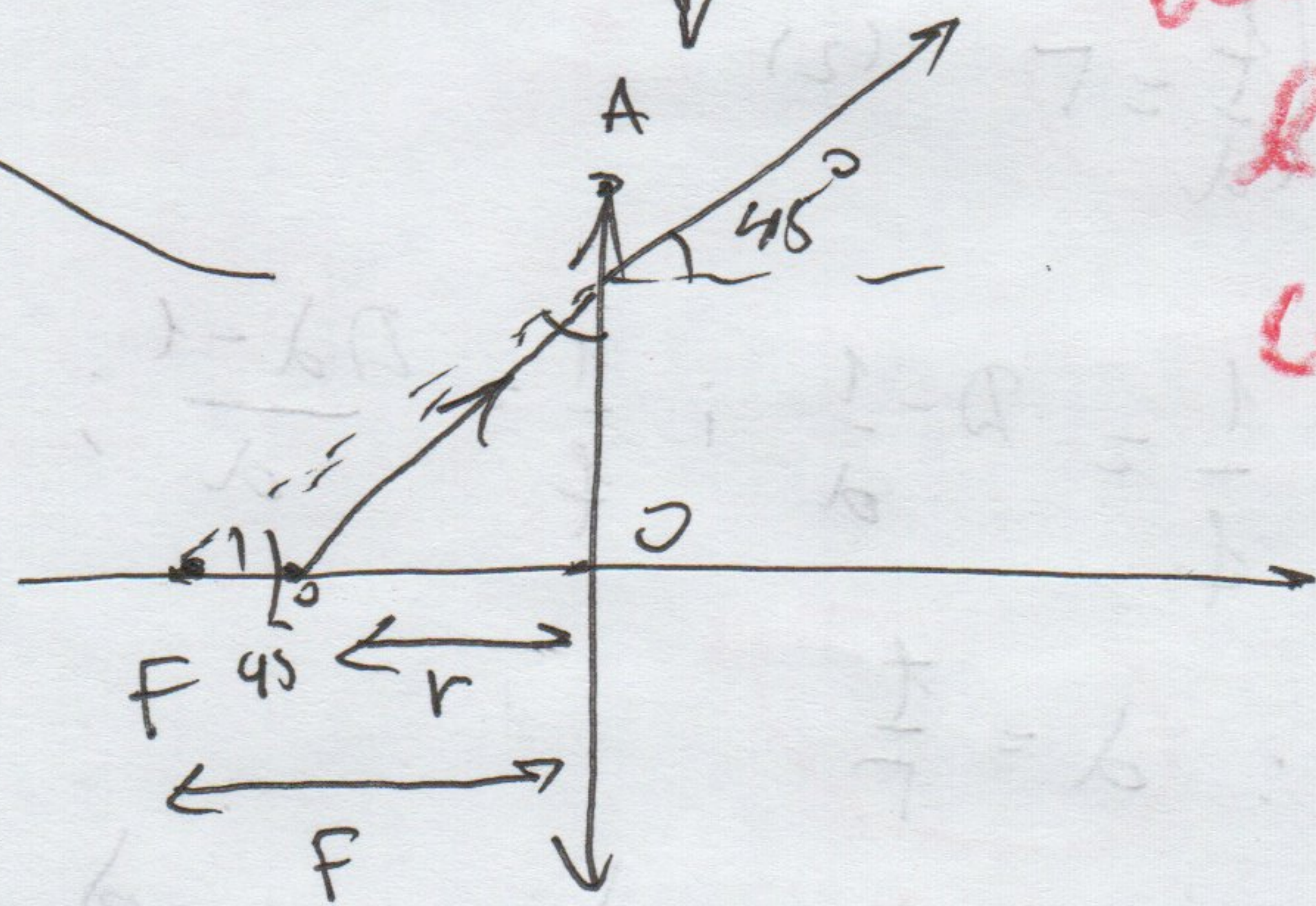
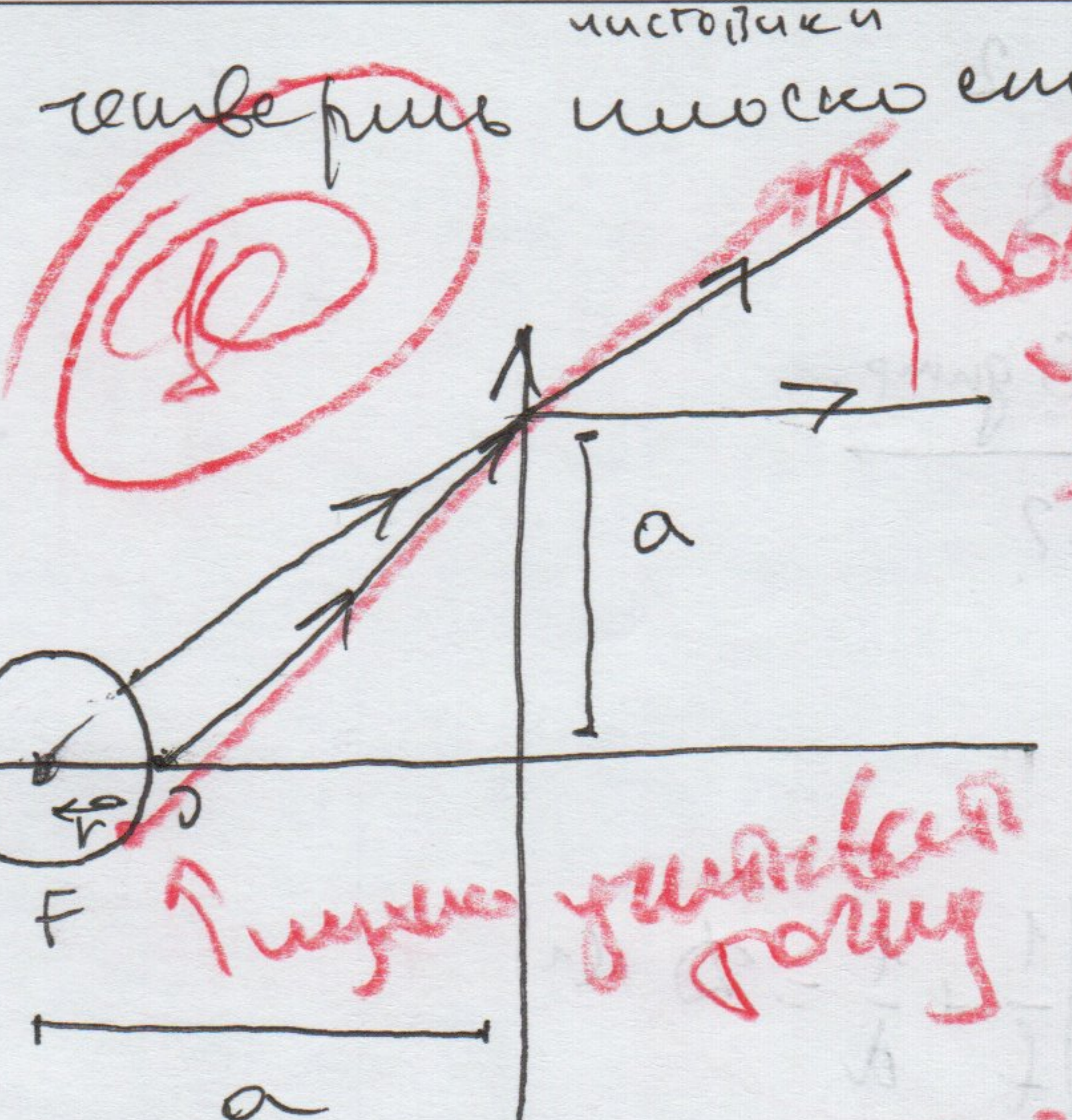
$$F = 2R$$

лучи должны выходить под 45° либо в любом случае перпендикулярно.

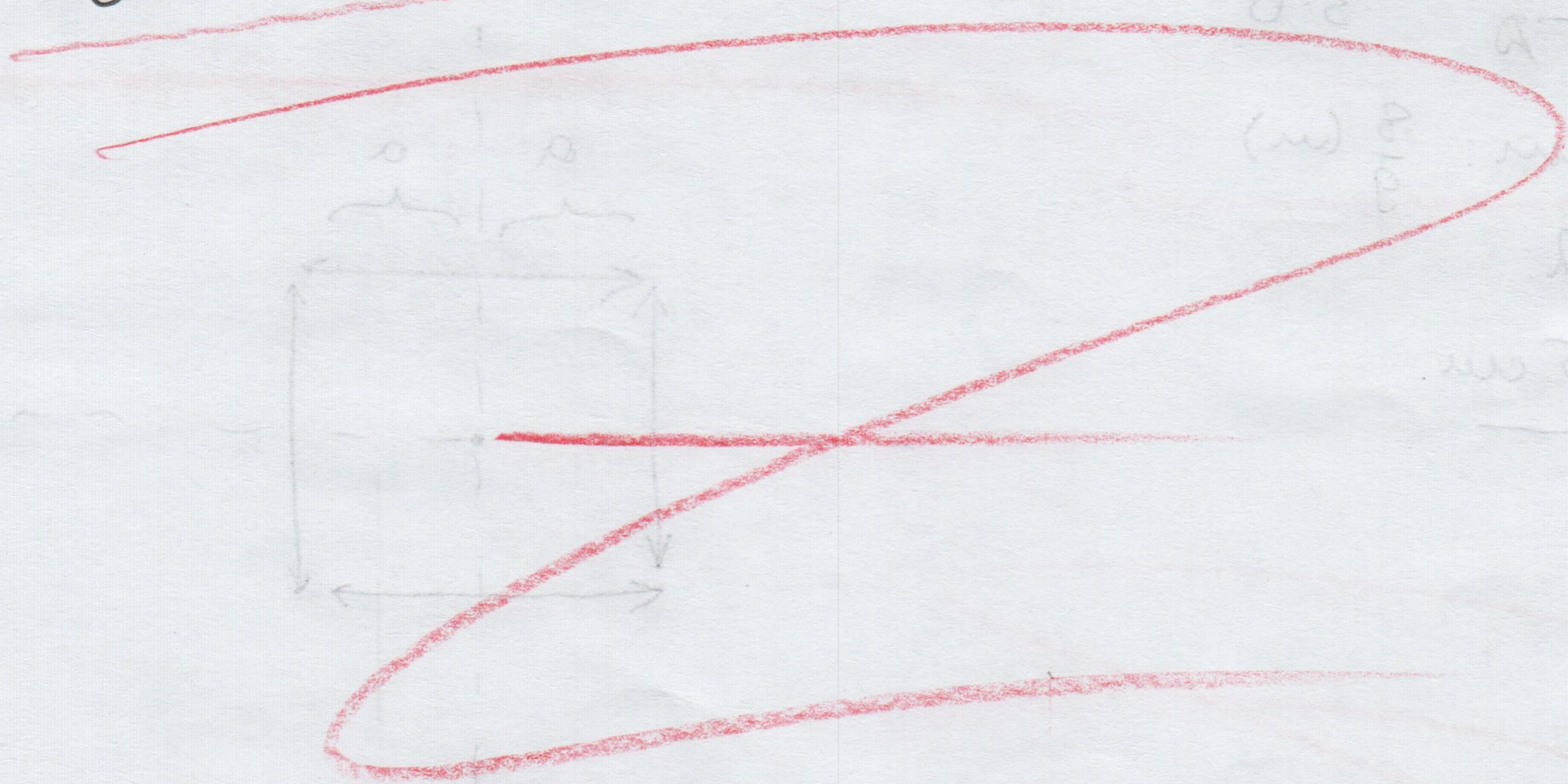
~~Ответ: 4,5 см.~~

лучи перпендикулярно

Ответ: 4,5 см.



источники
все лучи
идут из
фокуса!
лучи
идут под
45°
или
перпендикулярно.



25-94-96-77

(49.3)

№ 2.9.2.

$$M = 100 \text{ кг}$$

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

$$h = 0,83 \text{ м}$$

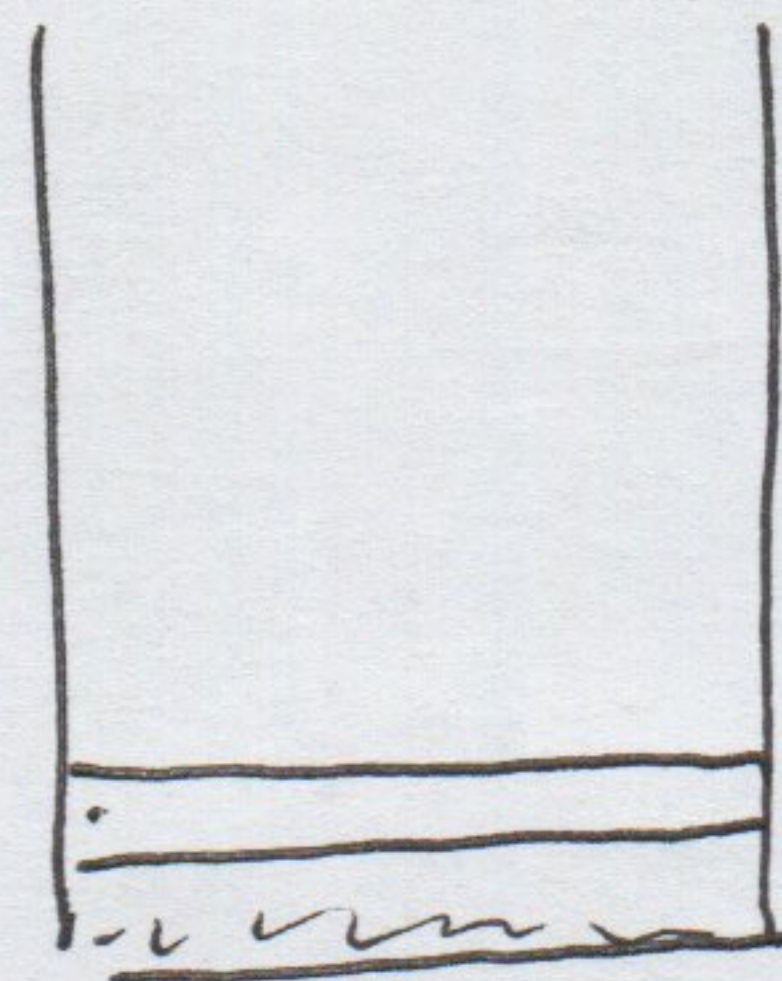
$$p_u = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

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

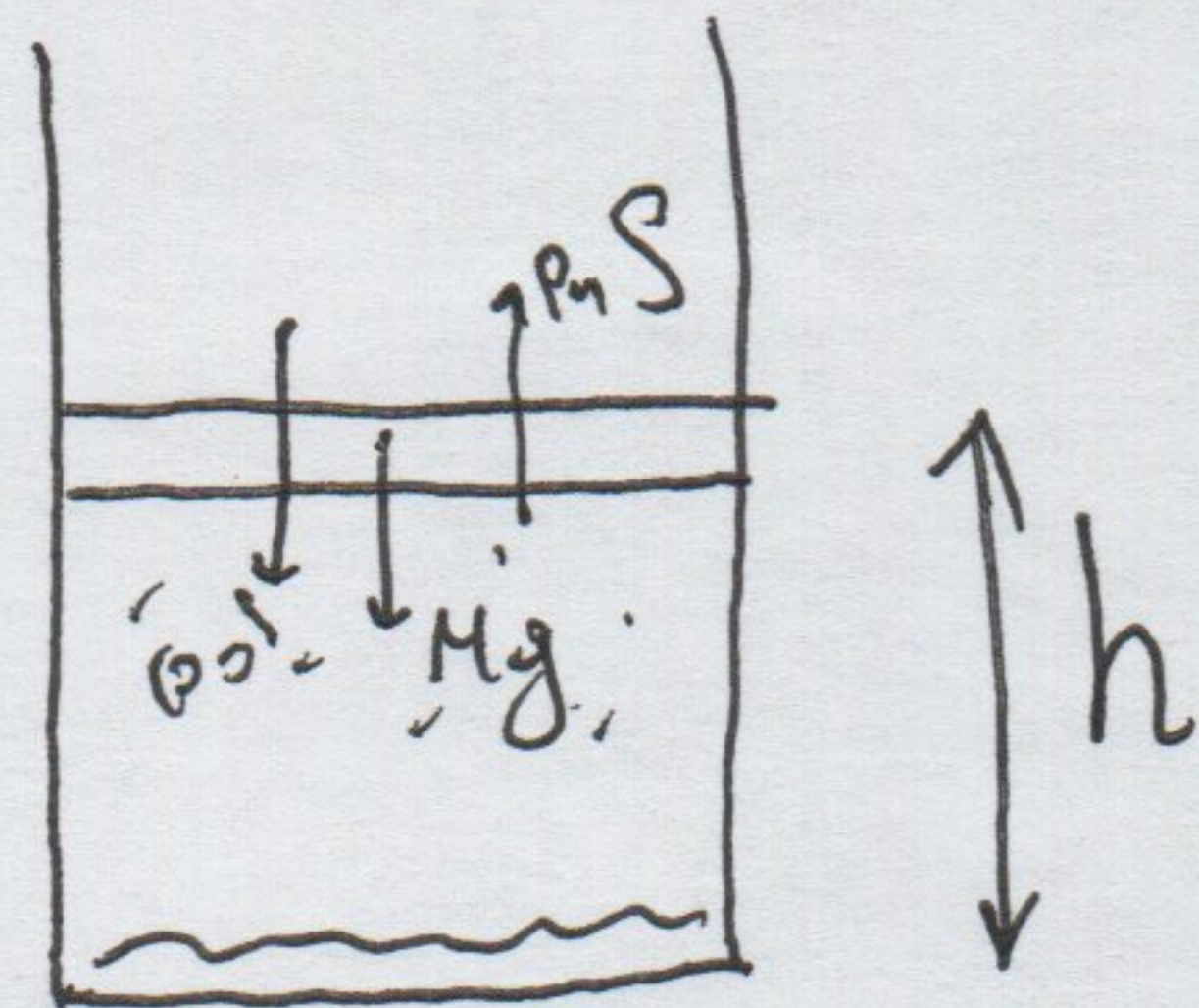
$$S = 100 \text{ см}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 0,01 \text{ м}^2$$

Было:



или наоборот.

Стало:



$$p_u S = 2,5 \cdot 10^5 \cdot 0,01 = 2,5 \cdot 10^3 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Н} > p_0 S + Mg = 10^5 \cdot 0,01 + 100 \cdot 10 = 2 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Значит, пар в сосуде не насыщенный!

$$p_u = p_0 + \frac{Mg}{S} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$p_u \cdot S \cdot h = \nu R T, \quad T = t + 273 = 400 \text{ К}$$

$$\nu = \frac{p_u}{p_{u, \text{н}}} = \frac{2}{2,5} = \frac{4}{5} = 0,8 \quad (80\%)$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{н}} R T}{M} = p_u \cdot S \cdot h, \quad m_{\text{н}} = \frac{M p_u \cdot S \cdot h}{R T} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 0,83}{8,3 \cdot 400} =$$

$$= \frac{18 \cdot 2}{400} = \frac{9}{1000} \text{ кг} = 0,009 \text{ кг} = 9 \text{ г}$$

Ответ: 9 г.

№ 3.9.2

$R = 1 \text{ м}$

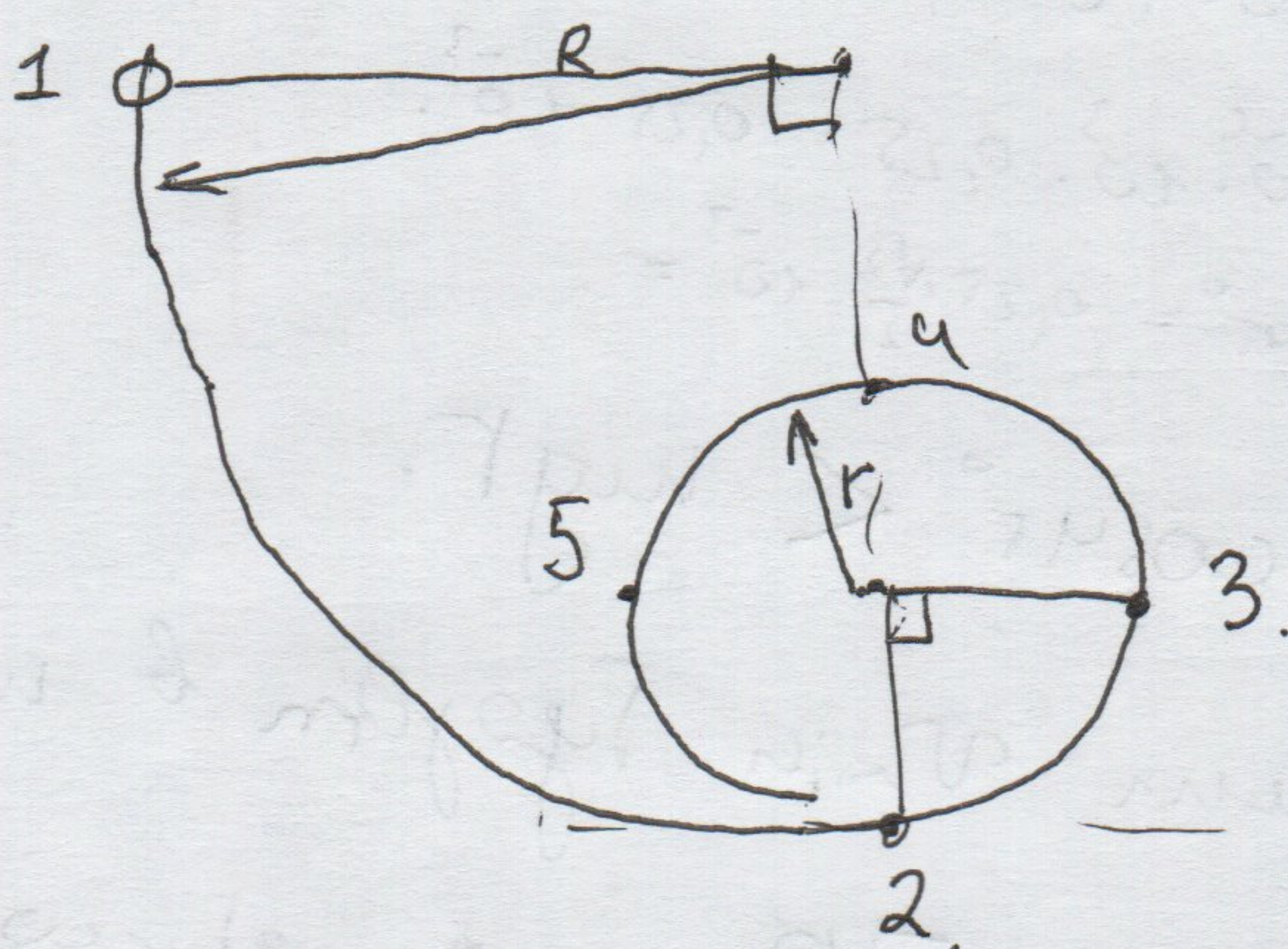
$r = 0,25 \text{ м}$

$m = 1 \text{ г}$

$q = 10^{-6} \text{ Кл}$

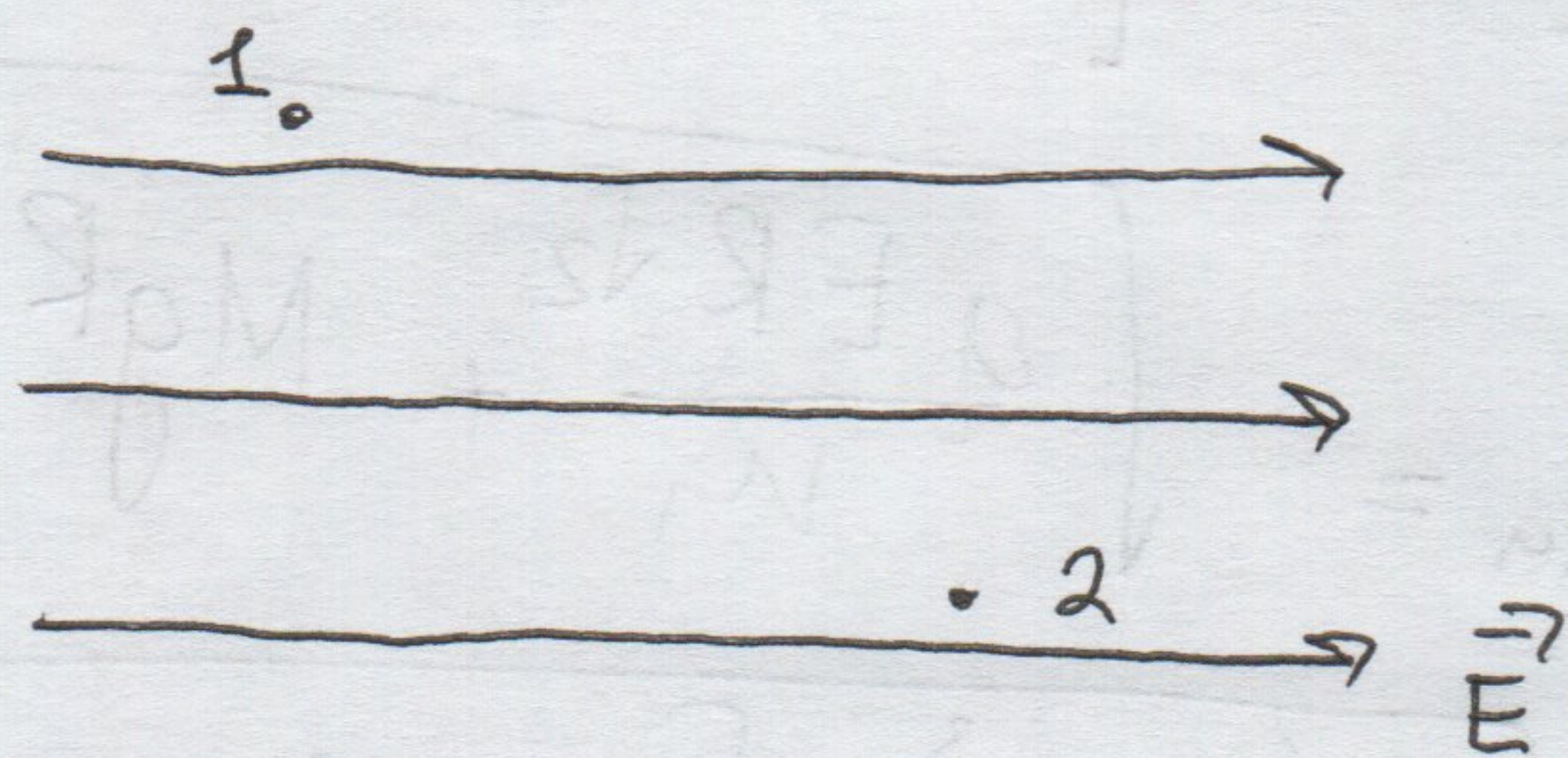
$E = 10^3 \frac{\text{В}}{\text{М}}$

$v_{\text{min}} = ?$



Э.р.
Пот. Фигт.

Перемещение в электрическом поле не зависит от радиуса или длины (Аналогично сравнимая с полем и т.д.)



из 1-2 шаг разогнаться.

ЗСТ:

$$mgR + qER \cos 45^\circ = \frac{mv_1^2}{2}, v_1 = \sqrt{2gR + \frac{2qE}{m} R \cos 45^\circ}$$

из 2-3.

$$\frac{mv_2^2}{2} + qEr \cos 45^\circ = \frac{mv_1^2}{2} + mgr$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = mgR + qE \cos 45^\circ (r+R) - mgr = mg(R-r) + qE \cos 45^\circ r$$

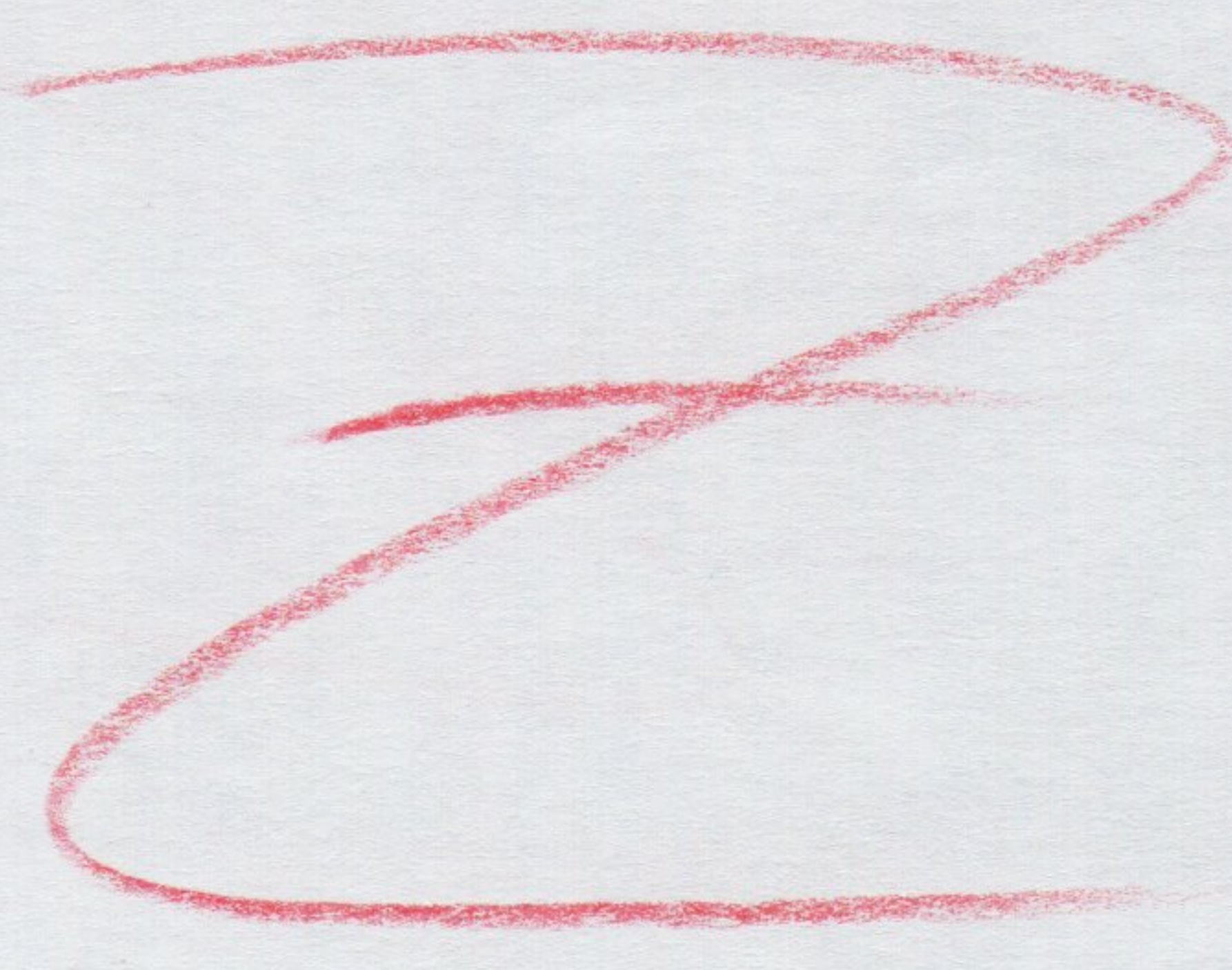
$$v_2 = \sqrt{2g(R-r) + \frac{2qE}{m} \frac{r}{2}(r+R)}$$

$$A_{12} = EqR \cos 45^\circ, A_{23} = Eqr \cos 45^\circ, A_{34} = A_{35} = Eqr \cos 45^\circ$$

$$A_{15} = Eq(R-r) \cos 45^\circ$$

$$E_{m5} = mgr$$

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = mgr + Eq(R-r) \cos 45^\circ$$



$$mgR = 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,25 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$qEr = 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 0,25 = 0,25 \cdot 10^{-3}$$

$$qEr \cos 45^\circ = 0,25 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10^{-3} =$$

$$qEr \cos 45^\circ < mgR$$

значит v_{\min} будет в точке 4. (—)

$$\frac{mv_{\min}^2}{2} = qER \cos 45^\circ + qEr \cos 45^\circ - qEr \cos 45^\circ + MgR - 2mgR$$

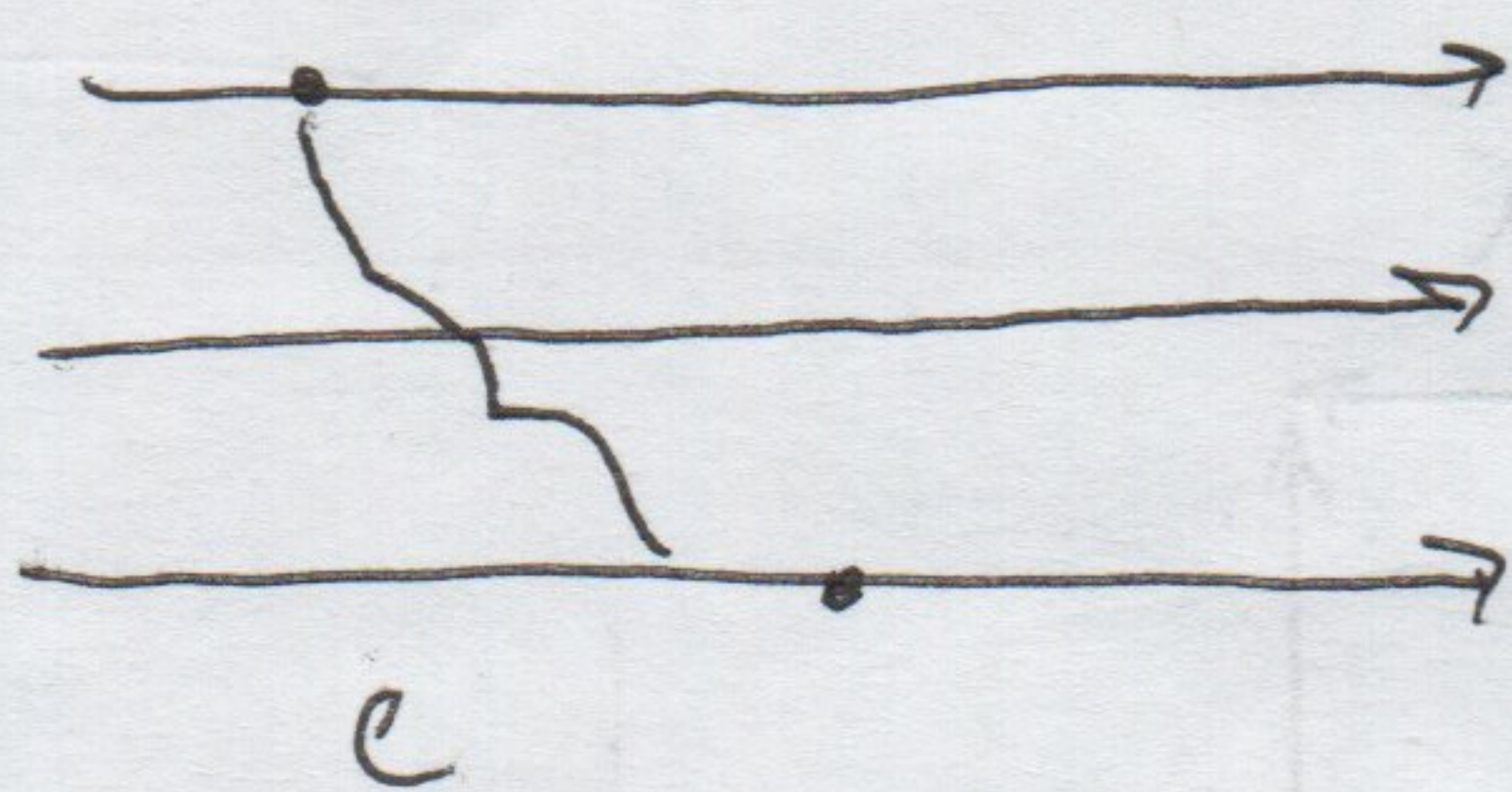
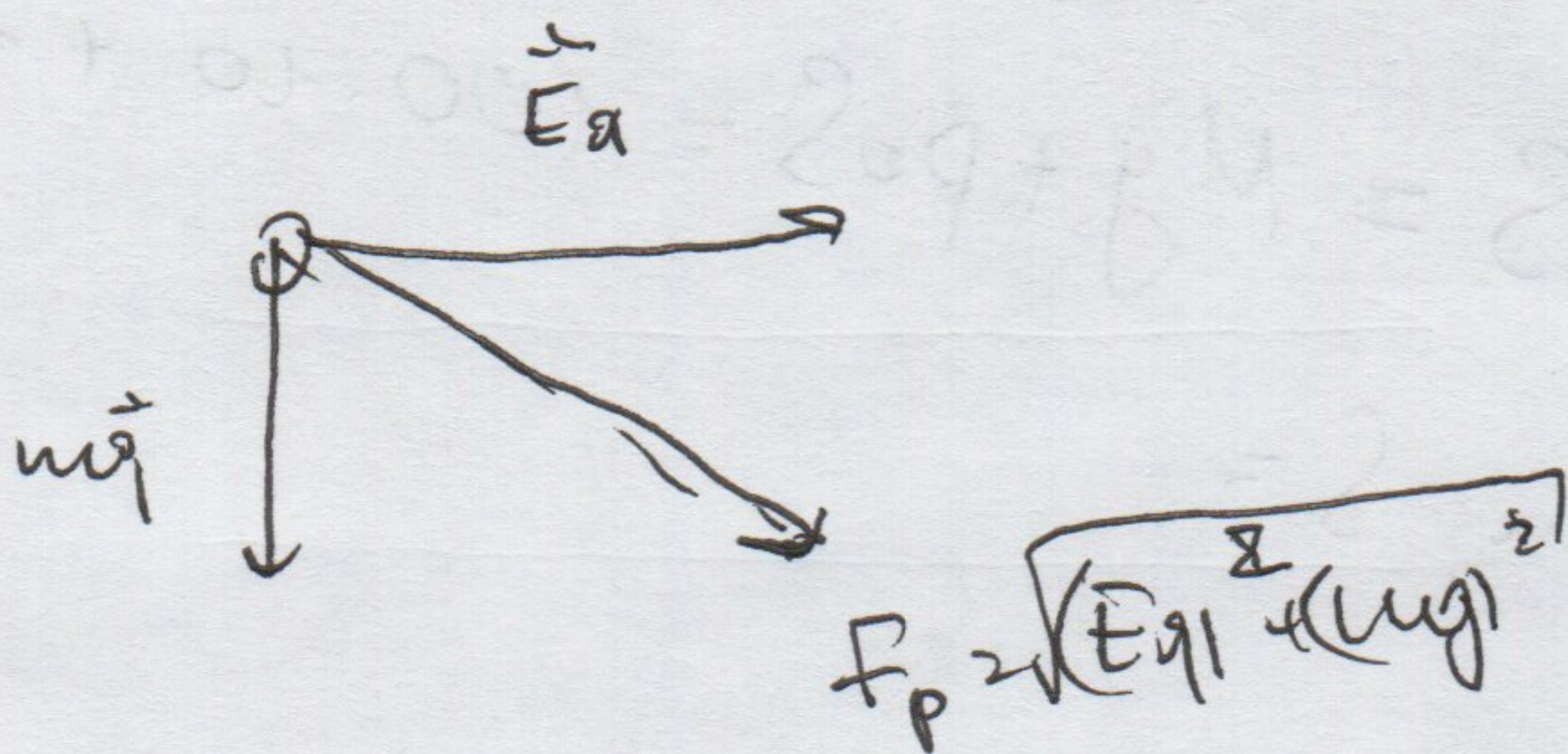
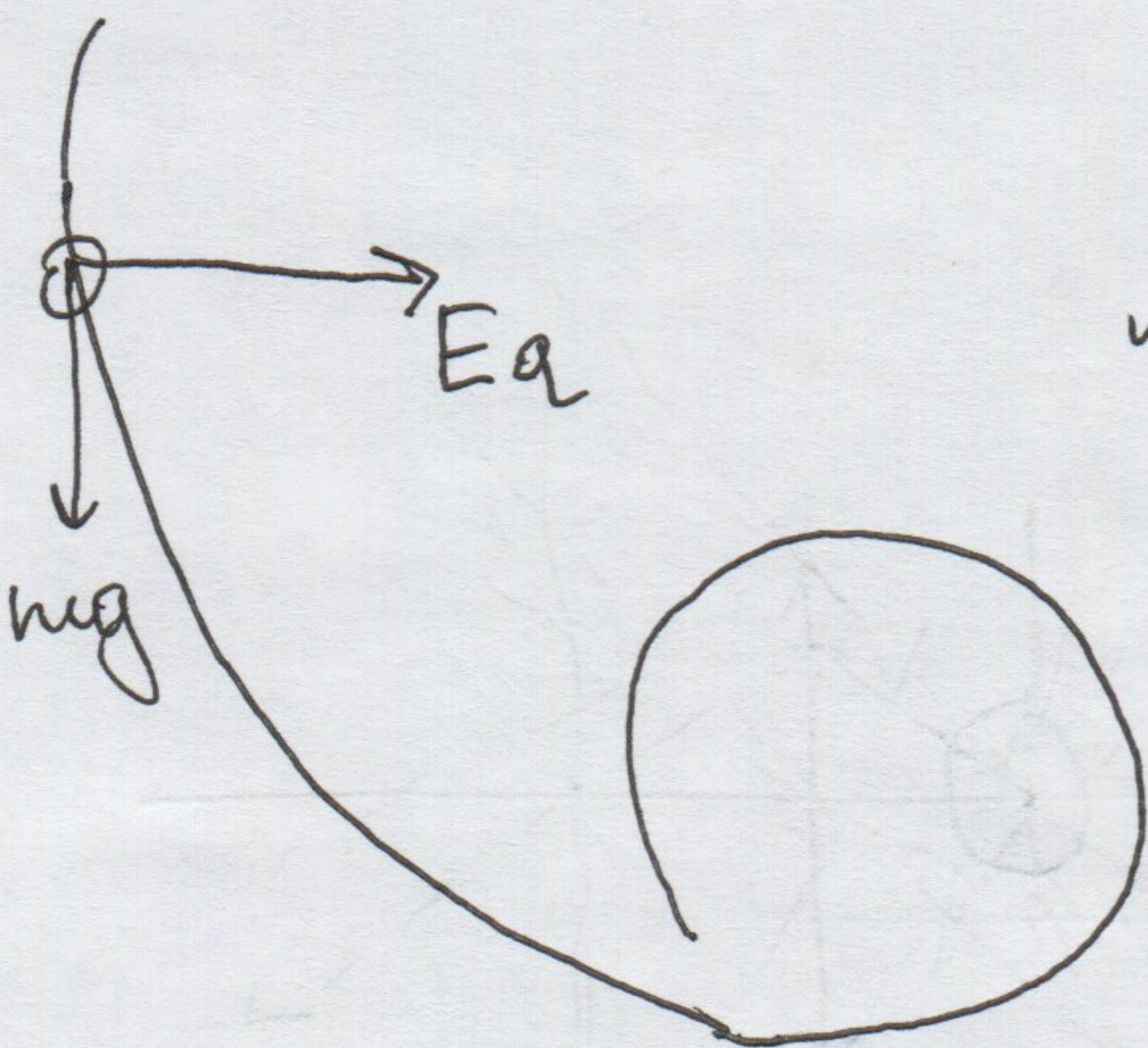
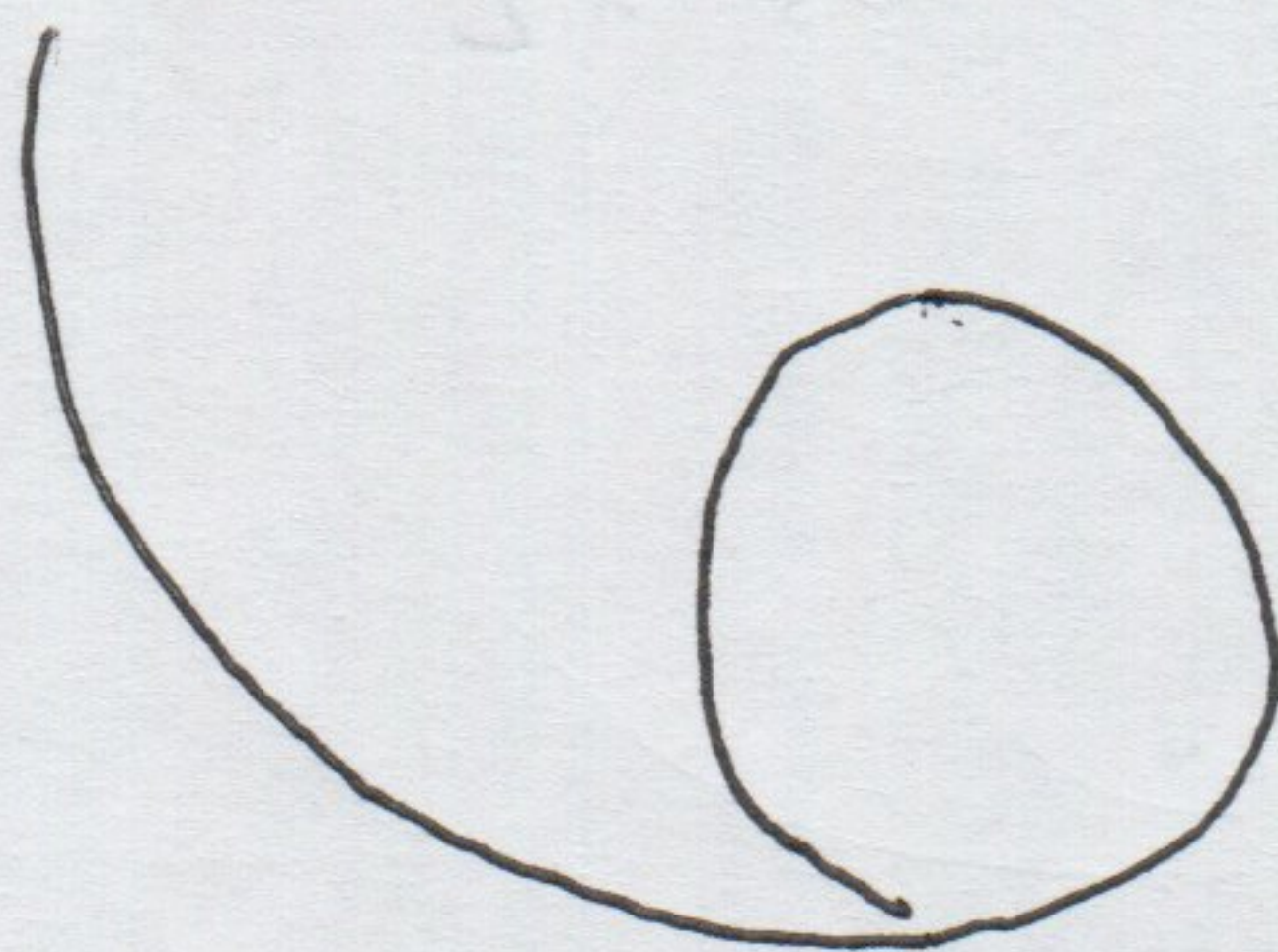
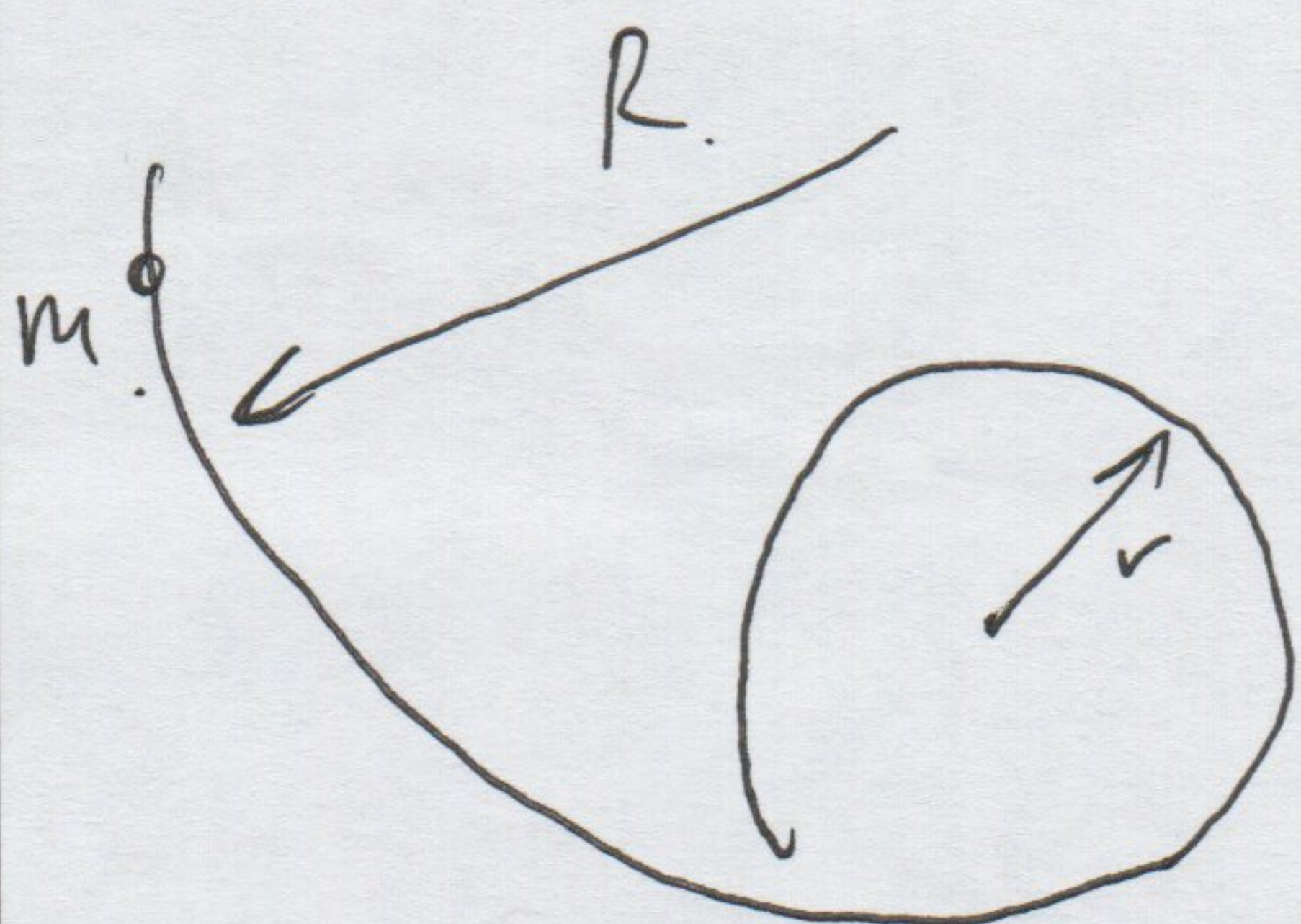
$$v_{\min} = \sqrt{\frac{qER\sqrt{2}}{m} + MgR} = \text{—}$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 1\sqrt{2}}{10^{-3}} + 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1} = \sqrt{2 + 10^{-2}} \approx$$

$$\approx \sqrt{1,4 + 0,01} = \sqrt{1,41} \approx \sqrt{2} \text{ м/с.}$$

Ответ: $\sqrt{2}$ м/с (—)

ЧЕРНОВИК



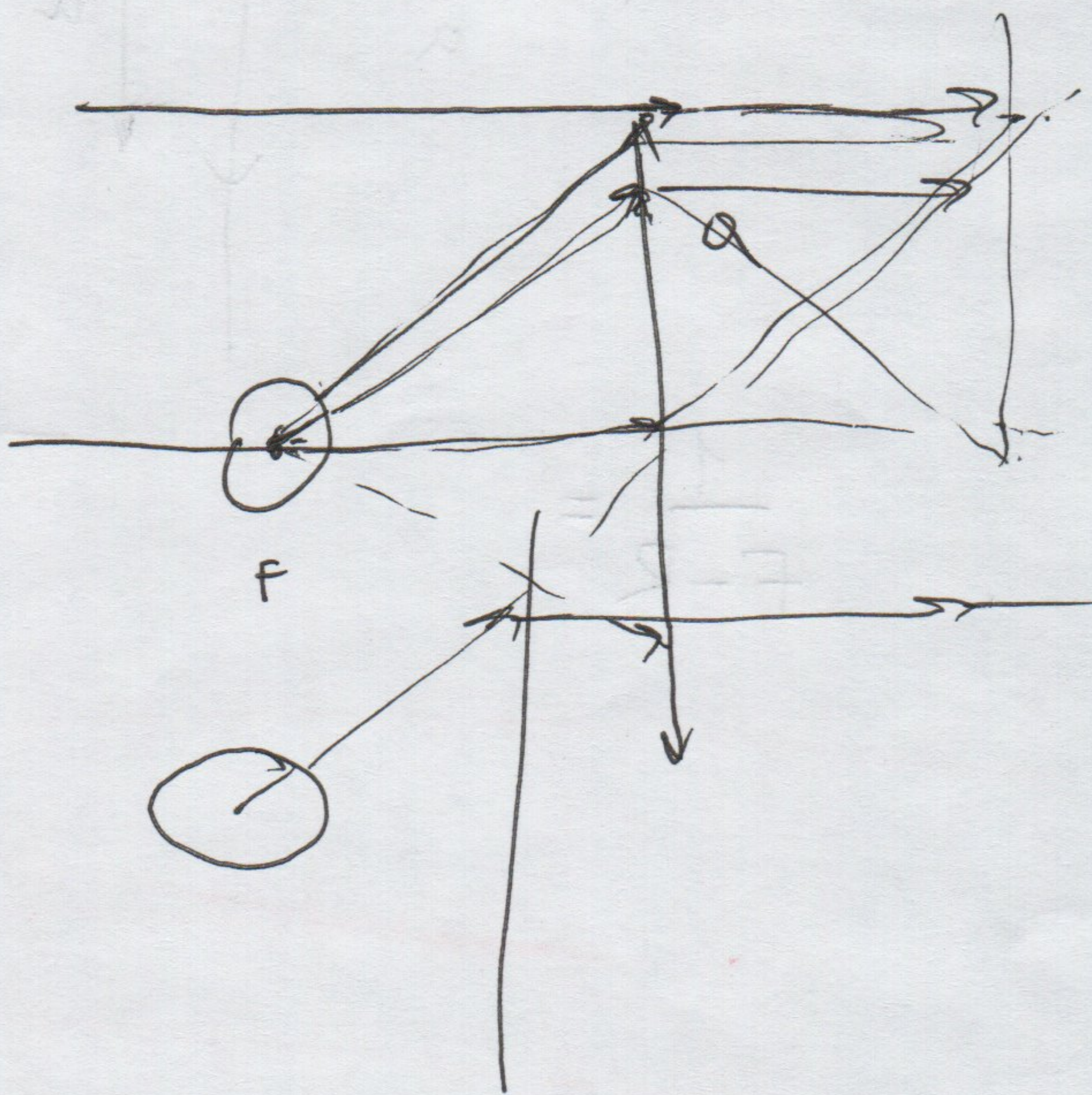
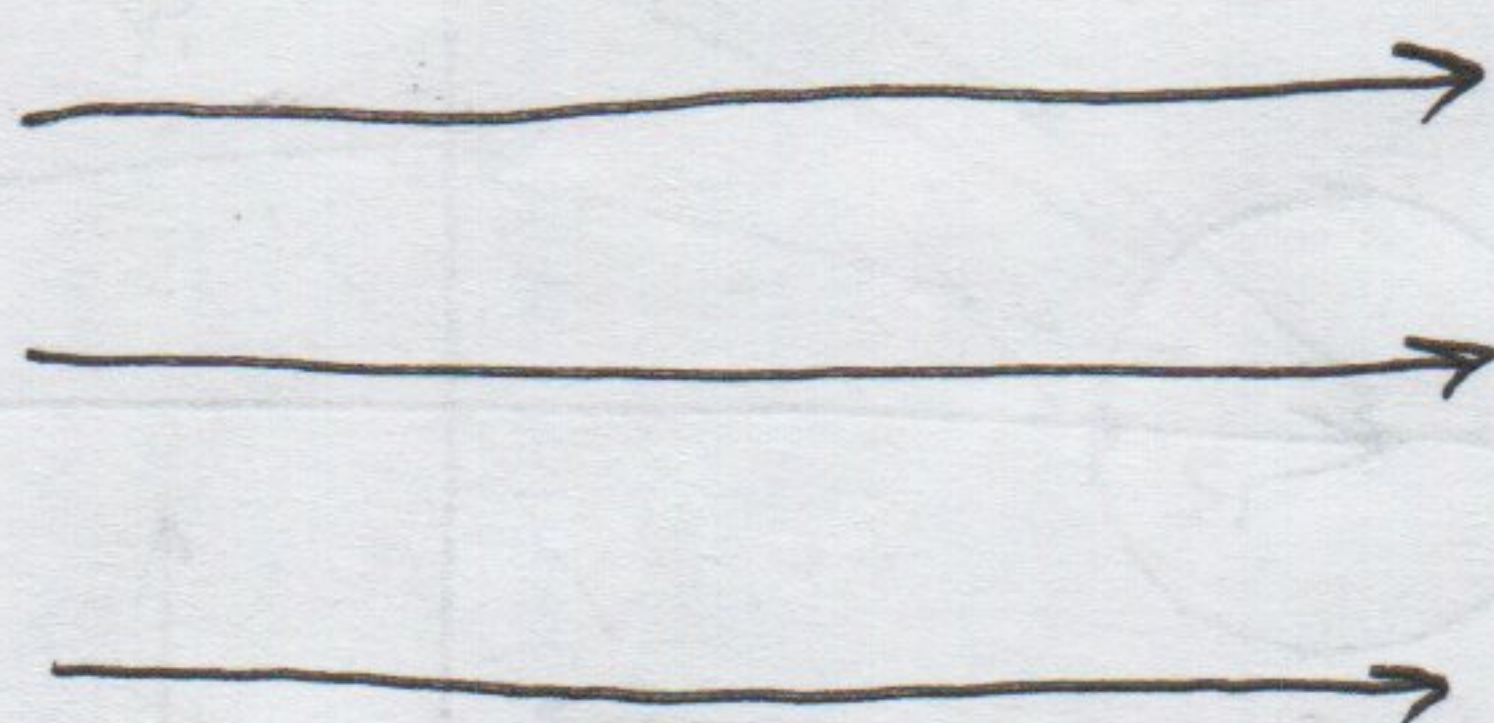
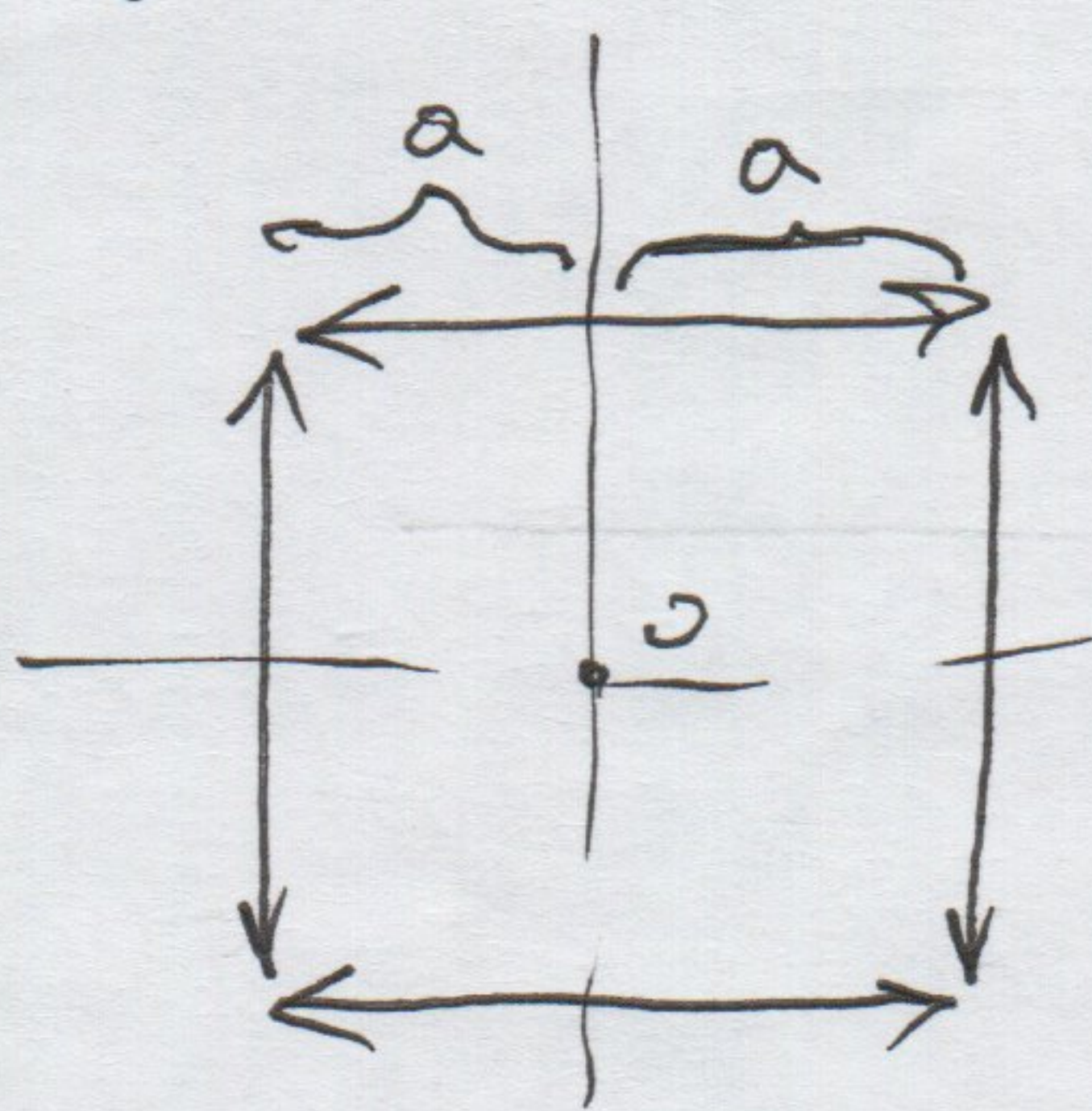
mg

$Eg \sin \alpha$

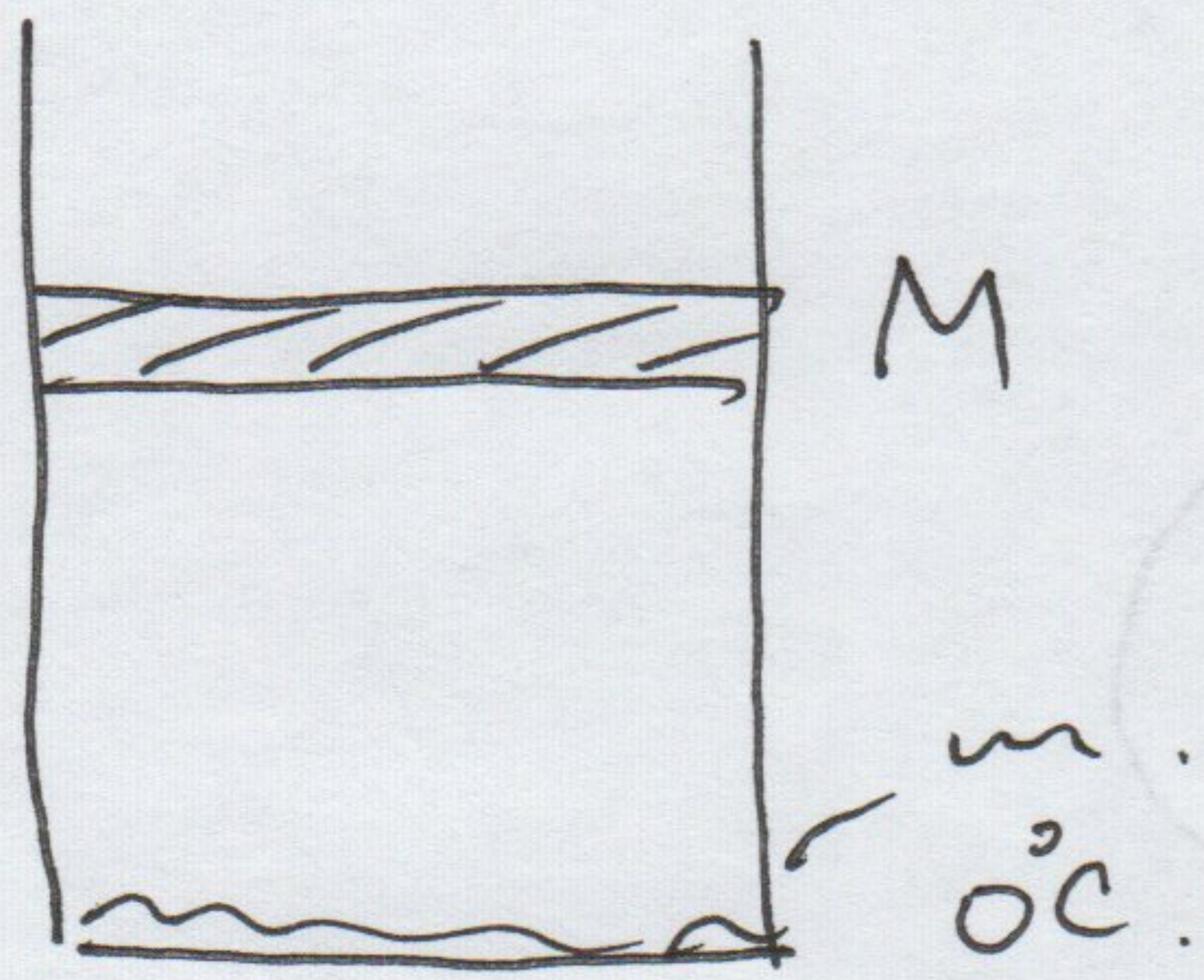
ЗСМЭ:

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

$$v = \sqrt{(mg + qE)R}$$



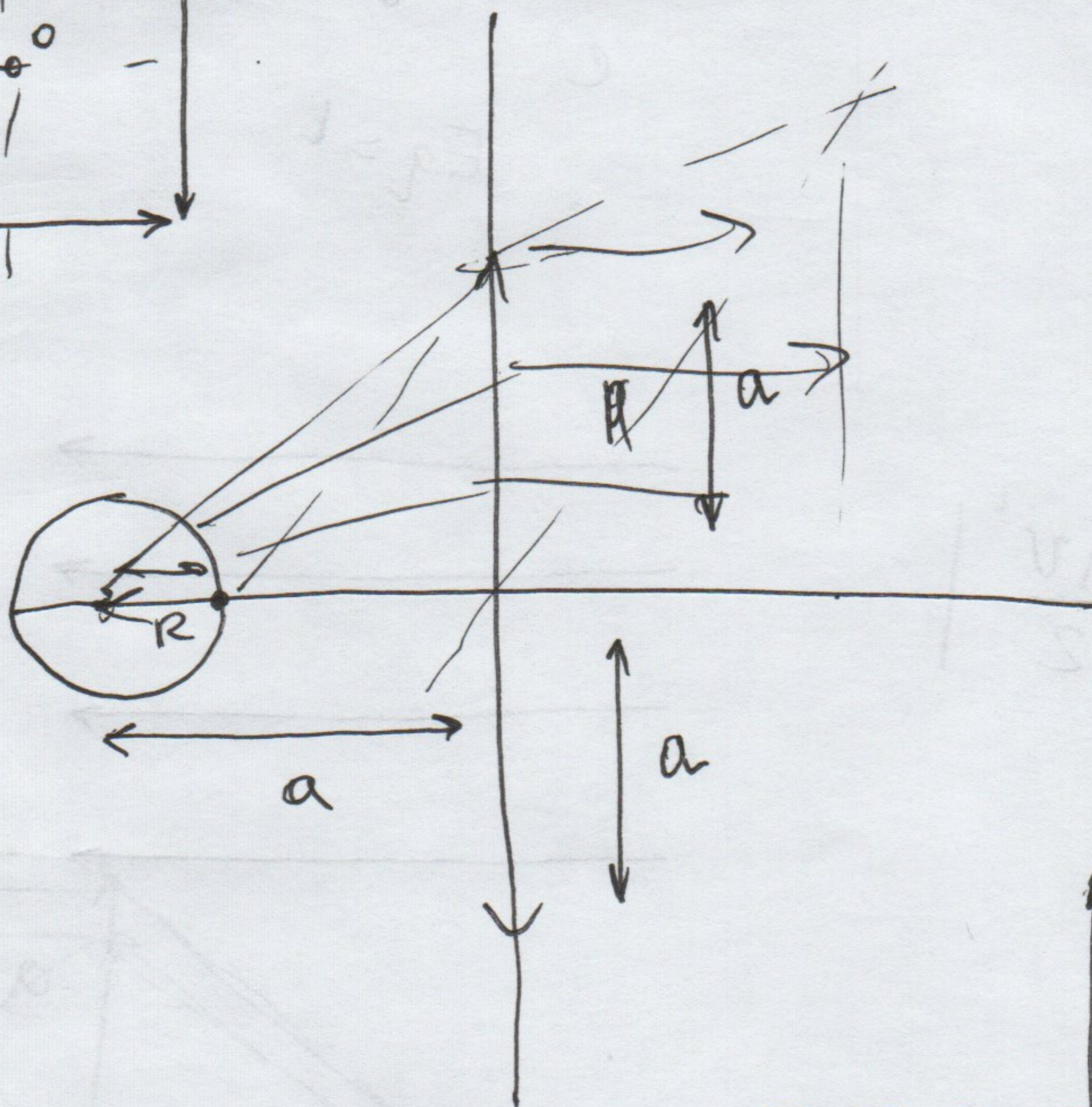
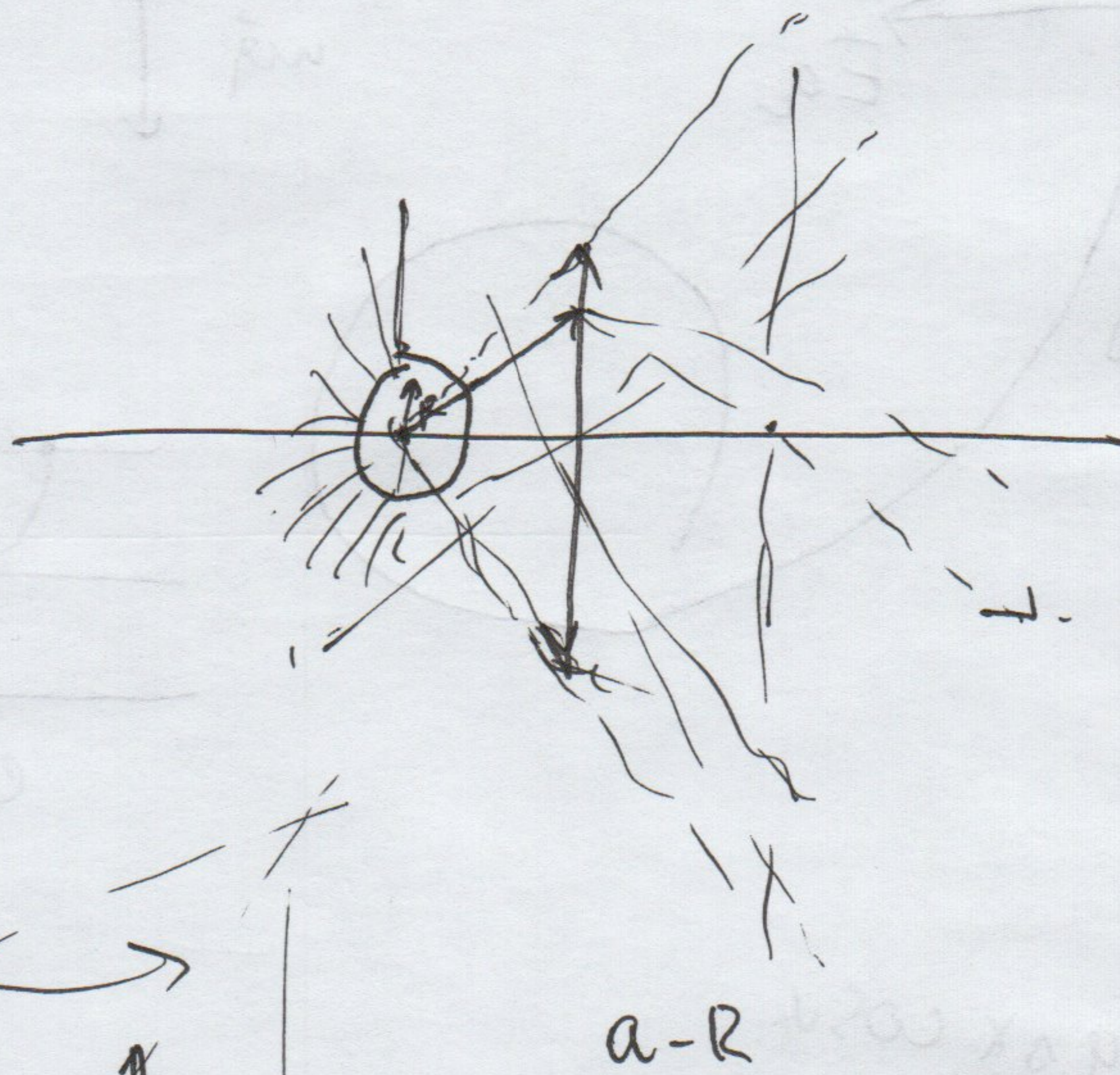
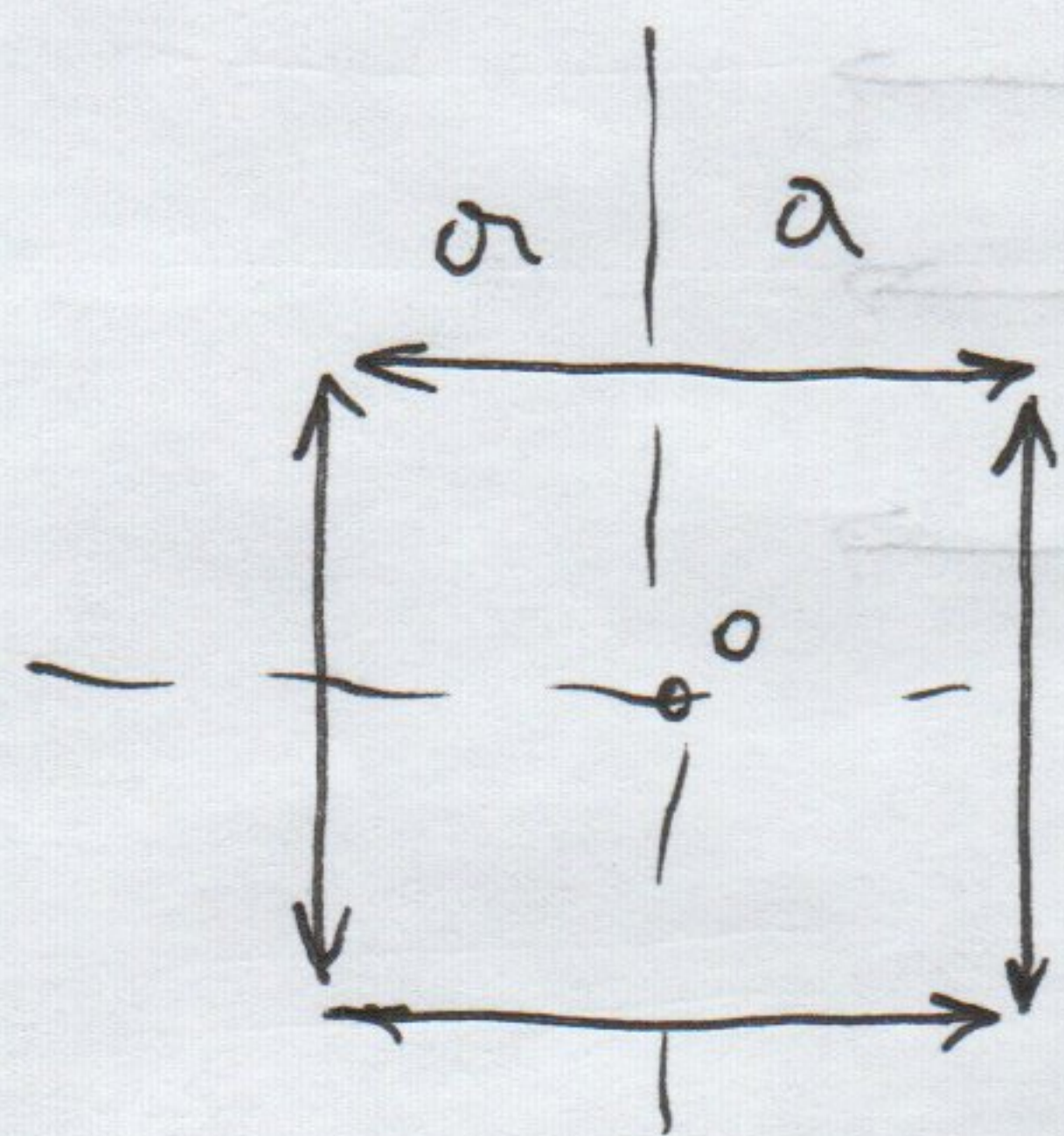
ЧЕРНОЗУК



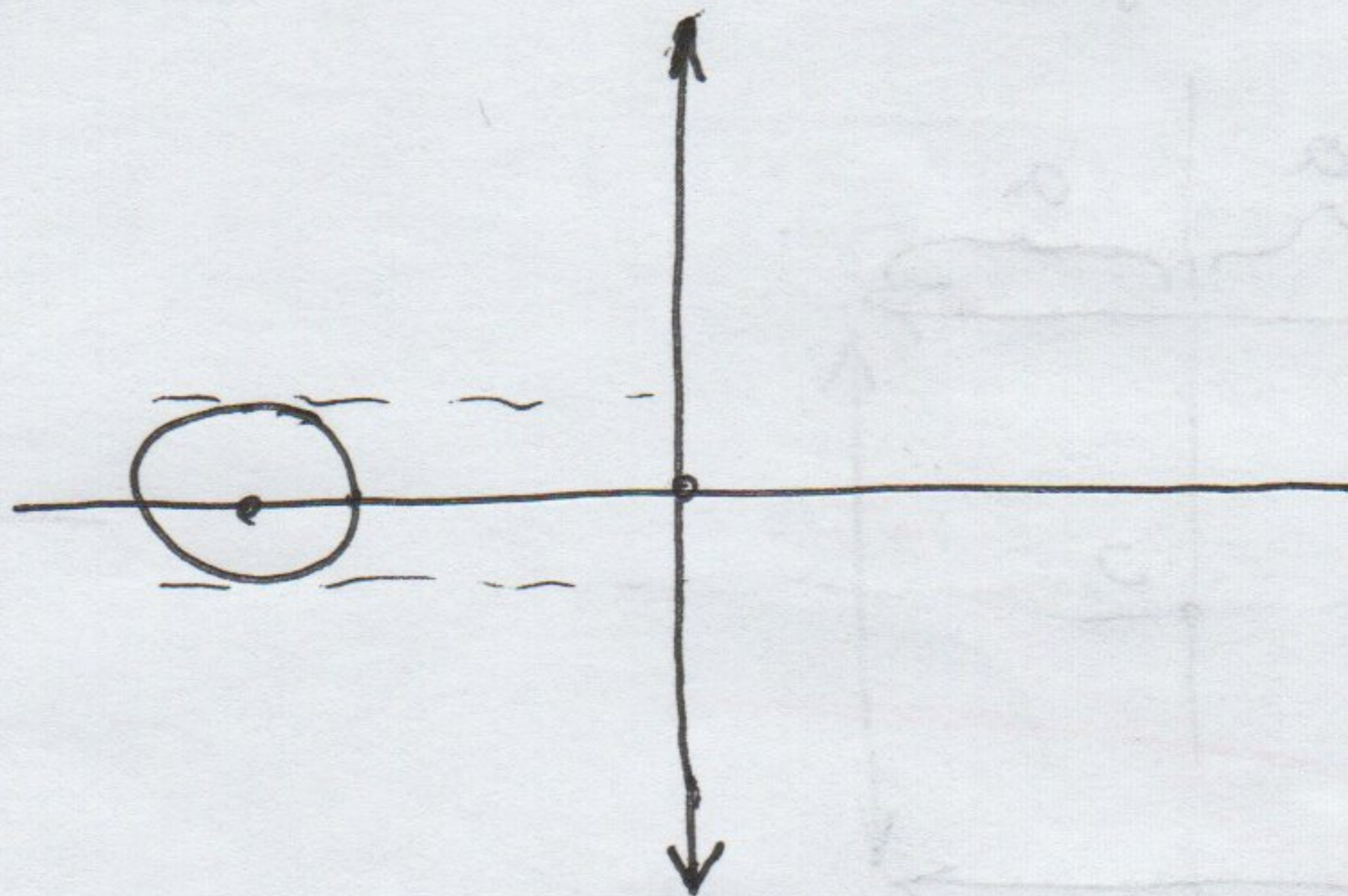
$\sin \frac{\pi}{12}$ $\sqrt{\frac{1-\sqrt{3}}{2}}$

$pS = Mg + p_0 S = 100 \cdot 10 + 10000 \cdot 0,1 = 20000$

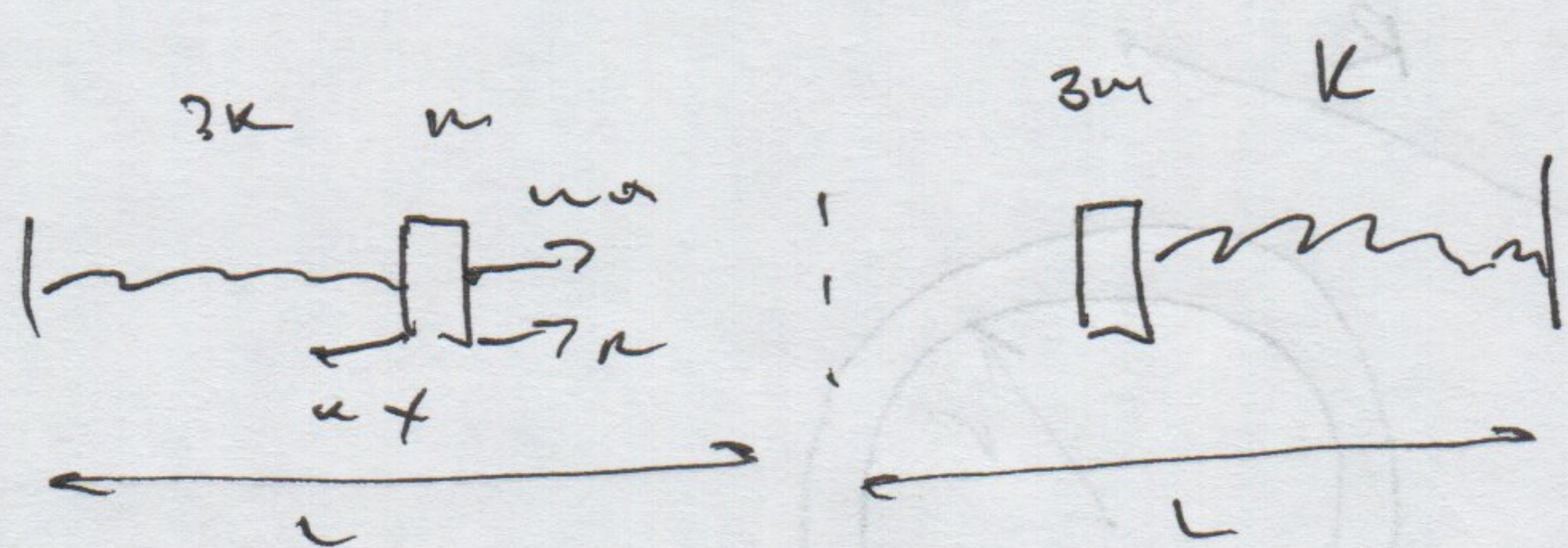
$p_{н.н} \cdot S =$



$\frac{1}{F-R} =$



ЧЕРНОВИК



$$3kx_1 = 3kx_2$$

$$l = 20 \text{ см.}$$

$$c = 10 \text{ н}^2$$

$$\frac{ke^2}{2} + \frac{3ke^2}{2} = Q +$$

$$3kx_1 = \frac{8}{3}kx_2$$

$$x_2 = 3x_1$$

$$kx_2 + kx_1 = 2L$$

$$4kx_1 = 2L$$

$$x_1 = \frac{L}{2}$$

$$\sin \frac{\pi}{12} = \sin \frac{\pi}{6} = 2 \sin \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi}{12}$$

$$\frac{1}{2} = 2 \sin \frac{\pi}{12} \cos \frac{\pi}{12}$$

$$\sin \frac{\pi}{12} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 \cos \frac{\pi}{12}} = \frac{1}{4 \cos \frac{\pi}{12}}$$

$$\frac{2\pi}{T_1} = 3 \frac{2\pi}{T_2} \quad \cos \frac{\pi}{12} = \frac{1 + \cos \frac{\pi}{6}}{2}$$

$$T_2 = 3T_1$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

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

$$\frac{ke^2}{2} + \frac{3ke^2}{2} = Q + \frac{3ke^2}{2} + k$$

$$A_1 = \frac{L}{2}$$

$$x = \frac{L}{2} \cos(\omega t)$$

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

$$3m\ddot{x} + kx = 0$$

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

3k

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

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

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

0,8 (80%)

$$\rho_{\text{н.н}} = \frac{P}{\mu}$$

$$P = \frac{\rho_{\text{н.н}} M}{2T}$$

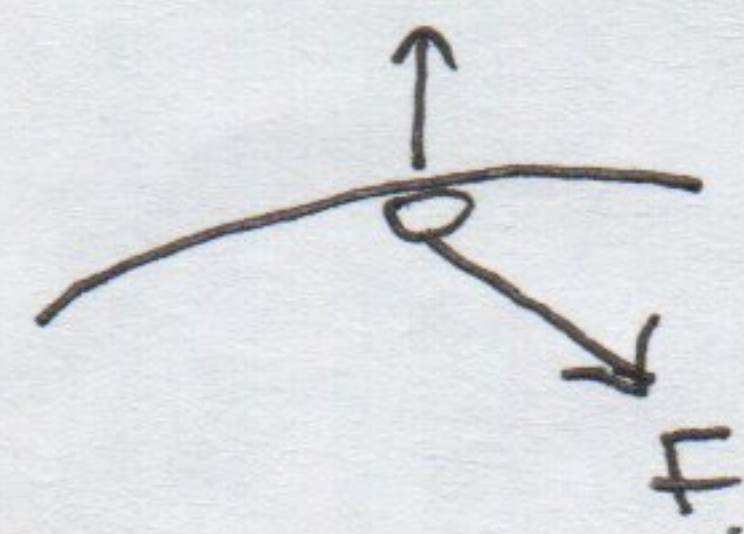
$$\sqrt{2} = 0,8 \frac{\rho_{\text{н.н}} M}{RT}$$

$$r_2 - r_1 = Ed$$

$$mgR + E$$

$$F \cos \alpha$$

$N \neq$



ЧЕРНОРИС

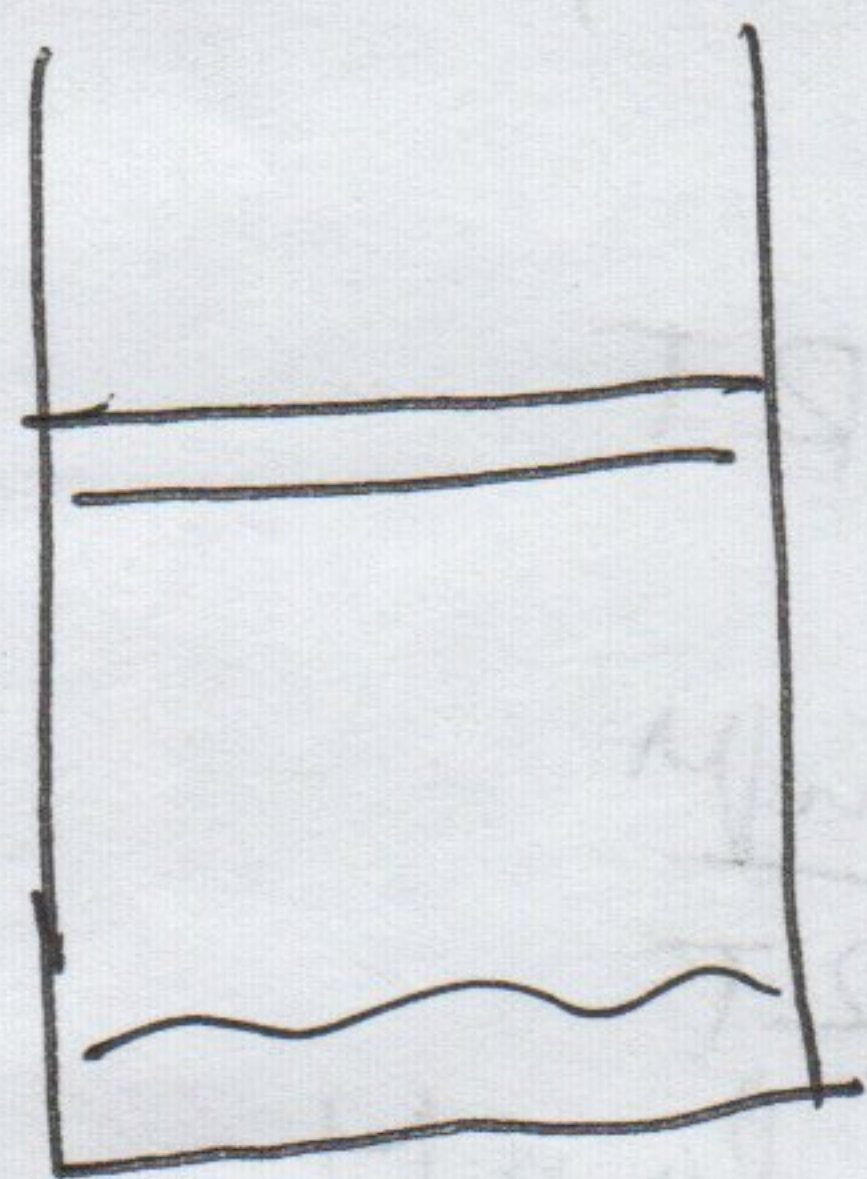
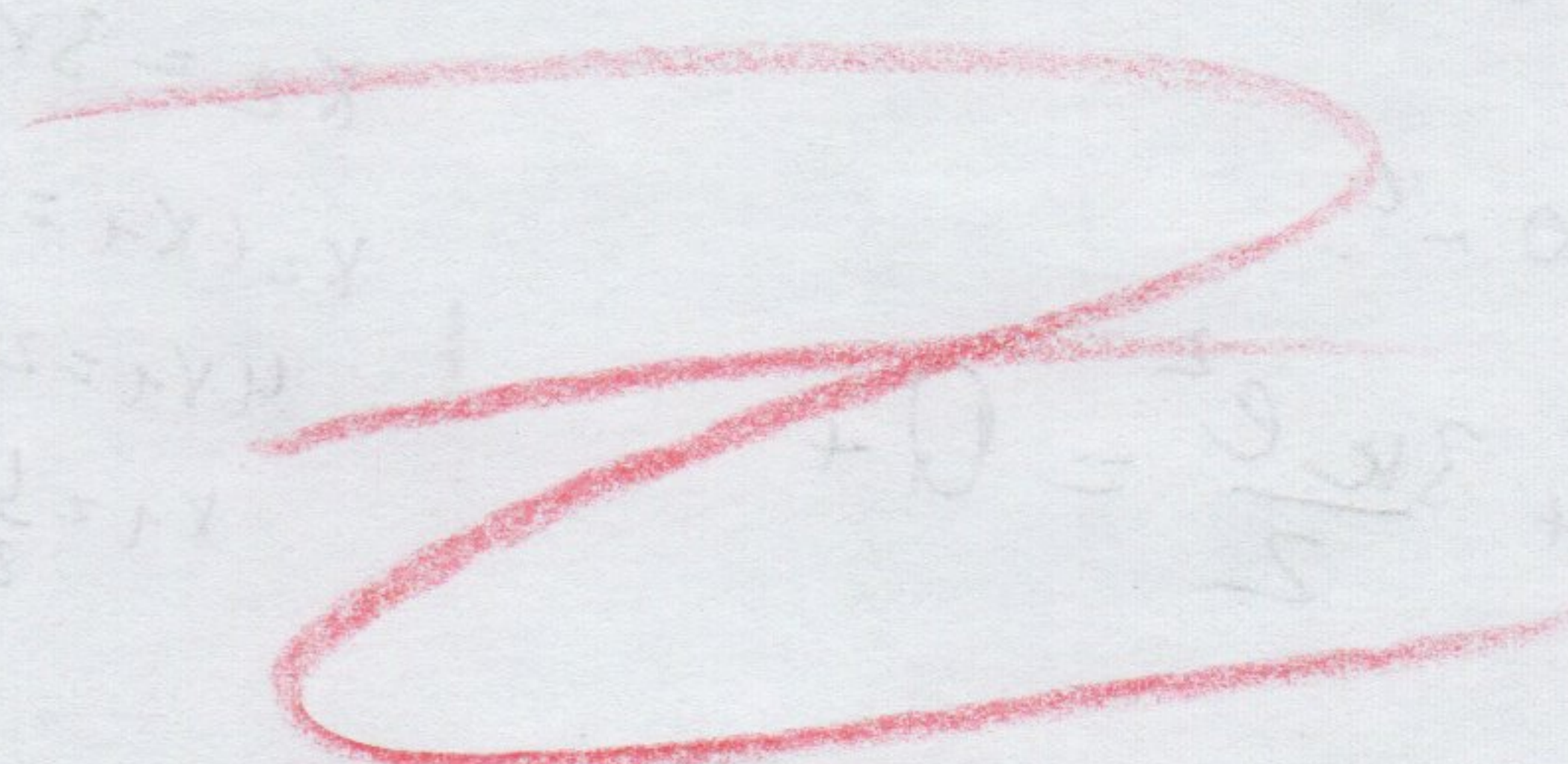
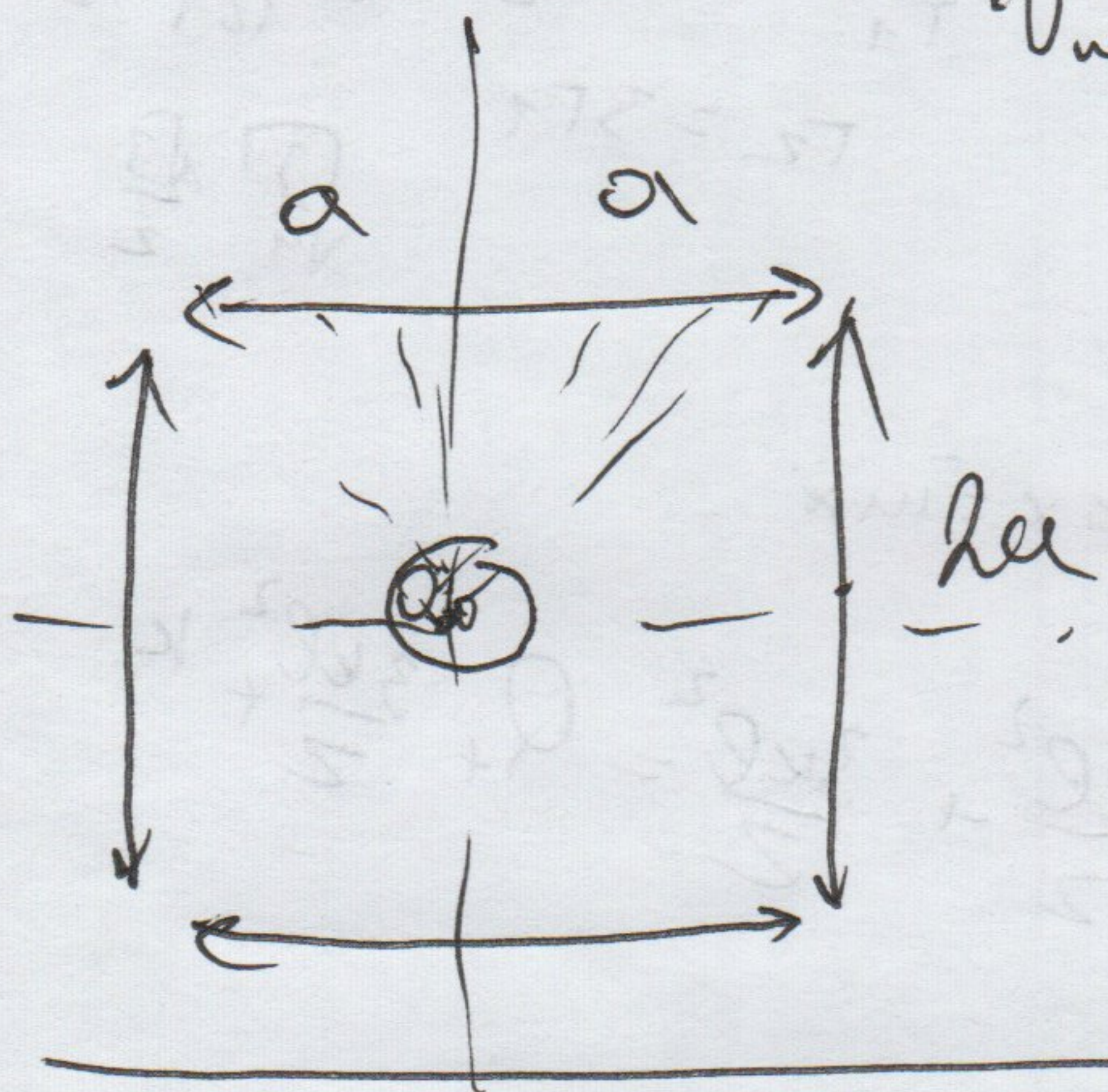
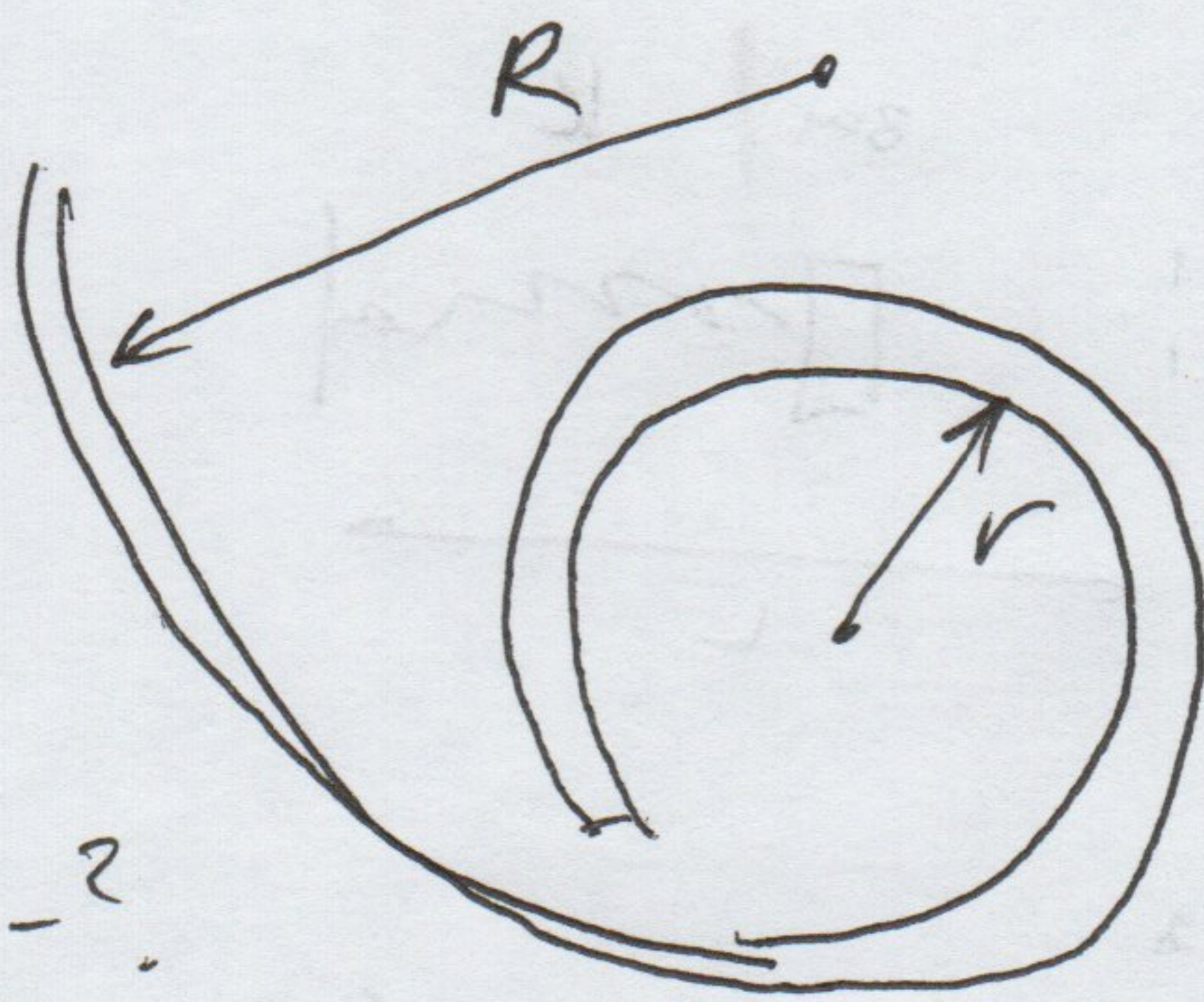
$D = 6 \text{ дмтр.} = \frac{1}{F}$

$F = 3$

$f = \frac{1}{d} = 3$

$L = f + d$

$v_{\text{min}} = ?$



$t = 127^{\circ}\text{C} = 400 \text{ K}$

$n_{\text{H}_2\text{O}}(t = 0^{\circ}\text{C}) = 277 \text{ K}$

$h = 0,83 \text{ м.}$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$

