0 122204 320002

12-22-04-32
(47.5)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Митунова Ивана Владимировича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1 лист. Сиз.

15:17 Работу сдал Карпенков Д. Ю. Дар

Дата
«5» марта 2023 года

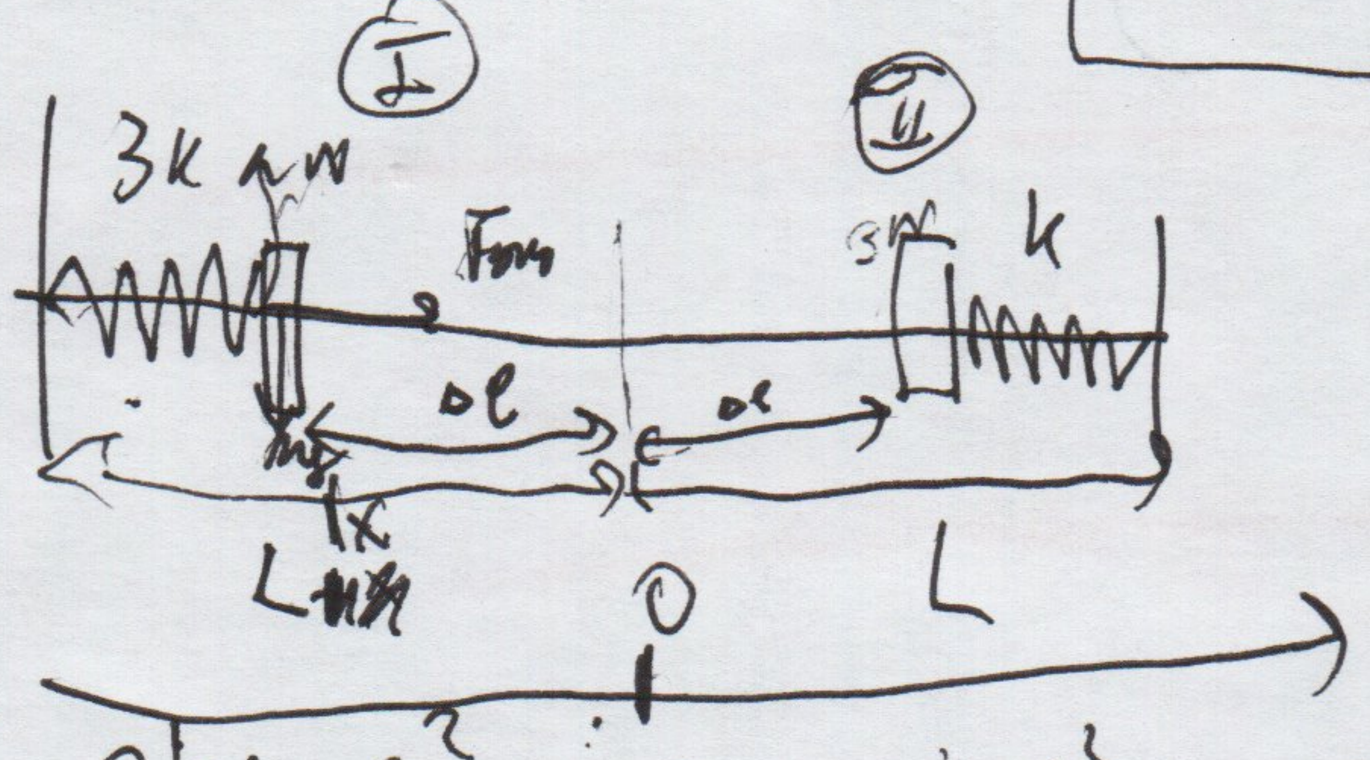
Подпись участника
Митунов

12-22-04-32 (47.5)

Черновик

$\frac{360}{5} = \boxed{78}$

11–10
12–20



ЗСЭ

$$\frac{3k'\Delta l^2}{2} = \Pi_1 \qquad \frac{3k\Delta l^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = E_2 \qquad |v_1| = \sqrt{\frac{3k}{m}\Delta l^2}$$

$$\Pi_1 = E_2$$

ЗСЭ

$$\frac{k\Delta l^2}{2} = \Pi_{II}$$

$$\frac{3m v_2^2}{2} = E_2$$

$$\Pi_{II} = E_2$$

$$|v_2| = \sqrt{\frac{k\Delta l^2}{3m}}$$

$$\frac{k\Delta l^2}{2} = \frac{3m v_2^2}{2} \qquad |v_2| = \sqrt{\frac{k\Delta l^2}{3m}}$$

ЗСИ:

$$m\vec{v}_1 - 3m\vec{v}_2 = 4m(\vec{v}_3)$$

$$m\sqrt{\frac{3k}{m}\Delta l^2} - 3m\sqrt{\frac{k\Delta l^2}{3m}} = 4m v_3$$

$$\sqrt{3k\Delta l^2 m} - \sqrt{3k\Delta l^2 m} = 4m v_3$$

$\cos\alpha = \cos\beta$

α

$$a_1 = \frac{F}{m} = \frac{3k\Delta x}{m} = 9a_2$$

$$a_2 = \frac{F}{3m} = \frac{k\Delta x}{3m} = \frac{a_1}{9}$$

Второй З.Н.:

$\boxed{1\text{т.}}$ Ox: $F_{упр} = ma$ $\quad -3kx = m\ddot{x}$

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

$$x_1 = \Delta l \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t + \pi\right)$$

$\boxed{2\text{т.}}$ Ox: $-kx = 3m\ddot{x}$ $\quad \ddot{x} + \frac{kx}{3m} = 0$

$$x_2 = \Delta l \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t\right)$$

$$x_{01} = x_{02} \Leftrightarrow \Delta l\left(\cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}t_0 + \pi\right) + \cos\left(\sqrt{\frac{k}{3m}}t_0\right)\right) = 0$$

$$2\pi n - \pi \pm \sqrt{\frac{3k}{m}}t = \pm\sqrt{\frac{k}{3m}}t \qquad \left[\begin{array}{l}\text{2 пол.}\\ \pi = \end{array}\right.$$

$$t\sqrt{\frac{k}{m}}\left(\sqrt{3} \pm \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = \pi + 2\pi n$$

$$\frac{4}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{k}{m}}t = \pi + 2\pi n$$

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

$$x_1 = \Delta l \cos\left(\sqrt{\frac{3k}{m}}\sqrt{\frac{m}{k}}\sqrt{\frac{3}{4}}\pi - \pi\right)^2 = \Delta l\cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

$$x_2 = \Delta l \cos\sqrt{\frac{k}{3m}}\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Номер задачи	1	2	3	4	5	Σ
балл	0	13	15	20	20	70 (семьдесят)
подпись	Пантелеймон	Кондратьев	Попова	[illegible]	Немнур	

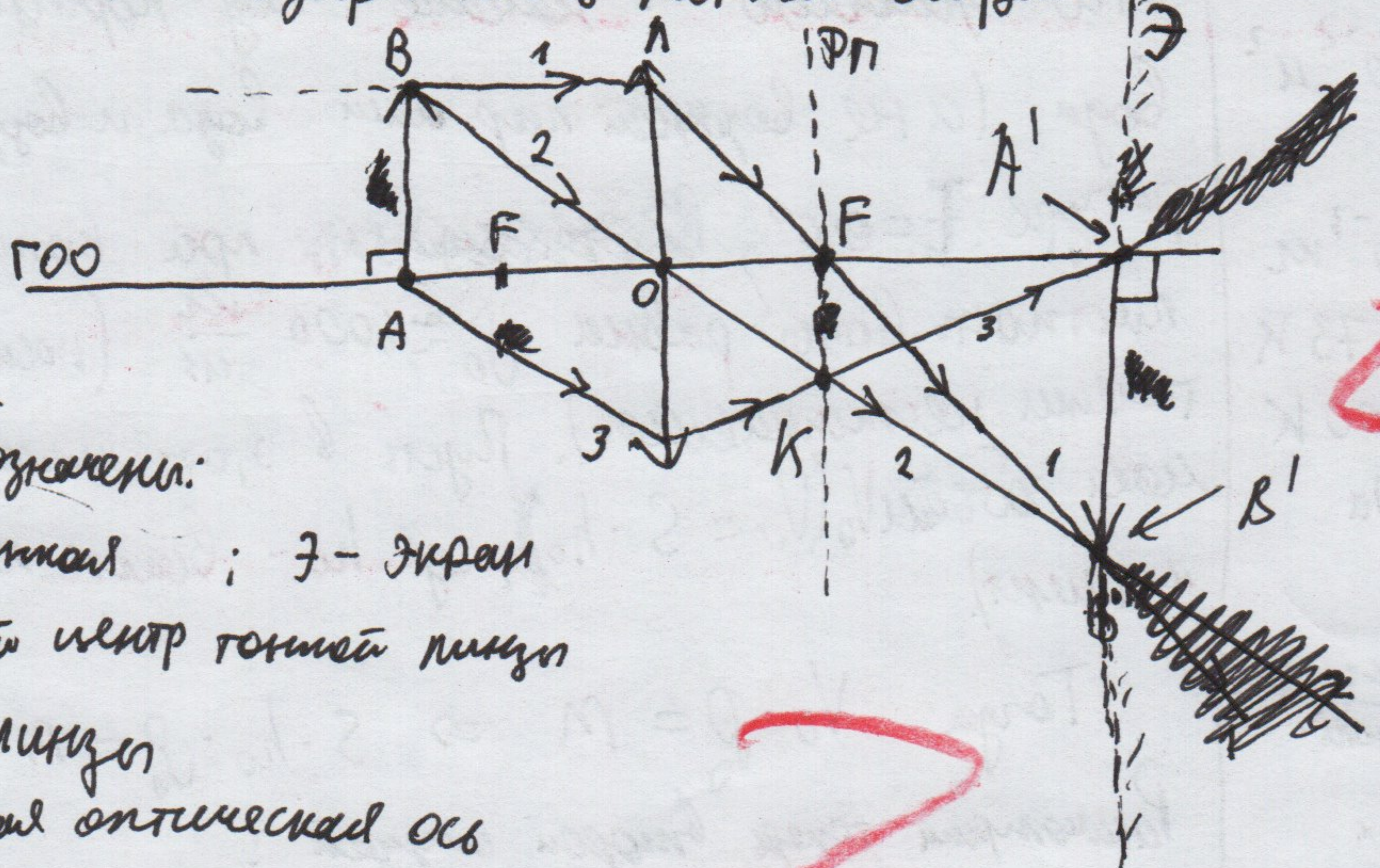
12-22-04-32 (47,5)

Дано:
$\Gamma = 3$
$L = 0,8$ м
$D - ?$

Чистовик

№4.5.1

Построим изображение в тонкой собирающей линзе.



На рисунке обозначены:

Л – линза тонкая ; Э – экран

O – оптический центр тонкой линзы

F – фокус линзы

ГОО – главная оптическая ось

ФП – фокальная плоскость

AB – предмет

A'B' – действительное изображение предмета на экране

1 – луч, выходящий из точки B, параллельный ГОО. После ~~прохождения~~ прохождения через линзу луч 1 идёт в фокус F, т.к. он параллелен ГОО.

2 – луч, выходящий из точки B, проходящий через O. После прохождения через линзу не преломляется, т.к. он проходит через её оптический центр

B' – изображение точки B находится в точке пересечения лучей 1 и 2.

Назовём точку пересечения луча 2 и ФП точкой K.

Тогда луч 3 (выходящий из A и параллельный лучу 2) после прохождения линзы попадёт в точку K, поскольку линза собирающая, а значит преобразует параллельный пучок света в сходящийся.

A' – точка пересечения 3 луча и ГОО – изображение точки A. Нетрудно заметить, что $AB \parallel B'A'$ $\Rightarrow$ AO – расстояние от линзы до предмета, A'O – расстояние от линзы до изображения (то есть до экрана).

Пусть f – фокусное расстояние нашей линзы. (Тогда $D = \frac{1}{f}$) *

Тогда по формуле тонкой линзы: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{AO} + \frac{1}{A'O}$ *. При этом $AO + A'O = L$ * $\Rightarrow$ $AO = -A'O + L$. По условию изображение увеличивается в Γ раз $\Rightarrow$ $\frac{A'B'}{AB} = \Gamma$ *. Заметим, что $\triangle AOB \sim \triangle A'OB'$ по двум углам $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{AO}{A'O} = \frac{AB}{A'B'} = \frac{1}{\Gamma} \Rightarrow A'O = \Gamma \cdot AO \Rightarrow AO(1+\Gamma) = L \Rightarrow AO = \frac{L}{1+\Gamma}$; $A'O = \frac{\Gamma \cdot L}{1+\Gamma}$

$\Rightarrow D = \frac{1}{AO} + \frac{1}{A'O} = \frac{1+\Gamma}{L} + \frac{1+\Gamma}{L \cdot \Gamma} = \frac{(1+\Gamma)^2}{\Gamma \cdot L}$. $\boxed{\text{Ответ: } D = \frac{(1+\Gamma)^2}{\Gamma \cdot L} = \frac{(1+3)^2}{3 \cdot 0,8} \approx 6,667 \text{ Дптр.}}$

№2.9.1. (Чистовик)

Дано:

$S = 100\,см^2 = 10^{-2}\,м^2$

$M = 100\,кг$

$m = 9\,г = 9 \cdot 10^{-3}\,кг$

$T_0 = 0\,C^0 = 273\,K$

$t = 127^0 = 400\,K$

$P_н = 2{,}5 \cdot 10^5\,Па$

$P_0 = 10^5\,Па$

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

$R = 8{,}3\,\frac{Дж}{моль \cdot К}$

$g = 10\,\frac{м}{с^2}$

$h - ?$

По условию в начале под поршнем находится вода (а не водяной пар или вода и воздух) при температуре $T_0 = 0\,C^0$, ~~[illegible]~~ при которой ~~его~~ плотность воды равна $\rho_0 \approx 1000\,\frac{кг}{м^3}$ (поскольку вода практически несжимаема). Пусть в этот момент она занимает объём V_0 ($V_0 = S \cdot h_0$, где h_0 – высота поршня в данный момент).

Тогда $V_0 \cdot \rho_0 = m \Rightarrow S \cdot h_0 \cdot \rho_0 = m \Rightarrow \boxed{h_0 = \frac{m}{S \cdot \rho_0}}$

Рассмотрим теперь второй случай:

Пусть в этот момент поршень находится на высоте h_2. Поскольку температура $t = 400\,K$ больше, чем $t_к = 373\,K$ ($t_к$ – температура кипения воды), вся вода в этот момент находится в ~~[illegible]~~ газообразном состоянии, значит её можно считать идеальным газом.

Тогда для неё можно записать уравнение Менделеева-Клапейрона:

$P_2 V_2 = \nu R t$, где P_2 – давление газа в этот момент

V_2 – объём газа в этот момент

ν – количество вещества газа в этот момент

$V_2 = S \cdot h_2$, $\nu = \frac{m}{\mu}$ (т.к. масса воды не изменилась, ведь сосуд закрыт поршнем)

$\Rightarrow h_2 \cdot S \cdot P_2 = \frac{m}{\mu} R t \Rightarrow \boxed{h_2 = \frac{m R t}{\mu \cdot S \cdot P_2}}$

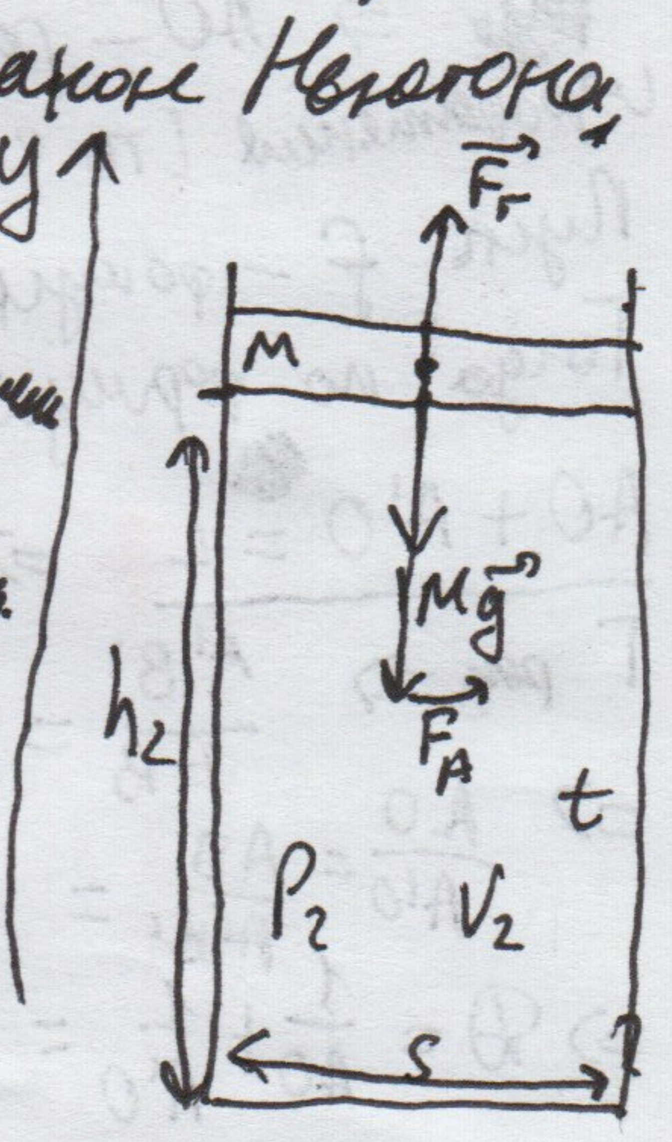
Свяжем систему отсчёта с трубой. Эта СО инерциальна, т.к. она неподвижна относительно другой ИСО, ~~[illegible]~~ связанной с Землёй.

Поскольку поршень ~~[illegible]~~ после установления равновесия в трубе неподвижен, для него можно записать Второй Закон Ньютона ~~[illegible]~~ в ИСО, связанной с трубой:

$\vec{F_г} + M\vec{g} + \vec{F_A} = 0$, где $\vec{F_г}$ – сила, с которой газ давит на поршень

$\vec{F_A}$ – сила, с которой атмосфера давит на поршень

$M\vec{g}$ – сила тяжести поршня.



Рассмотрим его проекцию на вертикальную ось Oy:

$|F_г| - Mg - |F_A| = 0$ ~~[illegible]~~ $|F_г| = P_2 \cdot S$ $|F_A| = P_A \cdot S$

$\Rightarrow \boxed{P_2 \cdot S = Mg + P_A \cdot S} \Rightarrow P_2 = \frac{Mg + P_A \cdot S}{S}$

Рассуждение неверно! Нужно сравнивать давление под поршнем с давлением насыщенного пара! Однако вывод о ненасыщенности верен.

12-22-04-32 (47.5)

[чистовик] №2.9.1. (продолжение)

$$\Rightarrow h_2 = \frac{mRt}{\mu \cdot P_2 \cdot S} = \frac{mRt}{\mu(Mg+P_A\cdot S)}$$

$$\Rightarrow h = h_2 - h_0 = \frac{mRt}{\mu(Mg+P_A\cdot S)} - \frac{m}{S\cdot\rho_0} = m\left(\frac{Rt}{\mu(Mg+P_A\cdot S)} - \frac{1}{S\cdot\rho_0}\right)$$

Ответ: $h = m\left(\frac{Rt}{\mu(Mg+P_A\cdot S)} - \frac{1}{\rho_0\cdot S}\right) = 9\cdot10^{-3}\left(\frac{8,3\cdot400}{18\cdot10^{-3}(100\cdot10+10^5\cdot10^{-2})} - \frac{1}{1000\cdot10^{-2}}\right)$

$h \approx 8299\cdot10^{-4}$ м $\approx 82,99$ см

13 Кытине

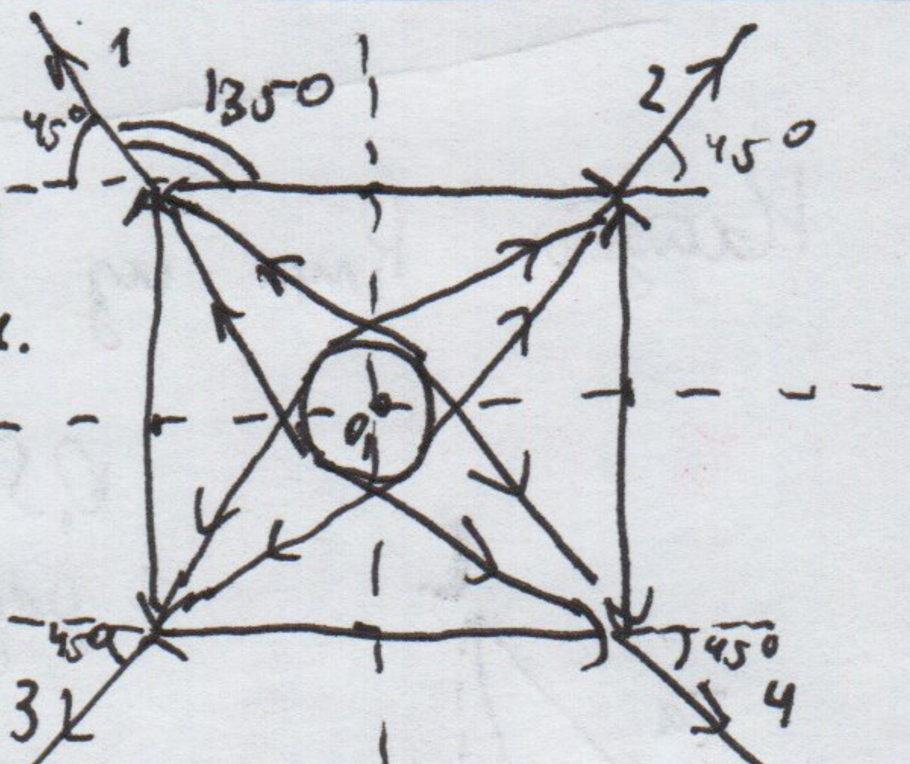
№5.3.1

Дано

$2a = 4,5\cdot10^{-2}$ м

$a = 225\cdot10^{-4}$ м

R_{min} – ?



Источник излучает свет по всем направлениям. Это означает, что лучи, выходящие из краёв каждой линзы, должны выходить под углом 45° к плоскости этой линзы или под большим углом. Но нам необходимо, чтобы радиус источника (R_{min}) был минимален, значит лучи должны выходить именно под углом 45° к плоскости линзы (рис 1) [R_{min} – радиус источника]

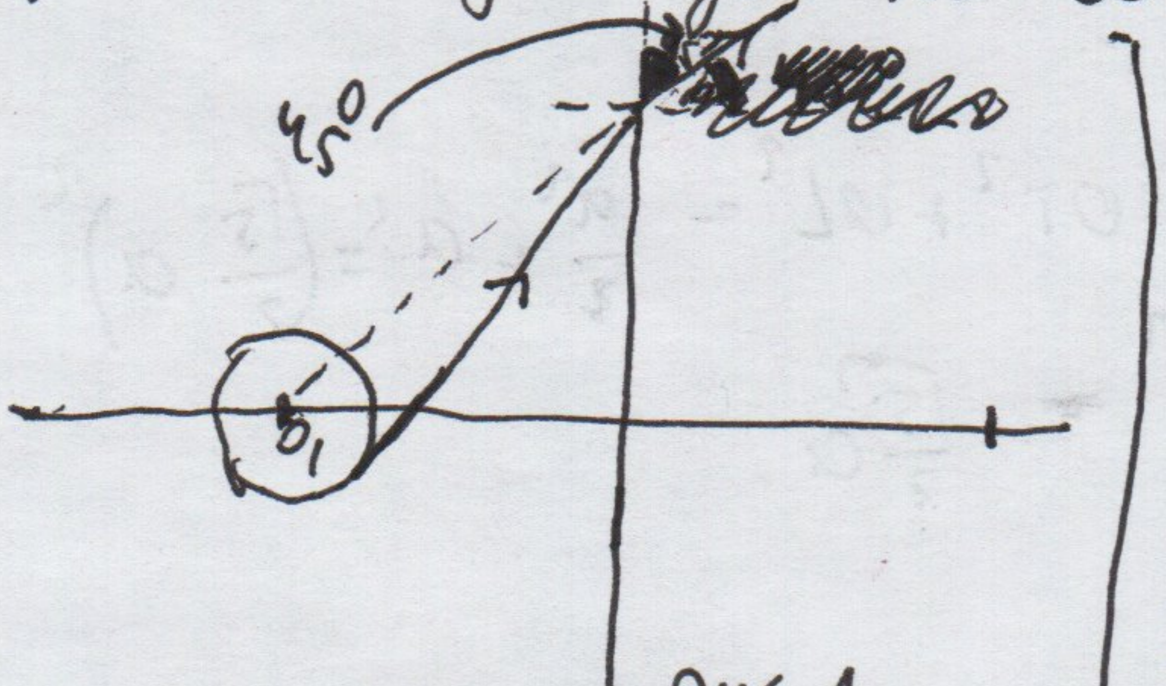


рис 1.

Все 4 линзы составляют квадрат, значит прямая, идущая от его центра O_1 к краю каждой из линз является его диагональю (угол между ней и плоскостью линзы равен 45°)

Рассмотрим одну из линз (на рис. 2)

луч 1 идёт от точки S к точке L

луч 2 параллелен лучу 1 и проходит через O (он не преломляется, т.к. проходит через оптический центр линзы)

K – точка пересечения луча 2 и ФП.

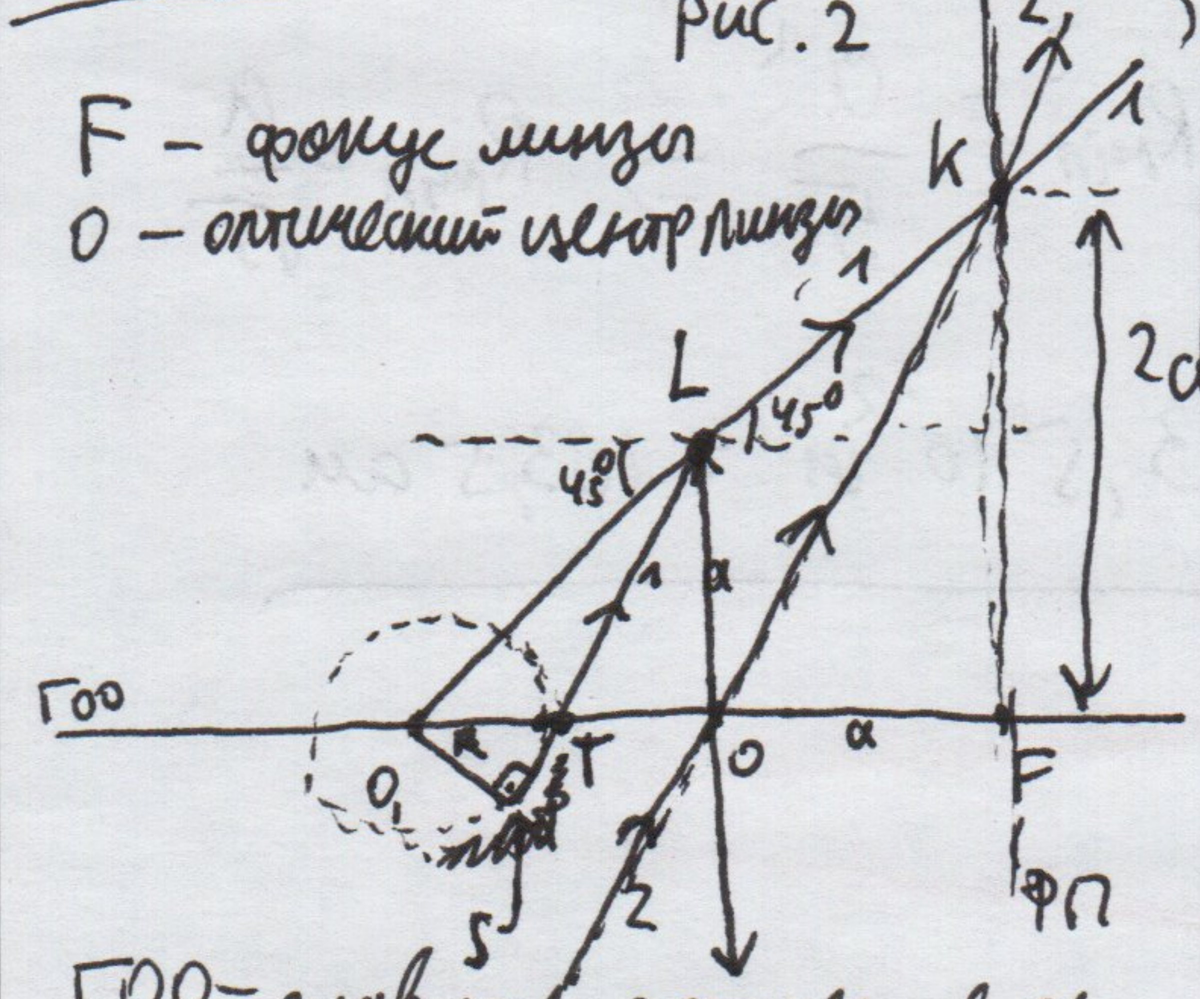
Линза собирающая => преломившись, луч 1 пройдёт через точку K.

Пусть T – точка пересечения SL и ГОО →

рис. 2

F – фокус линзы

O – оптический центр линзы



ГОО – главная оптическая ось

ФП – фокальная плоскость

S – точка, касательная в которой к окружности источника попадает в L (окружность источника – сечение источника плоскостью рисунка), где L – крайняя точка линзы на рисунке.

чистовик

№2.9.1. продолжение

Заметим, что $\triangle TOL \sim \triangle OFK$

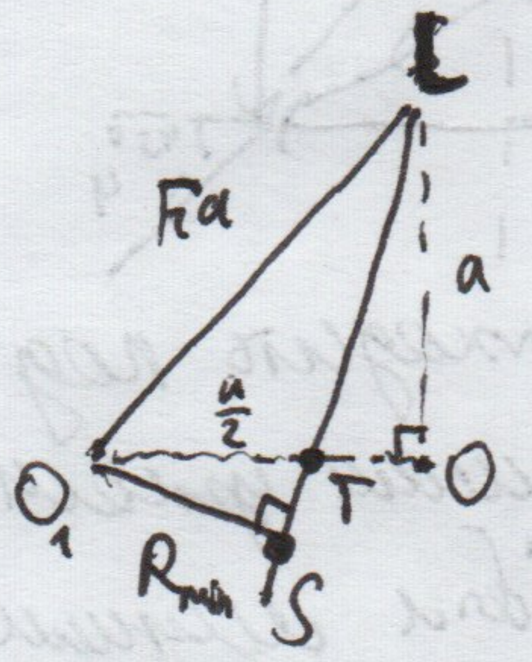
$\Rightarrow \dfrac{OT}{OF} = \dfrac{OL}{KF}$. По условию $OF = OL = O_1O = a$

$\angle KO_1F = 45^\circ$, $KF \perp O_1F \Rightarrow KF = O_1F \cdot tg45^\circ = (O_1O + OF)\cdot 1 =$
$= 2a$

$\Rightarrow OT = \dfrac{OL \cdot OF}{KF} = \dfrac{a \cdot a}{2a} = \dfrac{a}{2}$

$\Rightarrow O_1T = O_1O - OT = \dfrac{a}{2}$

Найдём R_{min} из $\triangle OSL$:



$O_1S \perp LS$, т.к. LS – касательная к окр-ти с радиусом O_1S и центром O_1.

$OL = \sqrt{2}a$ (как половина диагонали квадрата со стороной a)

$O_1S^2 + SL^2 = O_1L^2 \Rightarrow SL^2 = 2a^2 - R_{min}^2$ (по теореме Пифагора)

Рассмотрим $\triangle OTL$ ($OL \perp OT$)

в $\triangle OTL$ по теореме Пифагора: $TL^2 = OT^2 + OL^2 = \dfrac{a^2}{4} + a^2 = \left(\dfrac{\sqrt{5}}{2}a\right)^2$

$\Rightarrow TS = SL - TL = \sqrt{2a^2 - R_{min}^2} - \dfrac{\sqrt{5}}{2}a$

По теореме Пифагора в $\triangle O_1TS$:

$O_1T^2 = TS^2 + O_1S^2 \Rightarrow \dfrac{a^2}{4} = R_{min}^2 + TS^2$

$\Rightarrow 3a^2 = a\sqrt{5}\sqrt{2a^2 - R_{min}^2} \Rightarrow R_{min}^2 = \dfrac{a^2}{5} \Rightarrow R_{min} = \dfrac{a}{\sqrt{5}}$

Ответ: $R_{min} = \dfrac{a}{\sqrt{5}} = \dfrac{225 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{5}} \approx 103{,}5 \cdot 10^{-2}$ м $= 103{,}5$ см чистовик

№3. 9. 1.

Дано:

$R = 1$ м

$r = 0{,}25$ м

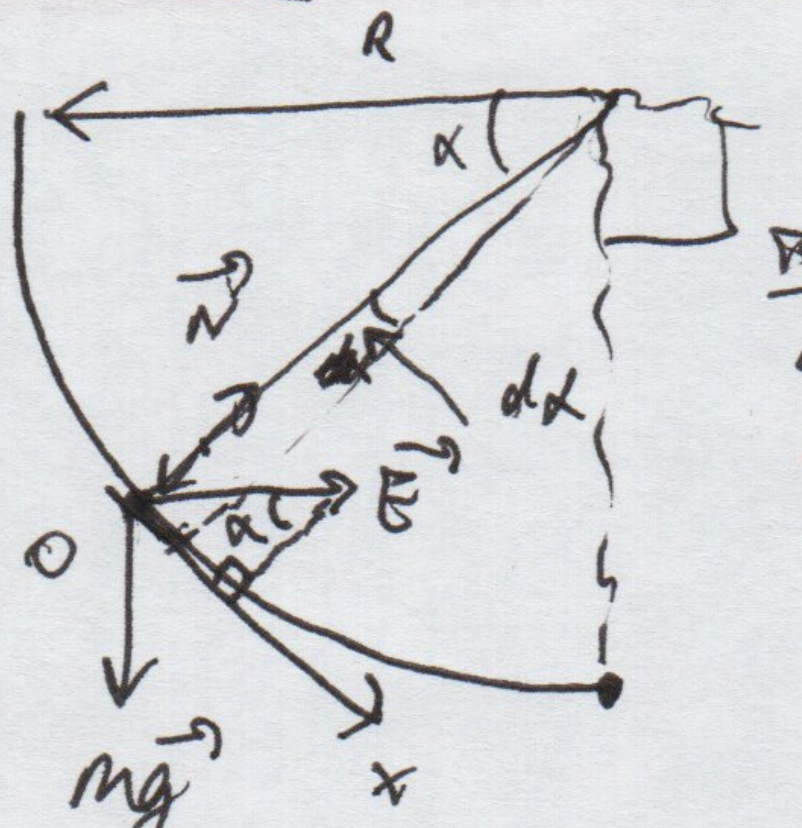
$m = 10^{-3}$ кг

$q = 10^{-6}$ Кл

$E = 10^{3}\ \frac{В}{м}$

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

υ_{max} – ?



~~Решение~~ Введём систему отсчёта, связанную с пластмассовой спицей. Она инерциальна, т.к. покоится относительно ИСО, связанной с Землёй.

Рассмотрим сначала движение бусинки по дуге радиуса R.

Найдём работу A_E силы $\vec{F_E}$, действующей со стороны электрического поля $\vec{E}$ на бусину.

Поделим всю дугу на малые участки длиной $R \cdot d\alpha$, $d\alpha \to 0$. Пусть в некоторый момент бусинка находится в точке, радиус-вектор к которой из центра дуги составляет угол α с горизонталью. Направим ось $\vec{Ox}$ по касательной к дуге в этой точке.

(а) Запишем Второй Закон Ньютона (в ИСО, связанной со спицей, для бусины, которую можно считать мат. точкой) в проекции на ось $\vec{Oy}$

далее →

Тогда работа dA_E силы $\vec{F_E}$ на этом маленьком участке равна

$dA = F_E \cdot R \cdot d\alpha \cdot \sin\alpha = R \cdot E \cdot q \cdot \sin\alpha\, d\alpha$

$\Rightarrow \quad A_E = \int_0^{\frac{\pi}{2}} R E q \sin\alpha\, d\alpha = R \cdot E \cdot q \cdot (-\cos\alpha)\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = R \cdot E q$

~~Поскольку систему тел "Земля - спица - бусина - источник эл. поля" можно считать замкнутой,~~

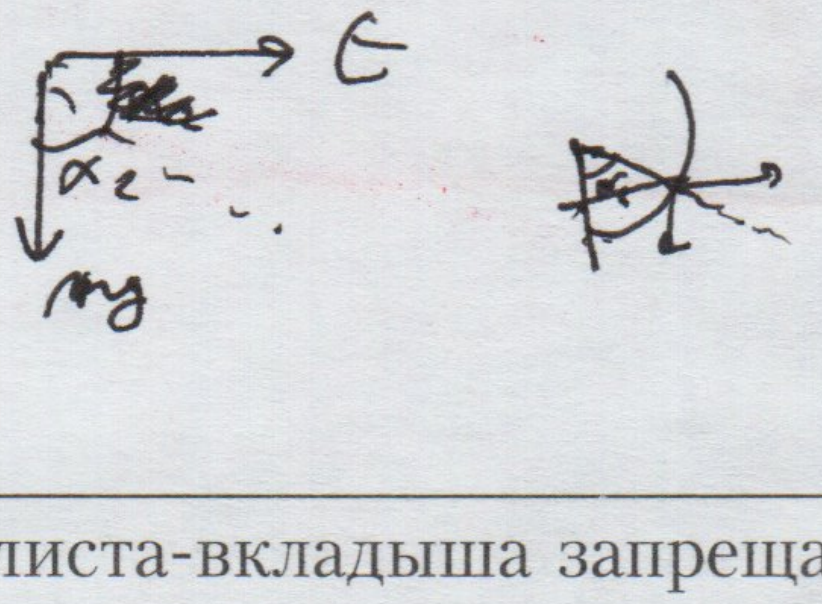
Запишем для бусины Закон Сохранения Энергии, пренебрегая трением и другими потерями энергии:

$\frac{m\upsilon_0^2}{2} + mgR + A_E = \frac{m\upsilon_2^2}{2}$, где υ_2 – скорость бусины в конце дуги

mgR – изменение потенциальной энергии

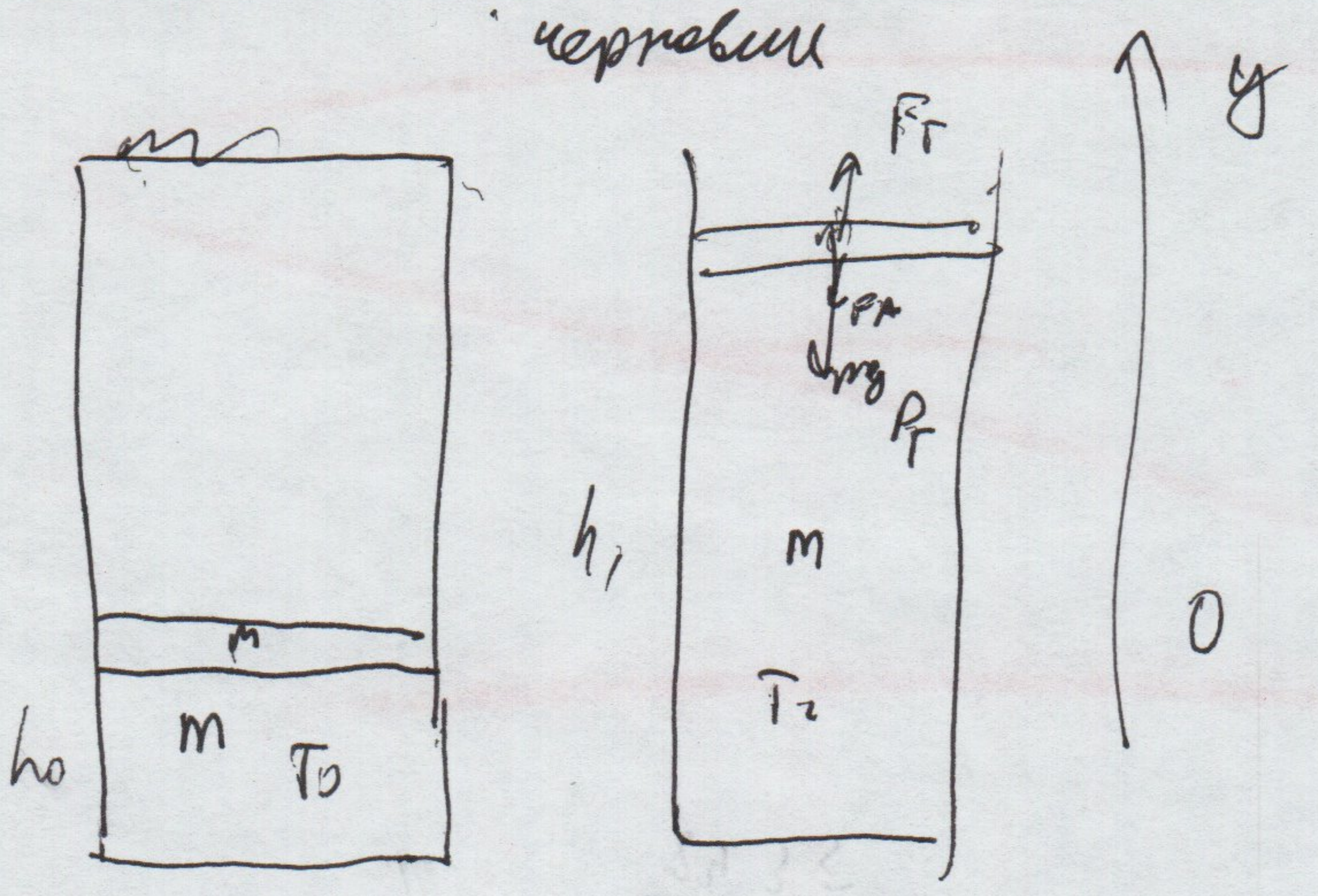
Аналогично $A_{2E} = Eqr \cdot (-\cos\alpha_2 + 1)$

$- mgr(1-\cos\alpha_2) + \frac{m\upsilon_2^2}{2} + Eqr(-\cos\alpha_2 + 1) = \frac{m\upsilon_m^2}{2}$



12-22-04-32
(47.5)

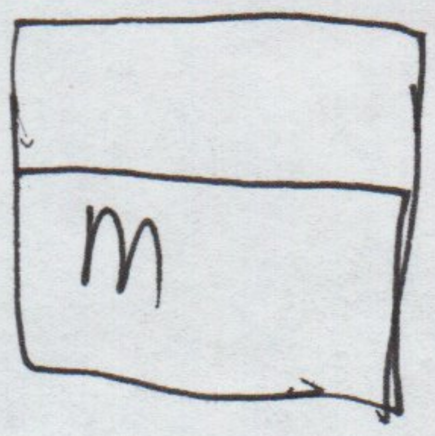
черновик



15-05
-13-05
2-00

$p_T h_T S = \frac{m}{\mu} R T_2$ $\quad P_1 V_1 = \nu R T_2$

$\nu = \frac{m}{\mu}$ $\quad V_1 = h_1 \cdot S$



$P_1 h_1 S = \frac{m}{\mu} R T_2$

$-F_H + mg + F_T = 0$

$P_1 \cdot S - mg - P_0 S = 0$

$P_1 = \frac{mg + P_0 S}{S}$

$\frac{P_H V}{T_0} = \frac{P_{H2} V_2}{T_2}$

$\frac{P_H}{P_{H2}} \cdot \frac{V}{V_2} = \frac{T_0}{T_2}$

$(mg + P_0 S) h_1 = \frac{m}{\mu} R T_2$

$h_1 = \frac{\frac{m}{\mu} R T_2}{mg + P_0 S}$

$h_0 S \cdot \rho = m$ $\quad \Delta h = h_1 - h_0 = m\left(\frac{1}{S\rho} - \frac{R T_2}{\mu(mg + P_0 S)}\right)^2$

$h_0 = \frac{m}{S\rho}$

$= 0{,}009 (\frac{1}{}$

$\frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{P_H}{P_{H2}} =$

$9 \cdot 10^{-3}\left(\frac{10}{1} - \frac{18 \cdot 2}{332 \cdot 10}\right) =$

$= 8299 \cdot 10^{-4} =$

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

$$\frac{a^2}{4} - \cancel{R_{min}^2} = 2a^2 - \cancel{R_{min}^2} + \frac{5}{4}a^2 - \sqrt{2a^2 - R_{min}^2}\cdot\sqrt{5}\cdot a$$

$$\frac{3a^2}{\sqrt{5}} = a\sqrt{2a^2 - R_{min}^2}$$

$$\frac{9}{5}a^2 = \frac{10a^2}{5} - R_{min}^2$$

$$R_{min}^2$$

$$\frac{\left(\frac{45a}{20}\right)^2}{5} = \frac{45\cdot 9}{20} = \frac{9\cdot 9}{4\cdot 20} = \frac{9}{4}\cdot\frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$\frac{9}{4\cdot 2,3}$$

$$\frac{2,25}{\sqrt{5}} = 4,5\cdot\sqrt{5}$$

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times\ 4,5 \\ \hline 115 \\ 92 \\ \hline 103,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times\ 2,3 \\ \hline 15 \\ 12 \\ 10 \\ 88 \\ \hline 8435 \end{array}$$

Шифр

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

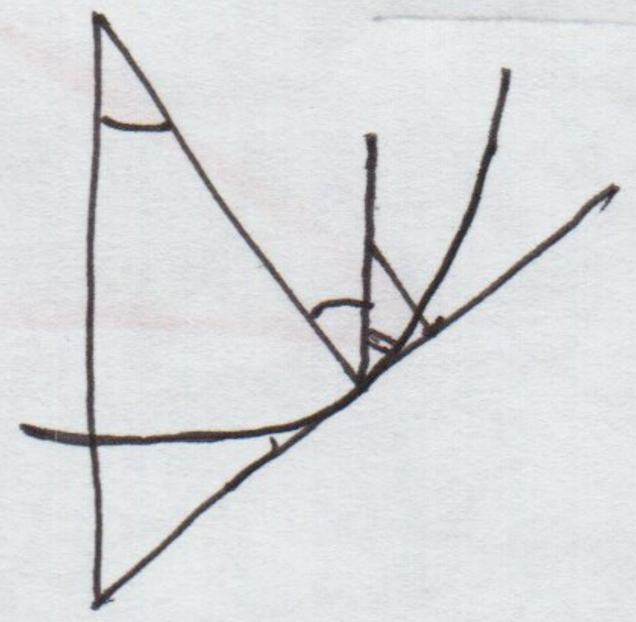
Черновик

$F(\alpha) = E_q \sin\alpha$

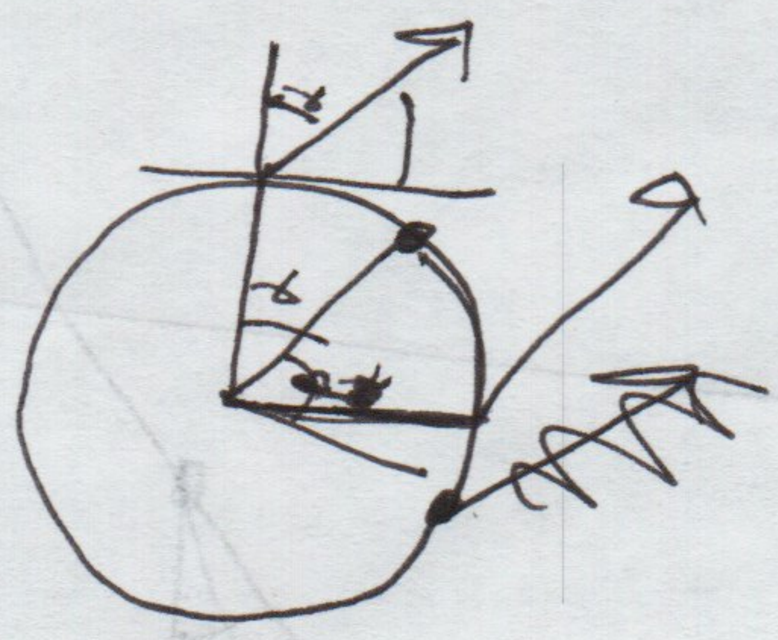
$A = \int_0^{\pi/2} E_q R \sin\alpha\, d\alpha = E_q R \int_0^{\pi/2} \sin\alpha\, d\alpha =$

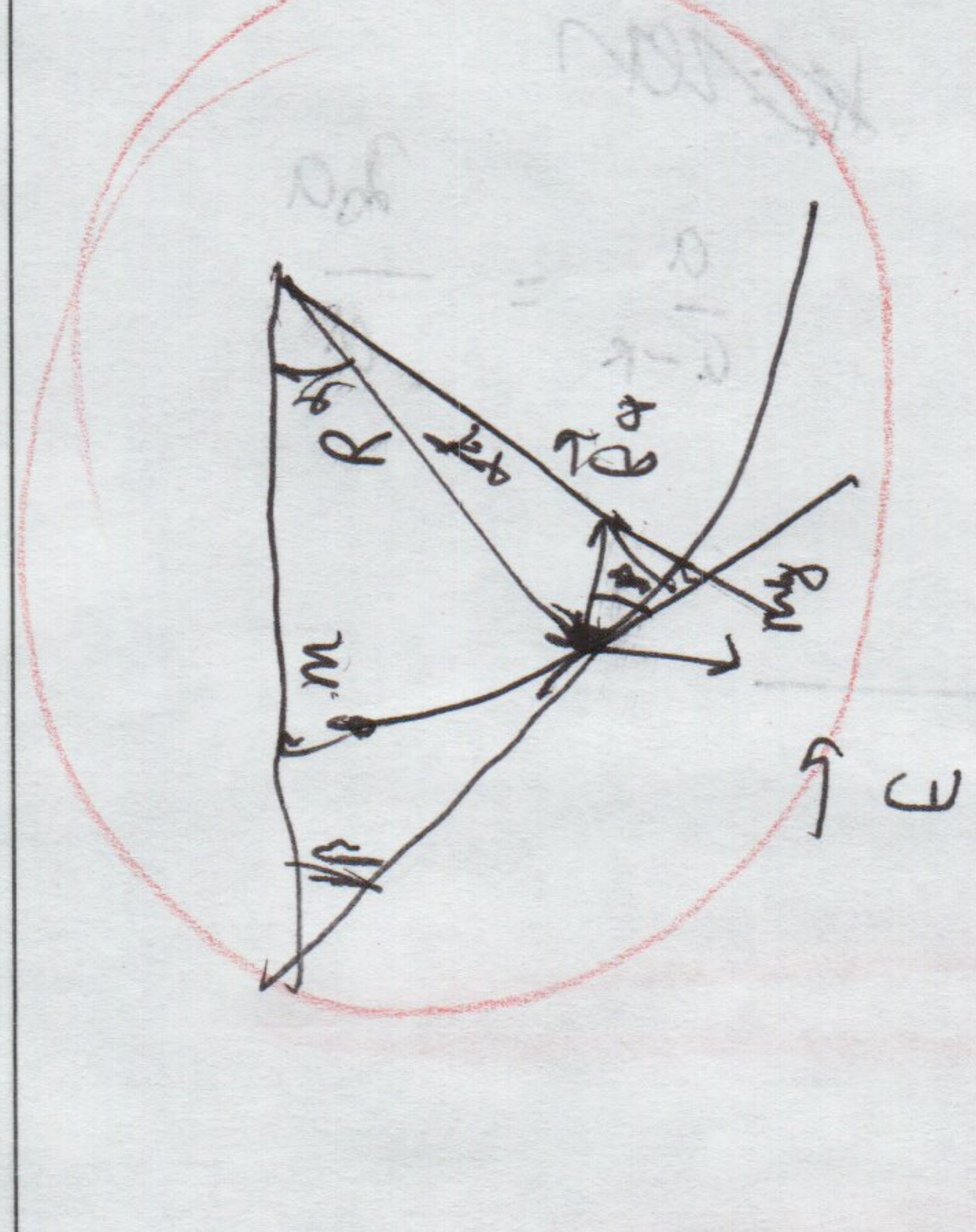
$= -\cos\alpha \Big|_0^{\pi/2} E_q R =$

$= E_q R$

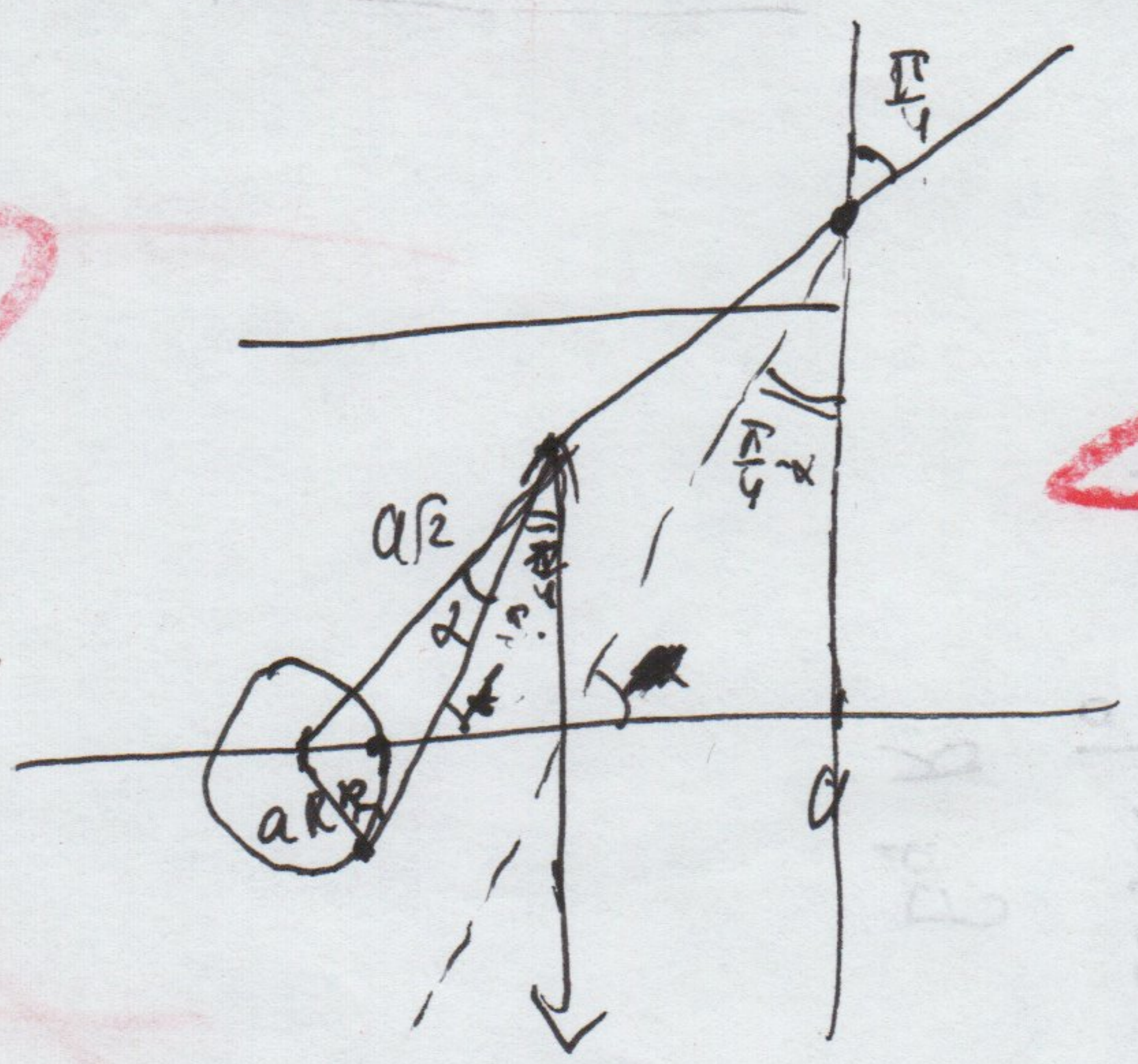


$F \cdot \cos\alpha$



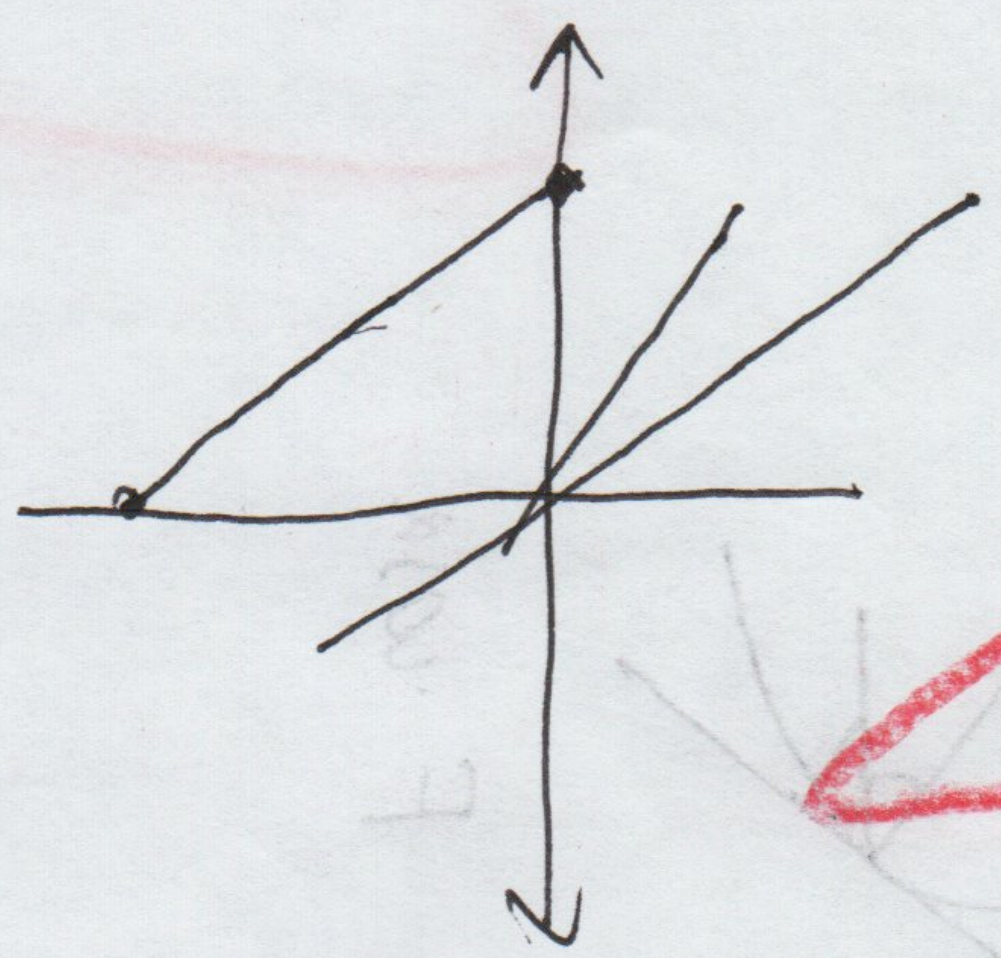


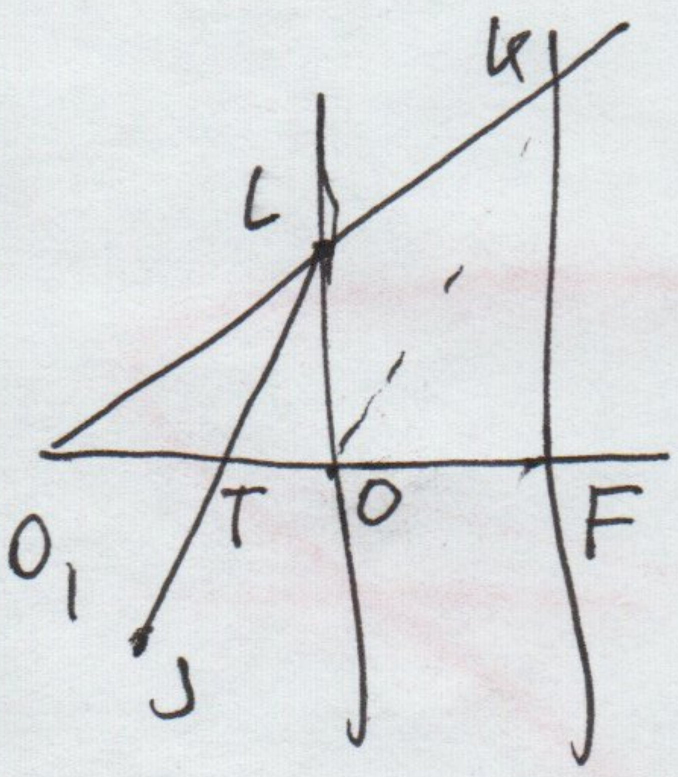
черновик

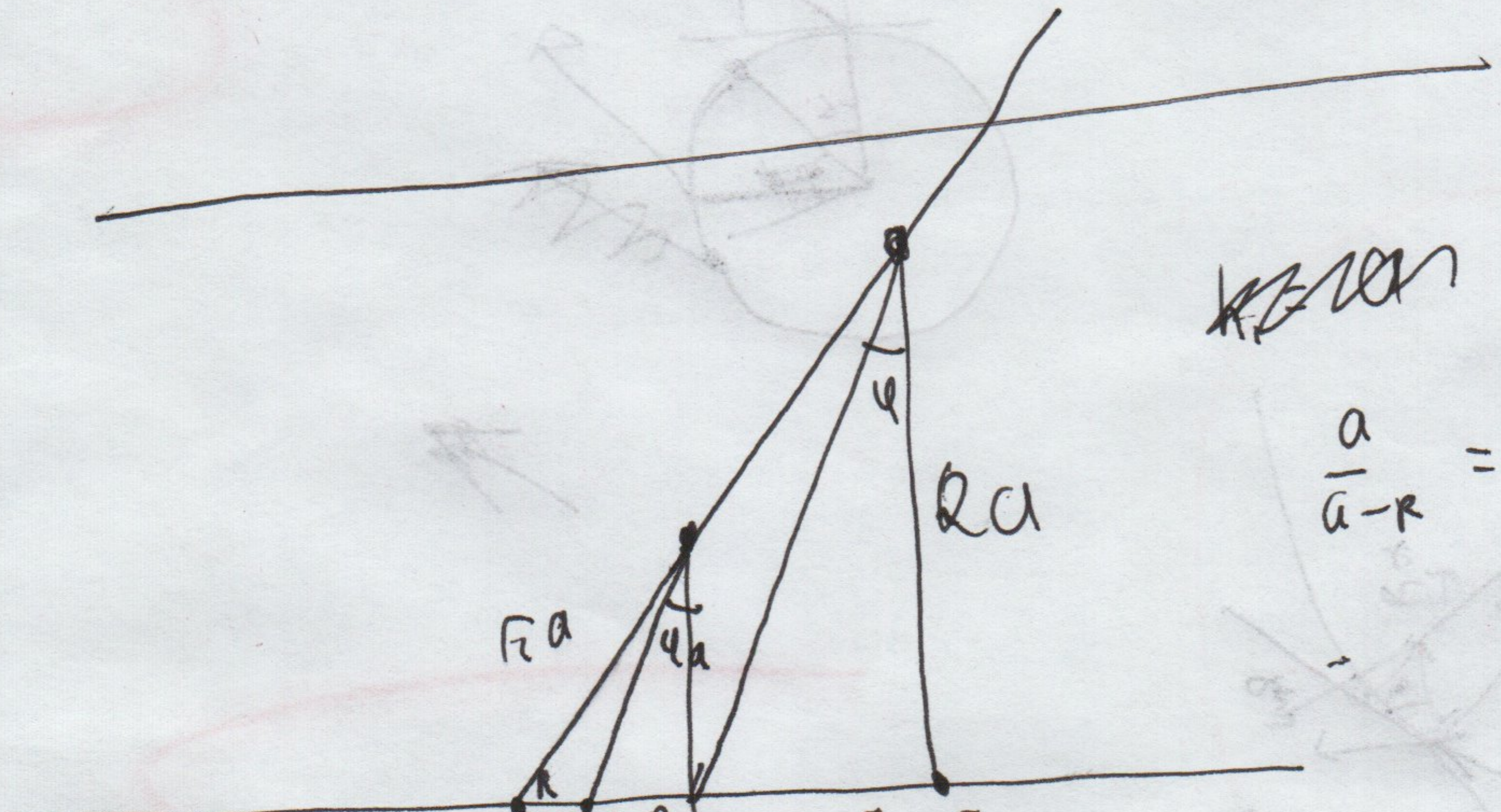


$tg\,\alpha = \frac{R}{a\sqrt{2}}$

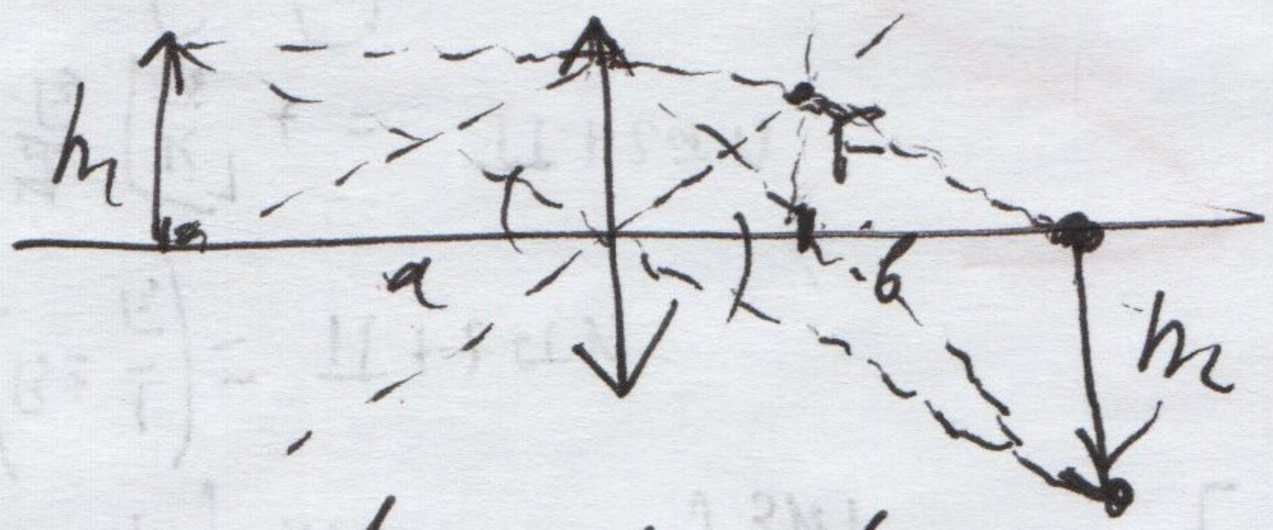
$\sqrt{2a^2 - R^2}$







$\frac{a}{a-R} = \frac{2a}{d}$



$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$, де a – ра..., b – ..., F – фок. расст.

$\frac{h_1}{h_2} = \frac{a}{b} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{h_2}{h_1} = \Gamma \Rightarrow \frac{b}{L} = \Gamma$

$b = \Gamma L$

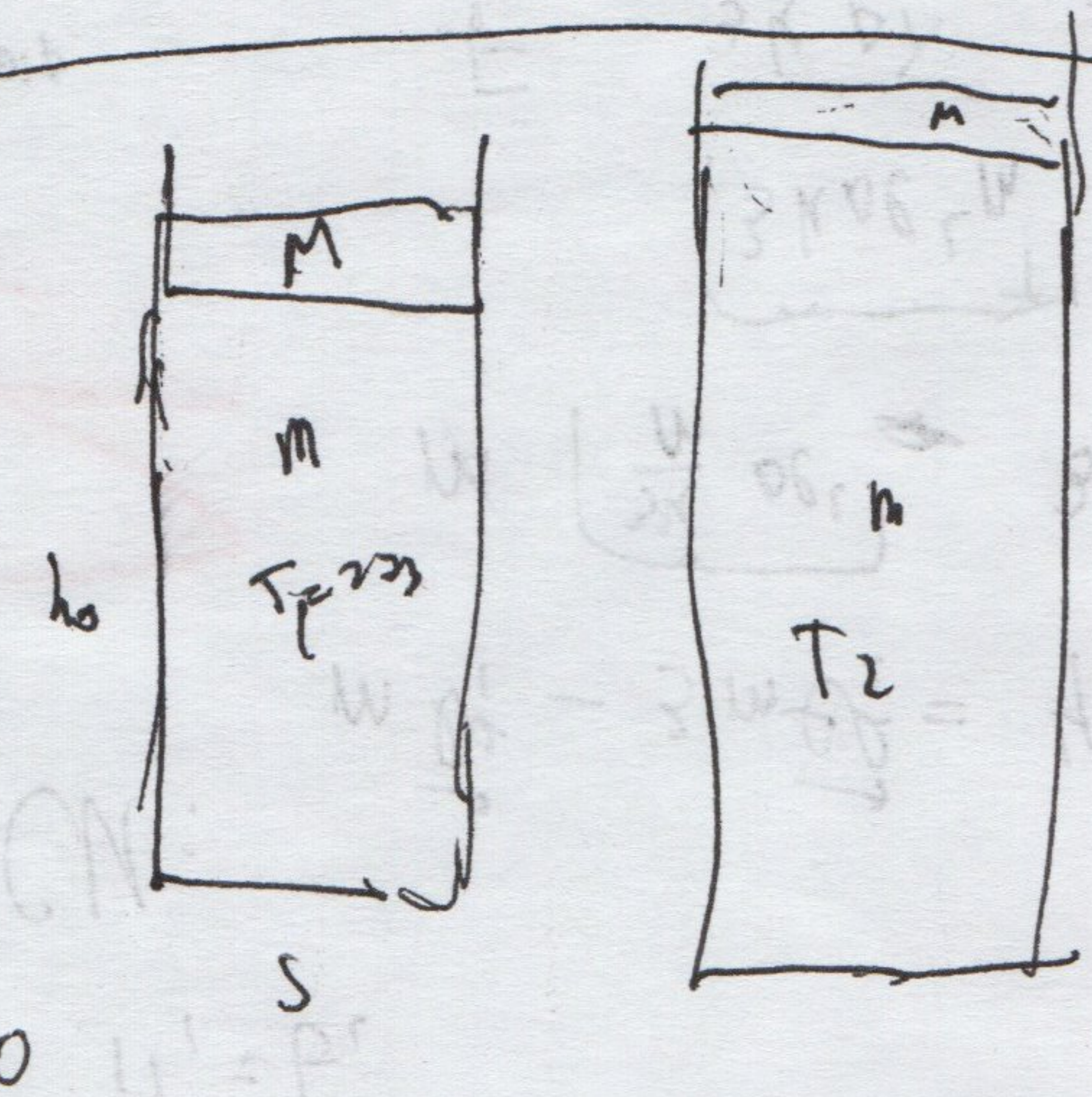
$a + b = L$

$\frac{1}{L} + \frac{1}{\Gamma L} = \frac{1}{F} = D$

$\frac{a}{L-a} = \frac{1}{\Gamma}$ $\quad \Gamma a = L - a$ $\quad a = \frac{L}{\Gamma + 1}$

$D = \frac{(\Gamma+1)L}{\Gamma L^2} = \frac{0,8 \cdot 4}{3 \cdot 0,64} = \frac{4}{3 \cdot 0,8} = \frac{40}{3 \cdot 8} = \frac{5}{3} = 1\frac{2}{3} =$

$\approx \boxed{1,667 \text{ Дптр.}}$



ШО

$Mg + P_0 S = P_1 S$

$\frac{\Gamma+1}{L} + \frac{\Gamma+1}{\Gamma L} = \frac{1}{F} = D$

$\frac{(1+\Gamma)(\Gamma+1)}{\Gamma L} = D$

$\frac{4 \cdot 4}{3 \cdot 0,8} = \frac{160}{3 \cdot 8} = \frac{20}{3} \approx$

$\approx 6,667$

чернетка