0 749700 490000

74-97-00-49
(49.8)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Ветрова Алексея Николаевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«05» марта 2023 года

Подпись участника

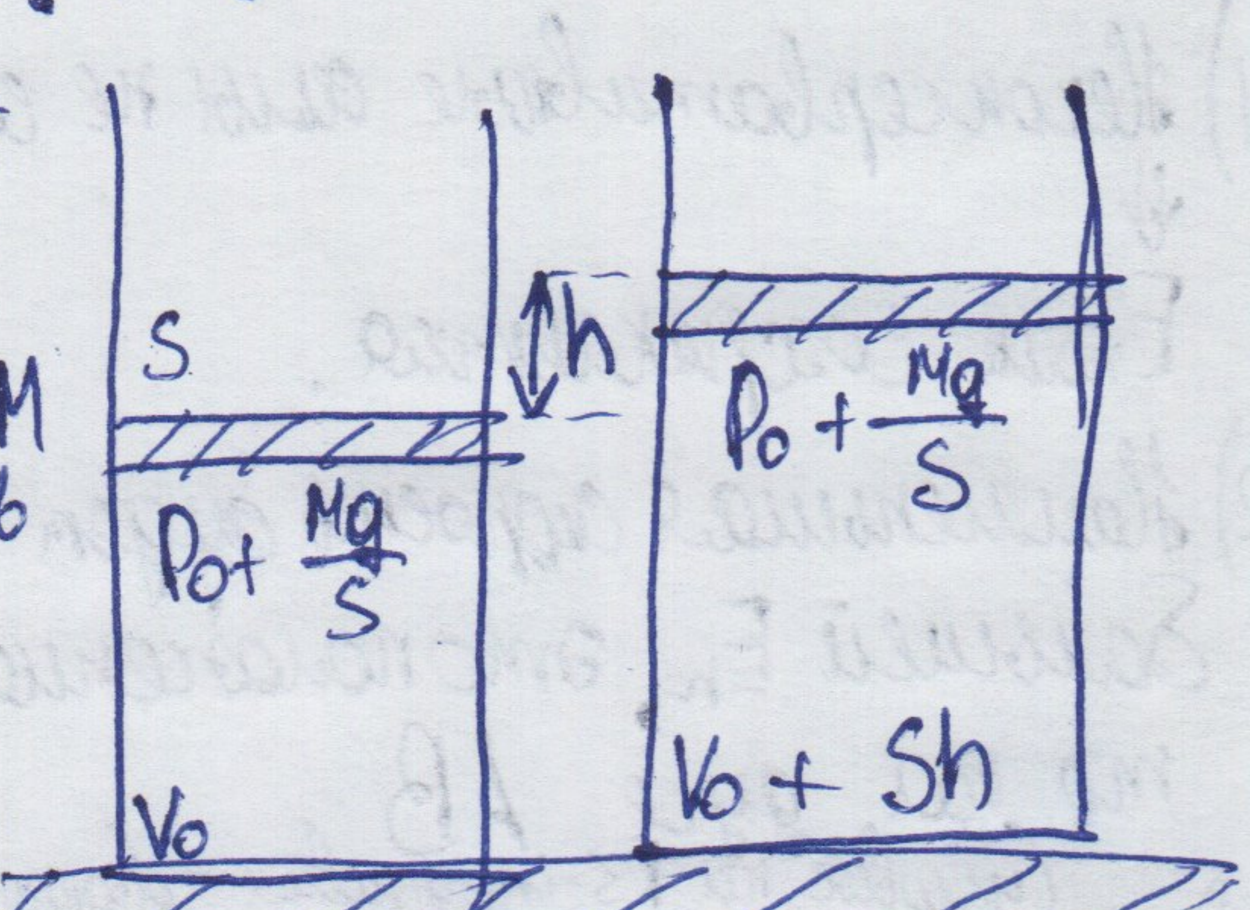
74-97-00-49 (49.8)

№2.9.2.

1) $P_{конечн} = 10^5 + \frac{10^3}{10^{-2}} = 2\cdot 10^5 < \underbrace{2{,}5\cdot 10^5}_{P_{нас.\,пара}}$

$\Downarrow$

Пар не насыщенный $\Rightarrow$ вся вода испарилась



$T_{кон} = 127 + 273 = 400K.$

2) $V_0 = \frac{m}{\rho_в}$

$\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right)(V_0 + Sh) = \frac{m}{\mu}RT$

$P_0V_0 + \frac{MgV_0}{S} + Mgh + P_0Sh = \frac{m}{\mu}RT$

$m\left(\frac{P_0}{\rho_в} + \frac{Mg}{S\rho_в} - \frac{RT}{\mu}\right) = -P_0hS - Mgh$

$m\left(\underbrace{\frac{8{,}31\cdot 400}{18\cdot 10^{-3}}}_{\approx 10^5} - \underbrace{\frac{10^5}{10^3} - \frac{10^5}{10^3}}_{\approx 10^2}\right) = P_0hS + Mgh$

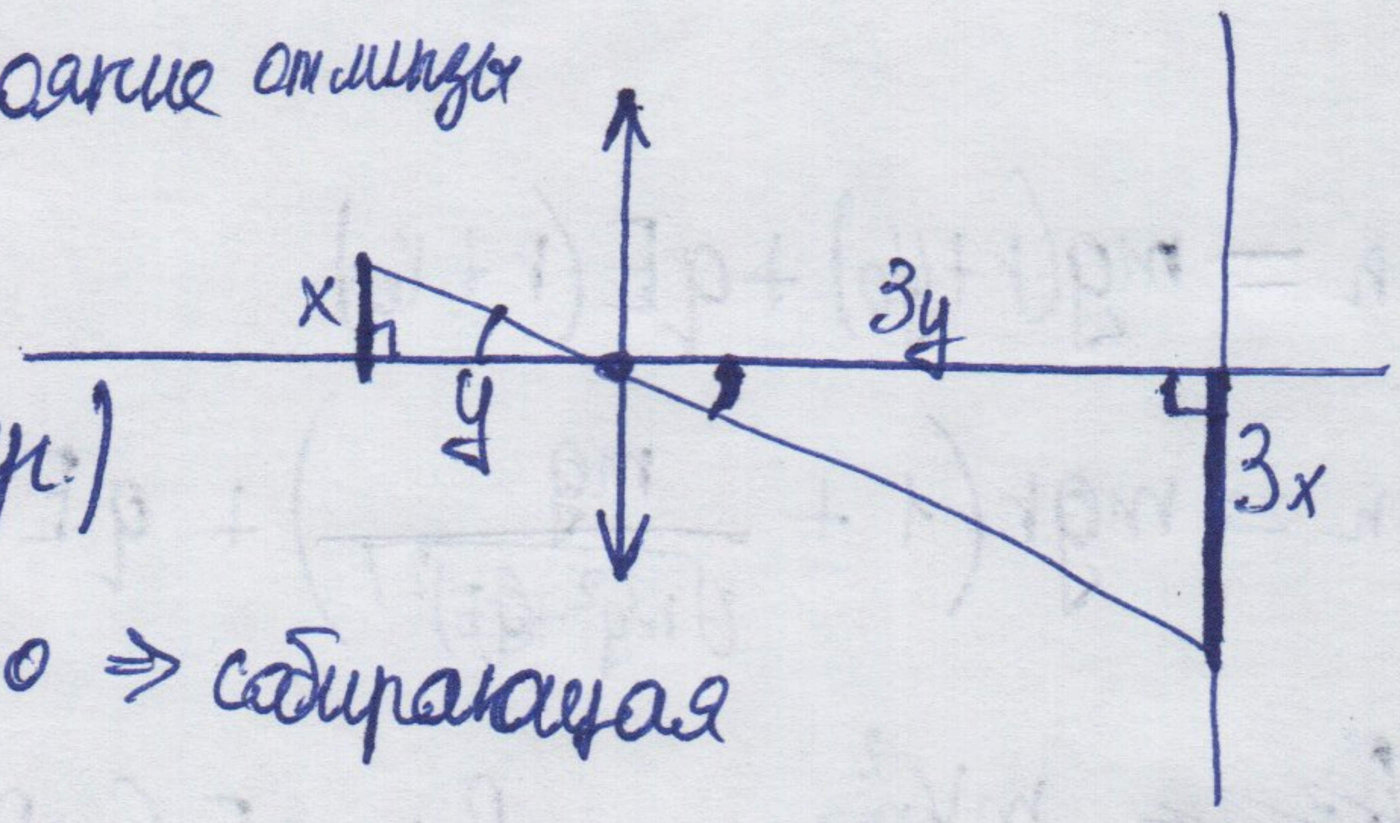
$\approx 10^2 \Rightarrow$ можно пренебречь

$m = \frac{(P_0hS + Mgh)\mu}{RT} = \frac{(10^5\cdot 0{,}83\cdot 10^{-2} + 0{,}83\,10^3)\cdot 18\cdot 10^{-3}}{8{,}31\cdot 400} =$

$= \frac{1{,}66\cdot 10^{-3}\cdot 18\cdot 10^{-3}}{8{,}31\cdot 400} = \frac{18\cdot 1{,}66}{8{,}31\cdot 4}\cdot 10^{-8}$ кг

№4.5.2.

1) Увеличение в 3 раза $\Rightarrow$ расстояние от линзы до изобр в 3 р. больше, чем до предмета (из подобия треуг)



2) Ф-ла тонкой линзы: $D > 0 \Rightarrow$ собирающая

$D = \frac{1}{y} + \frac{1}{3y}$ ⊕

$3y\cdot D = 4 \Rightarrow y = \frac{4}{3D}$; $3y = \frac{4}{D} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ м. ⊖

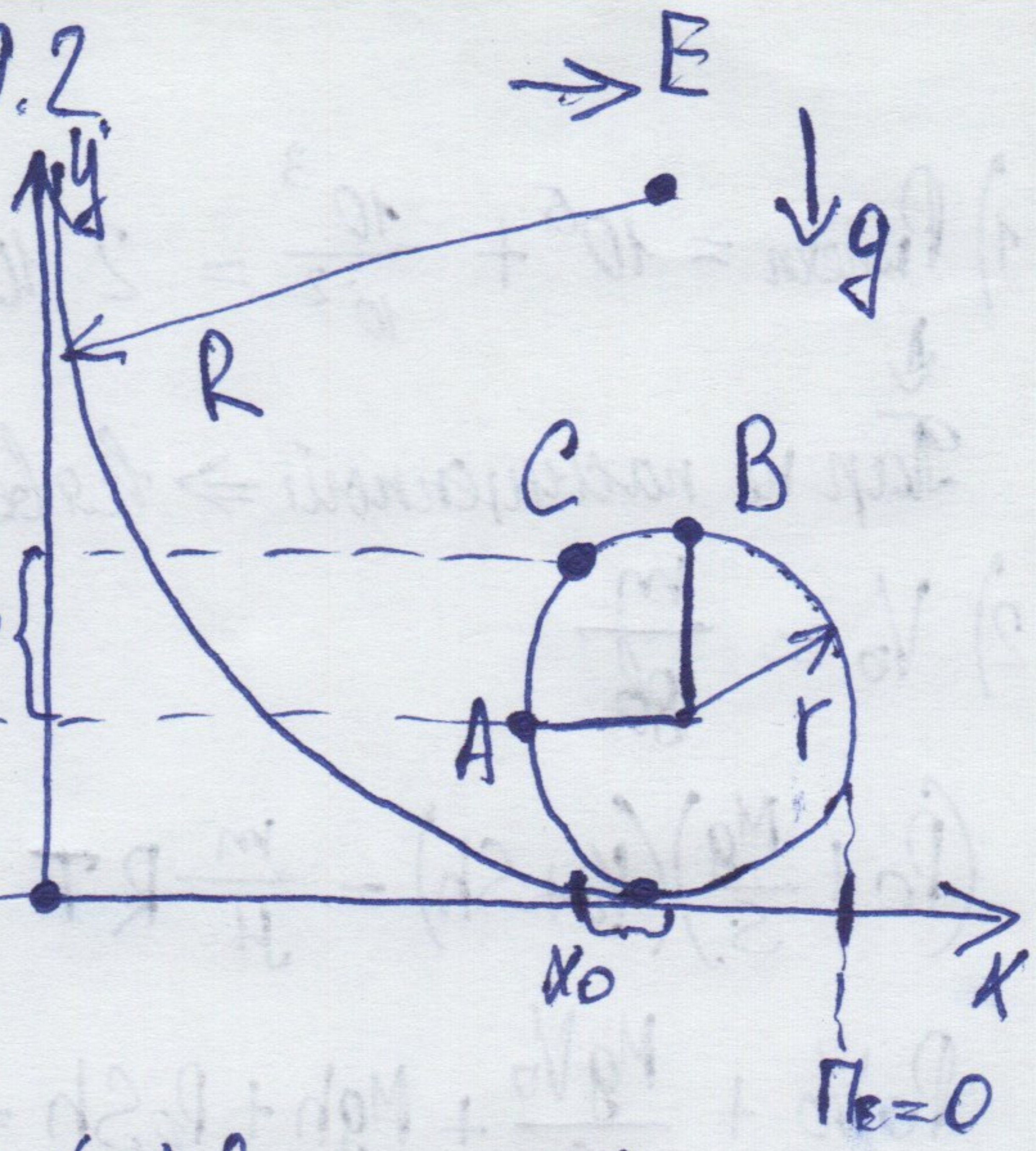
Ответ: $\frac{2}{3}$ м.

1	2	3	4	5	Σ
3	18	20	12	20	73

(семьдесят три)

Чугунов
Голованин
Харьковская
Птицын
Киселева

№3.9.2



1) Неконсервативные силы не сов работу

⇓

$E_{полн}$ сохраняется.

2) Наименьшая скорость будет при наибольшей E_n, это положение будет где-то на дуге AB

(условие на $r \leq$ из условия говорит о том, что дужка не остановится)

3) $E_n = mgy + qEx$ — $П_y = 0$

$x^2 + y^2 = r^2$ – уравнение окр-ти (если (0,0) в ее центре)

$E_n = mgy + qE\sqrt{r^2 - y^2}$

$$\boxed{\begin{aligned} qE &= 10^{-3}\ Н \\ mg &= 10^{-2}\ Н \end{aligned}}$$

$f'(y) = mg + \frac{qE\cdot(-2y)}{2\sqrt{r^2-y^2}} = 0$ – экстремум

$\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2} = \sqrt{10^{-4} + 10^{-6}} = \sqrt{101\cdot10^{-6}} = 10^{-3}\cdot\sqrt{101}$

$mg = \frac{qEy}{\sqrt{r^2-y^2}} \Rightarrow m^2g^2\cdot(r^2-y^2) = (qEy)^2$

$(mgy)^2 + (qEy)^2 = (mgr)^2 \Rightarrow y^2 = \frac{(mgr)^2}{(mg)^2 + (qE)^2}$

$y_0 = \frac{mgr}{\sqrt{(mg)^2 + (qE)^2}}$; $x_0 = \sqrt{r^2 - r^2\frac{(mg)^2}{(mg)^2+(qE)^2}} =$

$= r\sqrt{1 - \frac{(mg)^2}{(mg)^2 + (qE)^2}} =$

$= r\sqrt{\frac{(qE)^2}{(mg)^2 + (qE)^2}}$

4) $E_n = mg(r + y_0) + qE(r + x_0)$

$E_n = mgr\left(1 + \frac{mg}{\sqrt{mg^2 + (qE)^2}}\right) + qEr\left(1 + \sqrt{\frac{(qE)^2}{(mg)^2 + (qE)^2}}\right)$

$\cancel{V_{min} =}$ $\frac{mV_{min}^2}{2} = mgR + qE(r+R) - E_n$

$V_{min}^2 = 2gR + \frac{2qE(r+R)}{m} - \frac{2E_n}{m} = 20\cdot1 + \frac{2\cdot\cancel{10^{-3}}\cdot1,25}{\cancel{10^{-3}}} -$

$- \frac{2}{10^{-3}}\cdot\left(0,25\cdot10^{-2}\cdot\left(1 + \underbrace{\frac{10^{-2}}{10^{-3}\cdot\sqrt{101}}}_{\approx1}\right) + 10^{-3}\cdot0,25\cdot\left(1 + \frac{\cancel{10^{-3}}}{\cancel{10^{-3}}\underbrace{\sqrt{101}}_{\approx10}}\right)\right) =$

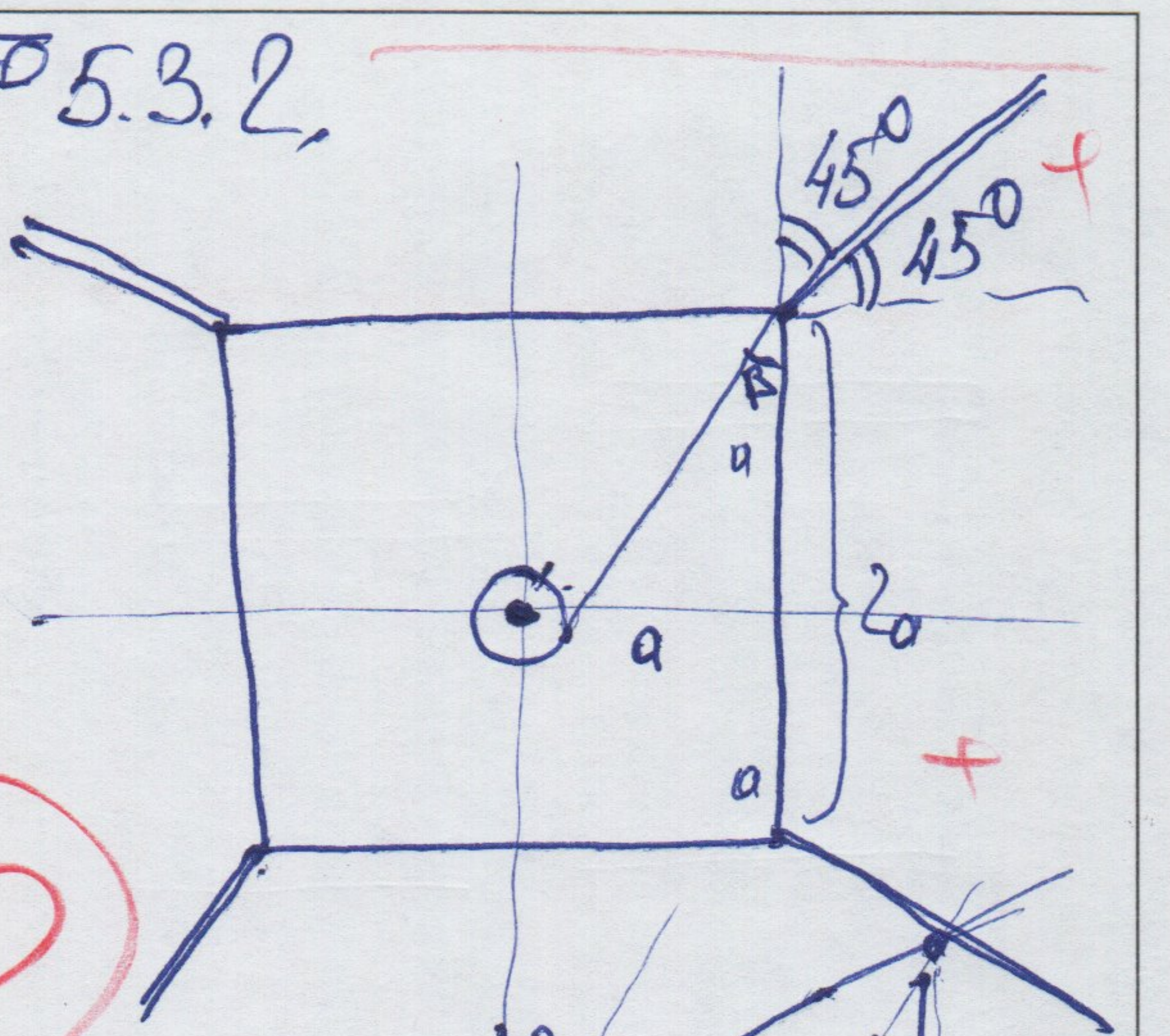
$= 20 + 2,5 - 2\cdot10^3\cdot(25\cdot10^{-4}\cdot2 + 25\cdot10^{-5}\cdot1,1) = 22,5 - \frac{4\cdot25}{10} - 50\cdot1,1\cdot10^{-2} =$

$= 22,5 - 10 - 0,55 = 12,5 - 0,55 = 11,95 \Rightarrow V_{min} \approx \sqrt{11,95}$ м/с.

74-97-00-49
(49.8)

№ 5.3.2.

1) Все пр-во будет освещено, если луч, выходящий из края линзы будет идти под углом 45^0.



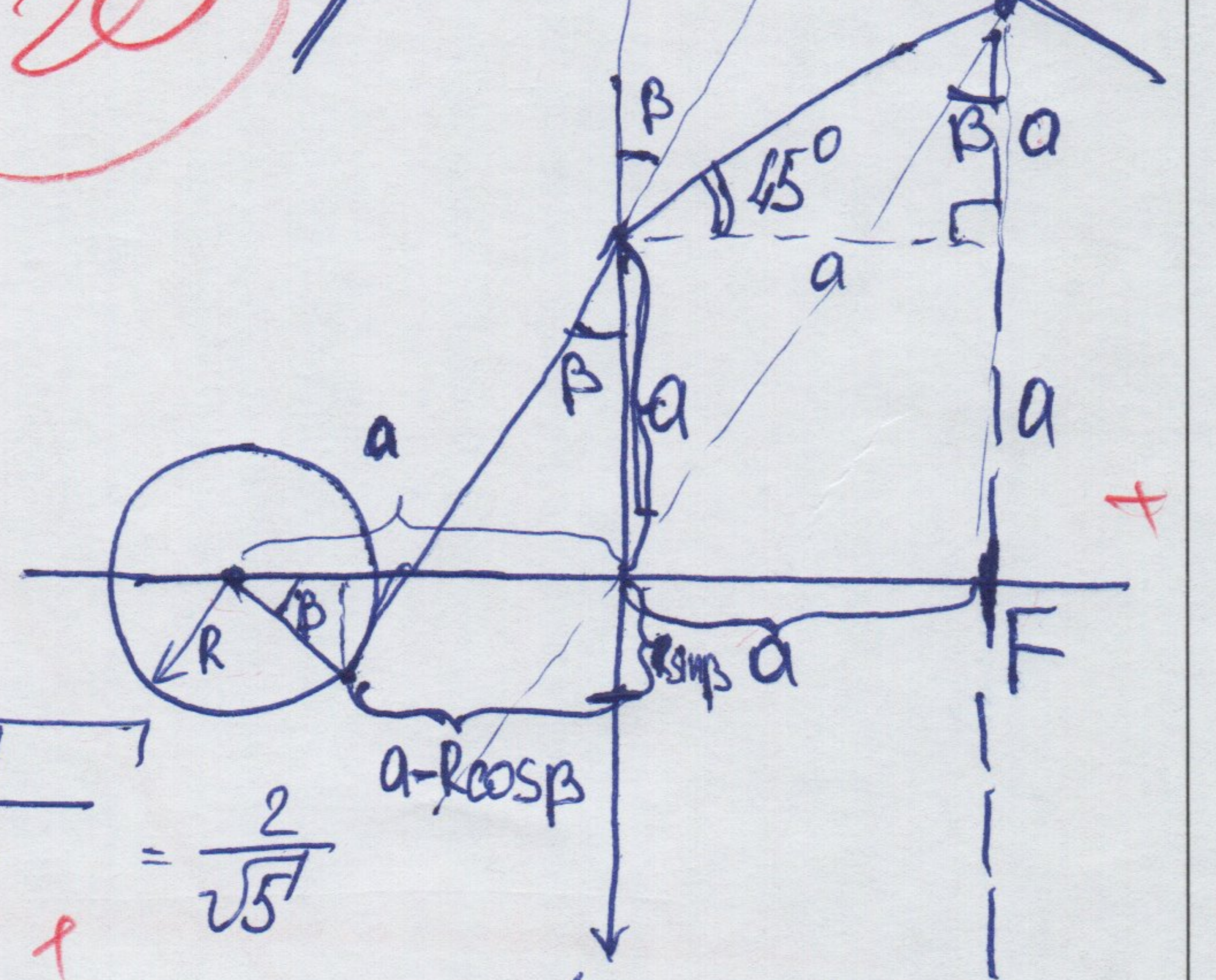
2) $tg\beta = \frac{a}{2a} = \frac{1}{2}$ (из треуг.)

20

$\frac{1}{2} = \frac{a - R\cos\beta}{a + R\sin\beta}$

$2a - 2R\cos\beta = a + R\sin\beta$

$a = R(2\cos\beta + \sin\beta)$



$1 + tg^2\beta = \frac{1}{\cos^2\beta}$

$\cos\beta = \sqrt{\frac{1}{1+tg^2\beta}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{5}{4}}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

— это максимальный β

$a = F$ (из условия, т.к. такова схема квадрата)

$\sin\beta = \sqrt{1 - \frac{4}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$

$a = R \cdot \left(\frac{4}{\sqrt{5}} + \frac{1}{\sqrt{5}}\right) = \sqrt{5}R$ — a максимальное

При уменьшении a угол β будет меньше ⇒ перекроется вся площадь.
(т.к. край сферы ближе к линзе).

$a_{min} = R$

⇓

$R \le a \le \sqrt{5}R$

Ответ: $F \in [2{,}25 ; 2{,}25 \cdot \sqrt{5}]$ см

№1.22.

1) Знаем $W_0 = \frac{3k\cdot\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2} + \frac{k\cdot\left(\frac{L}{2}\right)^2}{2}$

2) В момент удара имп. по x сохраняется (внешние силы конечны, $\Delta t \to 0$)

$$\cancel{m}v_1 \mp 3\cancel{m}v_2 = 4\cancel{m}v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{v_1 \mp 3v_2}{4}$$

$$\cancel{m}v_1 = \cancel{m}\cdot\frac{L}{2}\cdot\sqrt{\frac{3k}{m}}\cdot\sin\left(\pi\cdot\frac{\sqrt{\frac{3k}{\cancel{m}}}}{\sqrt{\frac{3k}{\cancel{m}}}+\sqrt{\frac{k}{3\cancel{m}}}}\right) \Rightarrow \sin\left(\pi\cdot\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)$$

Энергия частично переходит в тепло (неупругий удар)

$$3\cancel{m}v_2 = \cancel{3m}\cdot\frac{L}{2}\cdot\sqrt{\frac{k}{3m}}\cdot\sin\left(\pi\cdot\frac{\sqrt{\frac{k}{3\cancel{m}}}}{\sqrt{\frac{3k}{\cancel{m}}}+\sqrt{\frac{k}{3\cancel{m}}}}\right) \Rightarrow \sin\left(\pi\cdot\frac{\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)$$

$\Downarrow$

$$v_0 = \frac{\frac{L}{2}\cdot\sqrt{\frac{3k}{m}}\cdot\sin\left(\frac{\pi\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right) - \cancel{3}\cdot\frac{L}{2}\cdot\sqrt{\frac{3k}{\cancel{3}m}}\cdot\sin\left(\pi\cdot\frac{\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)}{4} =$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{3k}{m}}\cdot\frac{L}{2}\cdot\left(\sin\frac{\pi\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}} - \sin\frac{\pi\cdot\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)}{4}$$

$$x_0 = -\frac{L}{2}\cdot\cos\left(\frac{\omega_1\pi}{\omega_1+\omega_2}\right) = -\frac{L}{2}\cdot\cos\left(\pi\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)$$

$$W_{п0} = \frac{kx_0^2}{2} + \frac{3kx_0^2}{2} = 2kx_0^2 = 2k\cdot\frac{L^2}{4}\cdot\cos^2\left(\pi\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)$$

$$\frac{4m\cdot v_0^2}{2} + W_{п0} = W = 3\text{ Дж}$$

$$\cancel{2m}\cdot\frac{\frac{3k}{\cancel{m}}\cdot\frac{L^2}{\cancel{4}_2}\cdot\left(\sin\frac{\pi\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}} - \sin\frac{\pi\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)^2}{16} + \cancel{2}k\cdot\frac{L^2}{\cancel{4}_2}\cdot\cos^2\left(\pi\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right) = W$$

$$k\left(\frac{3L^2\cdot\left(\sin\frac{\pi\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}} - \sin\frac{\pi\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)^2}{32} + \frac{L^2}{2}\cos^2\left(\pi\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)\right) = W$$

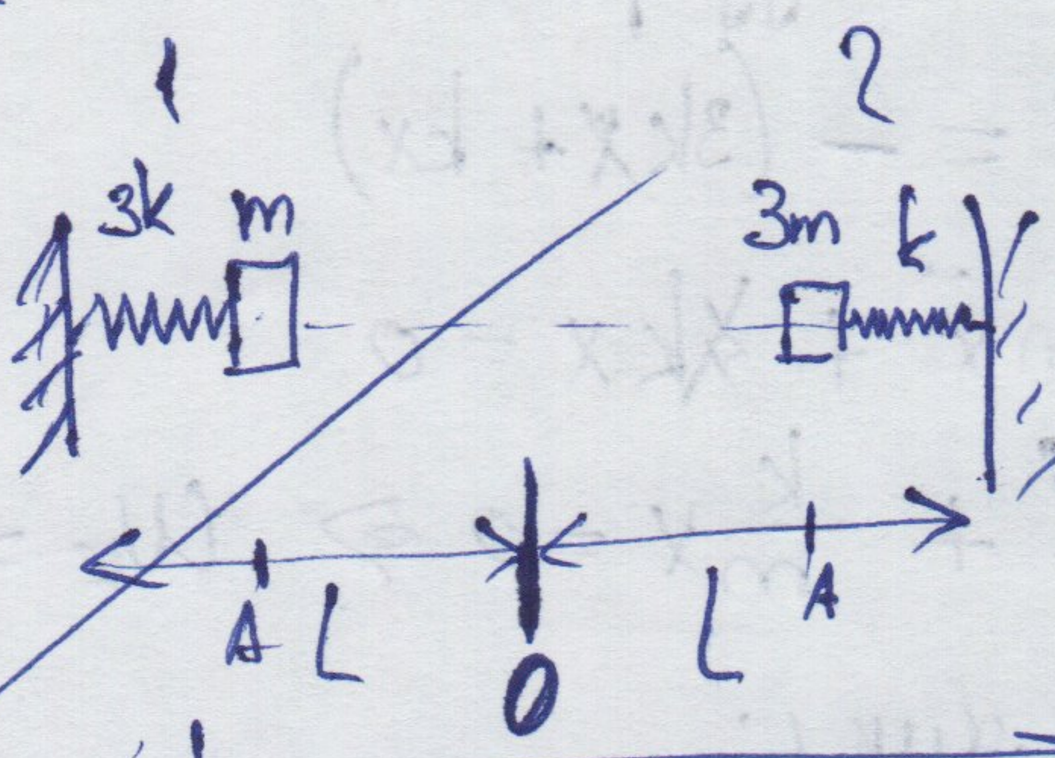
$\Downarrow$

$$3k = \frac{3W}{\frac{3L^2\left(\sin\frac{\pi\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}} - \sin\frac{\pi\cdot\sqrt{\frac{1}{3}}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)^2}{32} + \frac{L^2\cos^2\left(\pi\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}+\sqrt{\frac{1}{3}}}\right)}{2}}$$

Черновик

№1.

A = 10 см.



1) $W_1 = \sqrt{\frac{3k}{m}}$; $W_2 = \sqrt{\frac{k}{3m}}$ $\cdot 3m$

2) В ~~…~~ При ударе W пруж − 0.

3) $x = \cancel{A\sin}\ A\cos(wt)$

$V = -Aw\sin(wt) \Rightarrow V_{max} = Aw$ ~~…~~

4) $V_1 = A \cdot w_1$ ⇒ $p_1 = Aw_1 \cdot m$

$V_2 = A \cdot w_2$ ⇒ $p_2 = Aw_2 \cdot 3m$

5) $p_x = p_1 - p_2 = 4m \cdot V_k$

$\frac{4m \cdot V_k^2}{2} = W \Rightarrow$ $|Aw_1 m \cancel{\mp} Aw_2 3m| = 4m \cdot \sqrt{\frac{W}{2m}}$

$V_k = \sqrt{\frac{2W}{2\cancel{4m}}}$

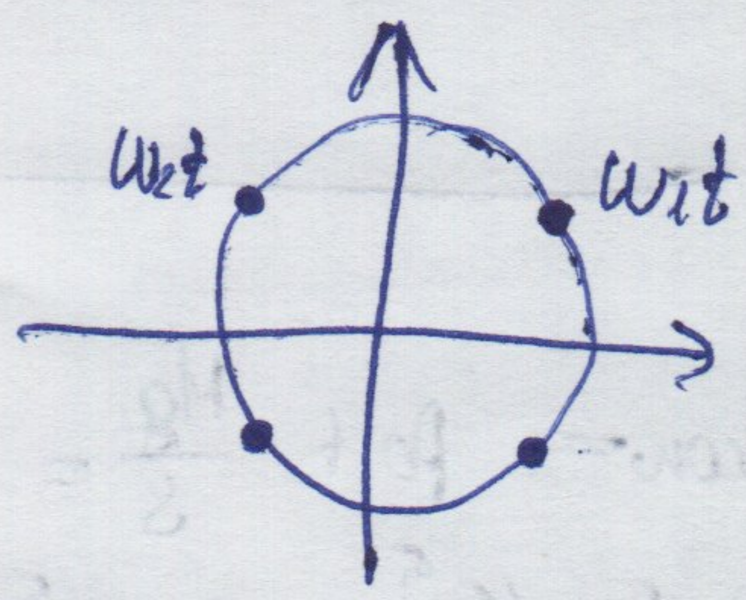
$|A \cdot \sqrt{3km} - A \cdot \sqrt{3km}|$

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

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

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

$w = \sqrt{\frac{k}{m}}$



1) $W_0 = \frac{3k \cdot A^2}{2} + \frac{k \cdot A^2}{2}$

$x_1 = -A \cdot \cos(w_1 t)$

$x_2 = A\cos(w_2 t)$

$x_1 = x_2$ − столкн.

$\cancel{A}\cos(w_1 t) = -\cancel{A}\cos(w_2 t)$

$\cos(w_1 t) = -\cos(w_2 t)$

$w_1 t + w_2 t = \pi + 2\pi n$

$t(w_1 + w_2) = \pi + 2\pi n$

$t = \frac{\pi + \cancel{2\pi n}}{w_1 + w_2}$ $\to 0$

$t_{min} \Rightarrow$ ~~…~~ удар

$t = \frac{\pi}{w_1 + w_2}$ $w_1 + w_2 =$

2) $V_1 = Aw_1 \cdot \sin(w_1 t)$

$V_2 = -Aw_2 \cdot \sin(w_2 t)$

$V_1 = A \cdot w_1 \cdot \sin\left(\frac{w_1 \pi}{w_1 + w_2}\right)$

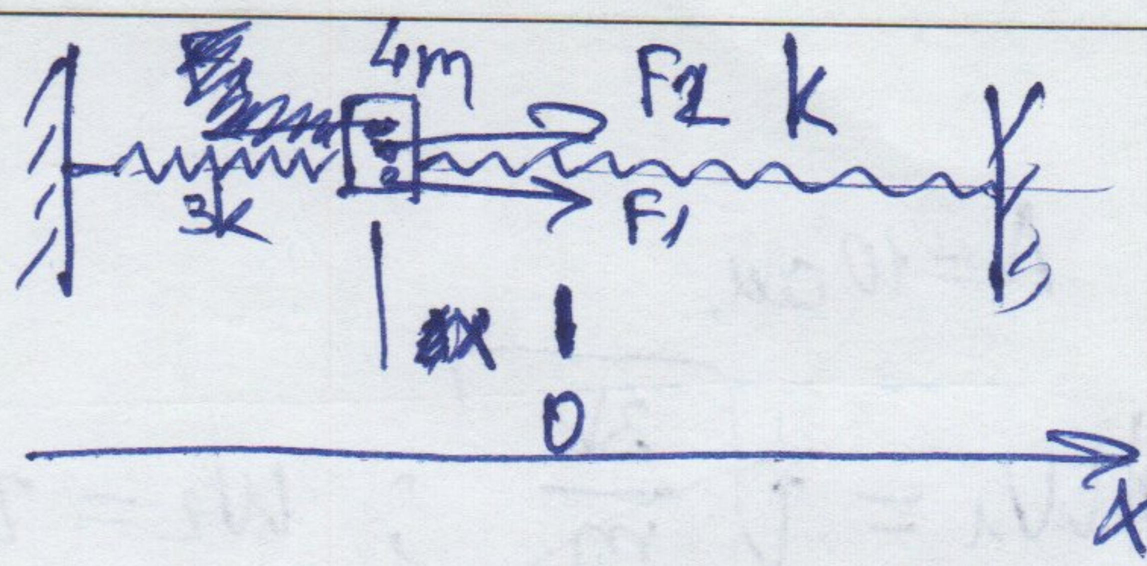
$V_2 = -A \cdot w_2 \cdot \sin\left(\frac{w_2 \pi}{w_1 + w_2}\right)$

1) $W_0 = \frac{3k \cdot A^2}{2} + \frac{k \cdot A^2}{2}$; ~~П~~ После уд. в серед:

$\frac{\cancel{4m}V_k^2}{\cancel{2}} = W \Rightarrow V_k = \sqrt{\frac{W}{2m}}$

~~После уд. $w_k = \sqrt{\ }$~~

~~$V_k = A \cdot w_k \cdot \sin(wt_k)$~~



1) После удара:

$$4m\ddot{x} = -(3kx + kx)$$

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

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

2) ~~З. сохр.:~~

$$\cancel{\frac{4m\cdot V_k^2}{2} = \frac{kA^2}{2} + \frac{3kA^2}{2}}$$

$$\cancel{\cancel{4}mV_k^2 = \cancel{4}kA^2 \Rightarrow A = V_k\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

$$\frac{3kA^2}{2} + \frac{kA^2}{2} = W$$

$$2kA^2 = W$$

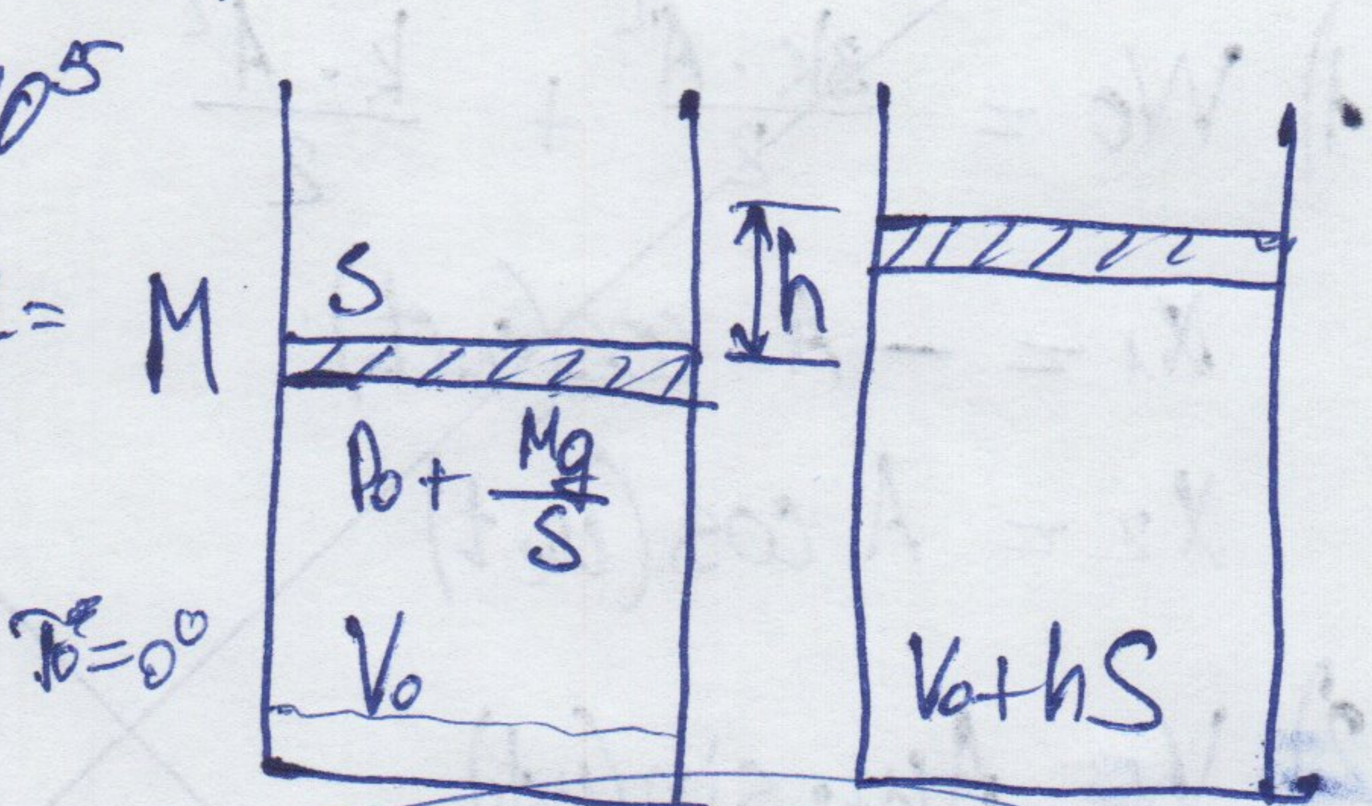
$$A = \sqrt{\frac{W}{2k}}$$

$$V_k = A\cdot\omega_k\cdot 1 = \sqrt{\frac{W}{2\cancel{k}}}\cdot\sqrt{\frac{\cancel{k}}{m}}$$

№2

1) $P_{кон} = P_0 + \frac{Mg}{S} = 10^5 + \frac{1000}{10^{-2}} = 2\cdot 10^5$

$2{,}5\cdot 10^5 > 2\cdot 10^5 \Rightarrow$ Не нас. пар $\Rightarrow$ Вся вода испарилась.



2) $V_0 = \frac{m}{\rho_в}$

3) $\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right)\cdot(V_0 + hS) = \frac{m}{\mu}R\cdot T \rightarrow T = 127 + 273 = 400K$

$$P_0V_0 + \frac{MgV_0}{S} + P_0hS + Mgh = \frac{m}{\mu}RT$$

$$P_0\frac{m}{\rho_в} + \frac{Mg\cdot m}{S\rho_в} + P_0hS + Mgh - \frac{m}{\mu}RT = 0$$

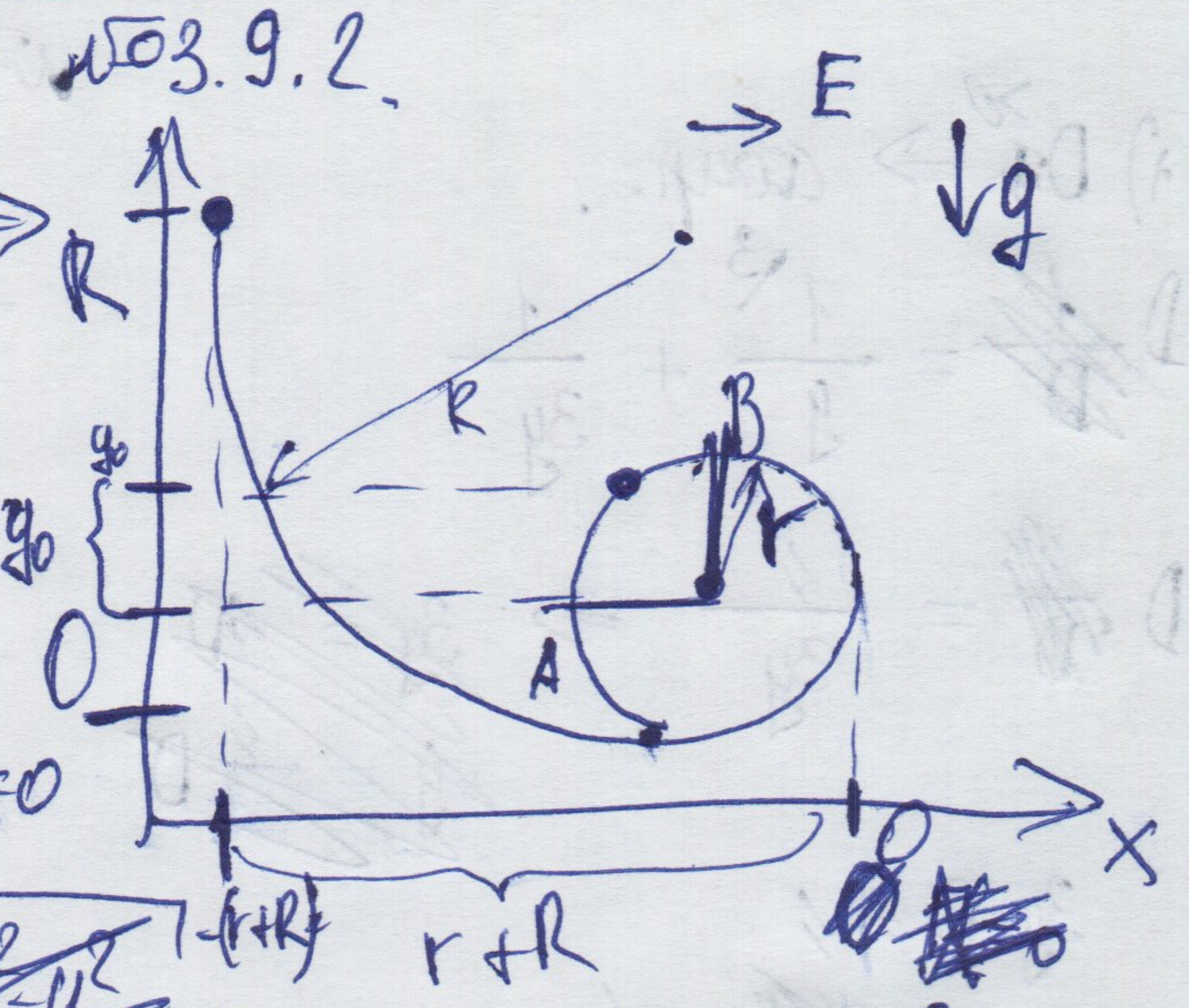
$$m\left(\frac{P_0}{\rho_в} + \frac{Mg}{S\rho_в} - \frac{RT}{\mu}\right) = -P_0hS - Mgh$$

$$m\left(\frac{RT}{\mu} - \frac{P_0}{\rho_в} - \frac{Mg}{S\rho_в}\right) = P_0hS + Mgh$$

$$m\left(\underbrace{\frac{8{,}31\cdot 400}{18\cdot 10^{-3}}}_{\approx 10^5} - \underbrace{\frac{10^5}{10^3} - \frac{10^5}{10^3}}_{\approx 10^2}\right) = P_0hS + Mgh \Rightarrow m = \frac{P_0hS + Mgh}{\frac{RT}{\mu}}$$

$\approx 10^2 \rightarrow$ можно пренебречь.

№ 3.9.2.



1) Все силы, соверш. работу пот. ⇒ ⇒ E сохр.

$$E_0 = mgR + qE(r+R)$$

2) $V = V_{min}$ когда E_n макс.

Надо искать на дуге AB $\Pi_g = 0$

$$\cancel{x^2 + y^2 = r^2 \Rightarrow x = \sqrt{r^2 - y^2}}$$

$$\cancel{(x+r)^2 + (y-r)^2 = r^2}$$

$$\cancel{x^2 +}$$

$$E_n = mgy + qEx$$

$$E_n = mgy + qE\sqrt{r^2 - y^2}$$

$$F_m = mg = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 10^{-2}\ H$$

$$F_{кл} = qE = 10^{-6} \cdot 10^3 = 10^{-3}\ H.$$

$$mg + \frac{qE \cdot (-2y)}{2\sqrt{r^2 - y^2}} = 0$$

$$mg = \frac{2qEy}{2\sqrt{r^2 - y^2}} \Rightarrow mg\sqrt{r^2 - y^2} = qEy$$

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

$$(mgr)^2 = m^2g^2y^2 + q^2E^2y^2$$

$$y^2(m^2g^2 + q^2E^2) = (mgr)^2$$

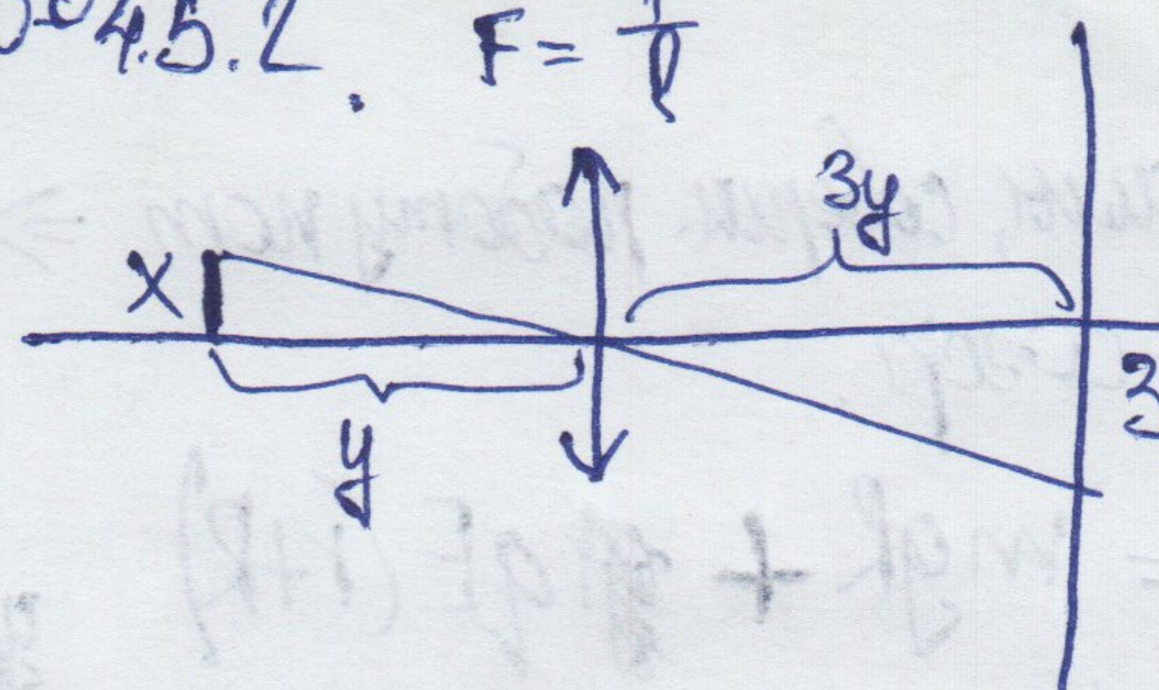
$$y_0 = \frac{mgr}{\sqrt{m^2g^2 + q^2E^2}} \text{ — от центра.}$$

$$\cancel{E_n = \frac{m^2g^2 r}{\sqrt{m^2g^2 + q^2E^2}} + qE\sqrt{r^2 - r^2\frac{m^2g^2}{m^2g^2 + q^2E^2}}}$$

$$\cancel{\frac{mV_{min}^2}{2} = E_0 - E_n = mgR + qE(r+R) - qEr\sqrt{1 - \frac{m^2g^2}{m^2g^2 + q^2E^2}} - \frac{m^2g^2r^2}{\sqrt{m^2g^2 + q^2E^2}}}$$

$$V_{min}^2 = 2gR + \frac{2qE(r+R)}{m} - \frac{qEr}{m}\sqrt{1 - \frac{m^2g^2}{m^2g^2 + q^2E^2}}$$

№4.5.2. $F = \frac{1}{D}$



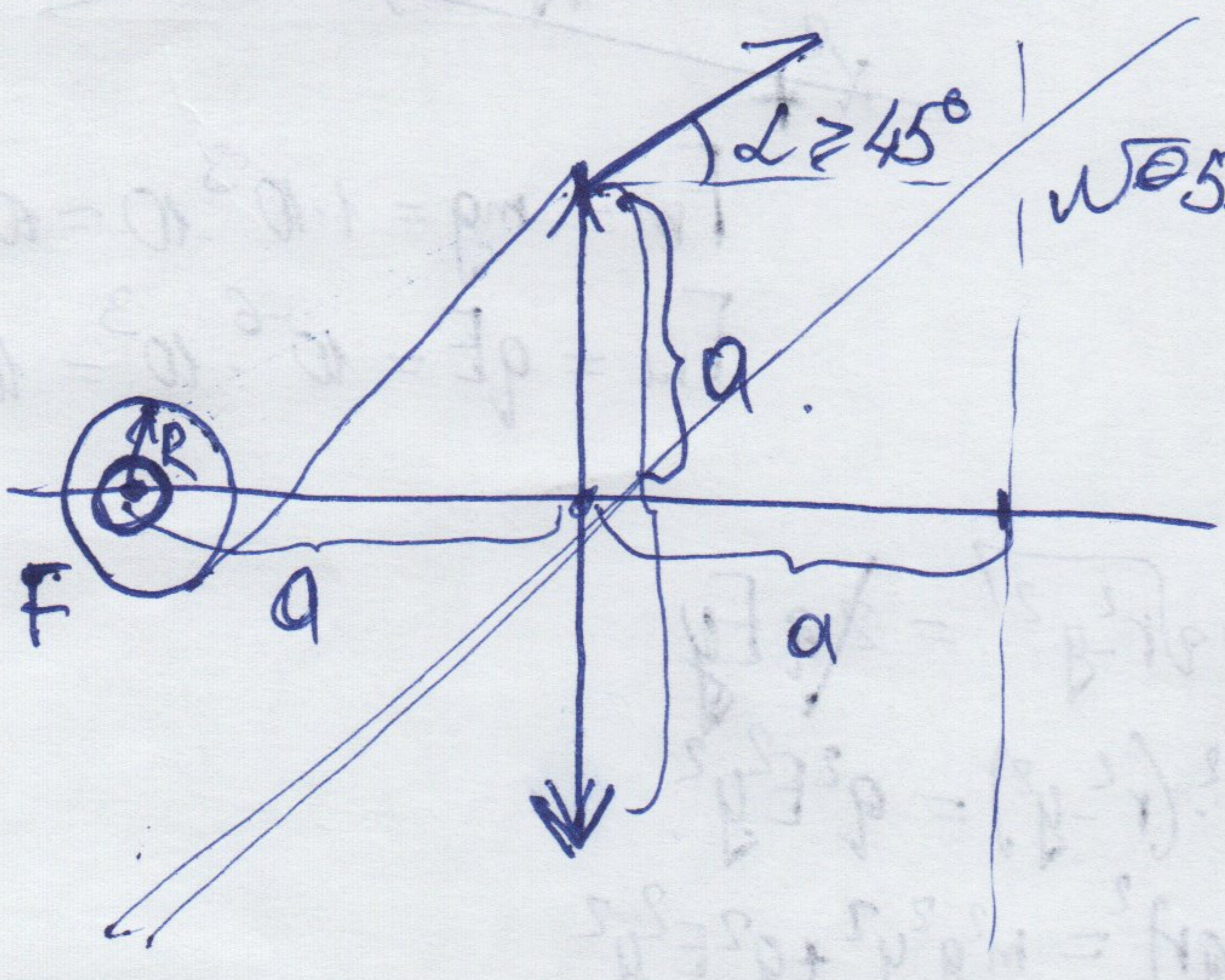
1) $D > 0 \Rightarrow$ собир.

$\cancel{D} = \frac{1}{y} + \frac{1}{3y}$

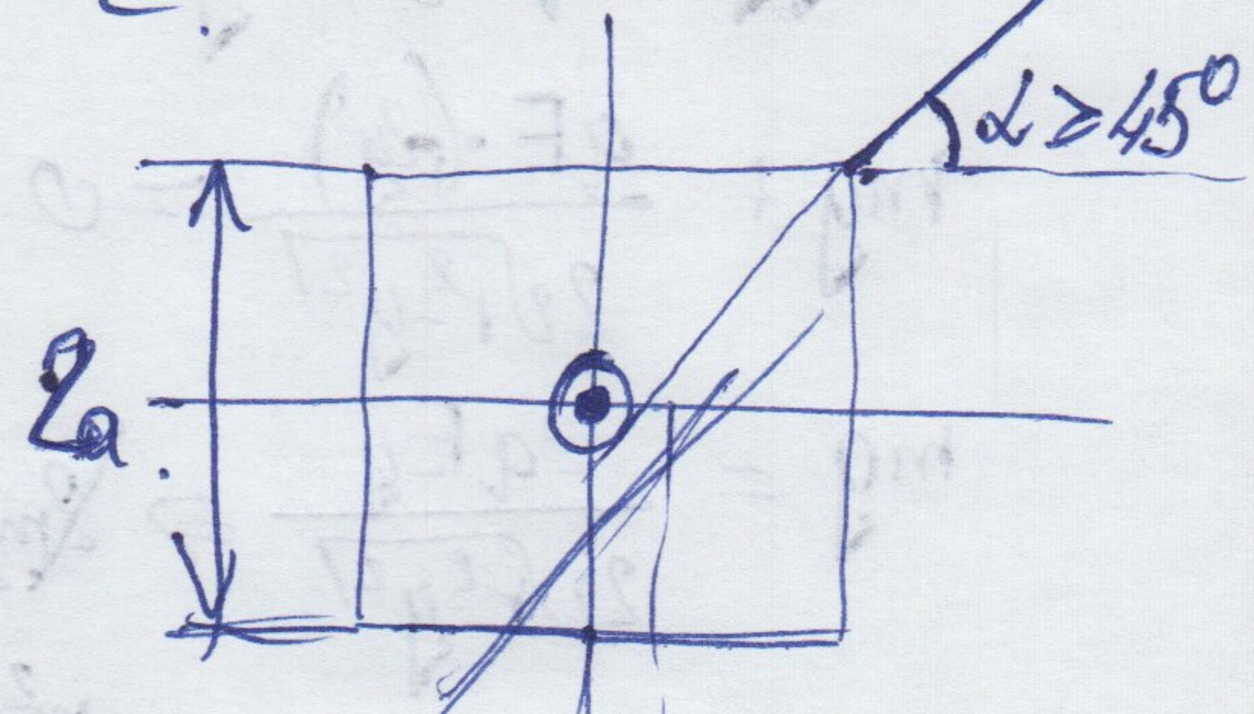
$D = \frac{4}{3y} \Rightarrow$ ~~$3y = \frac{4}{D}$~~ ~~$y = \frac{4}{3D}$~~

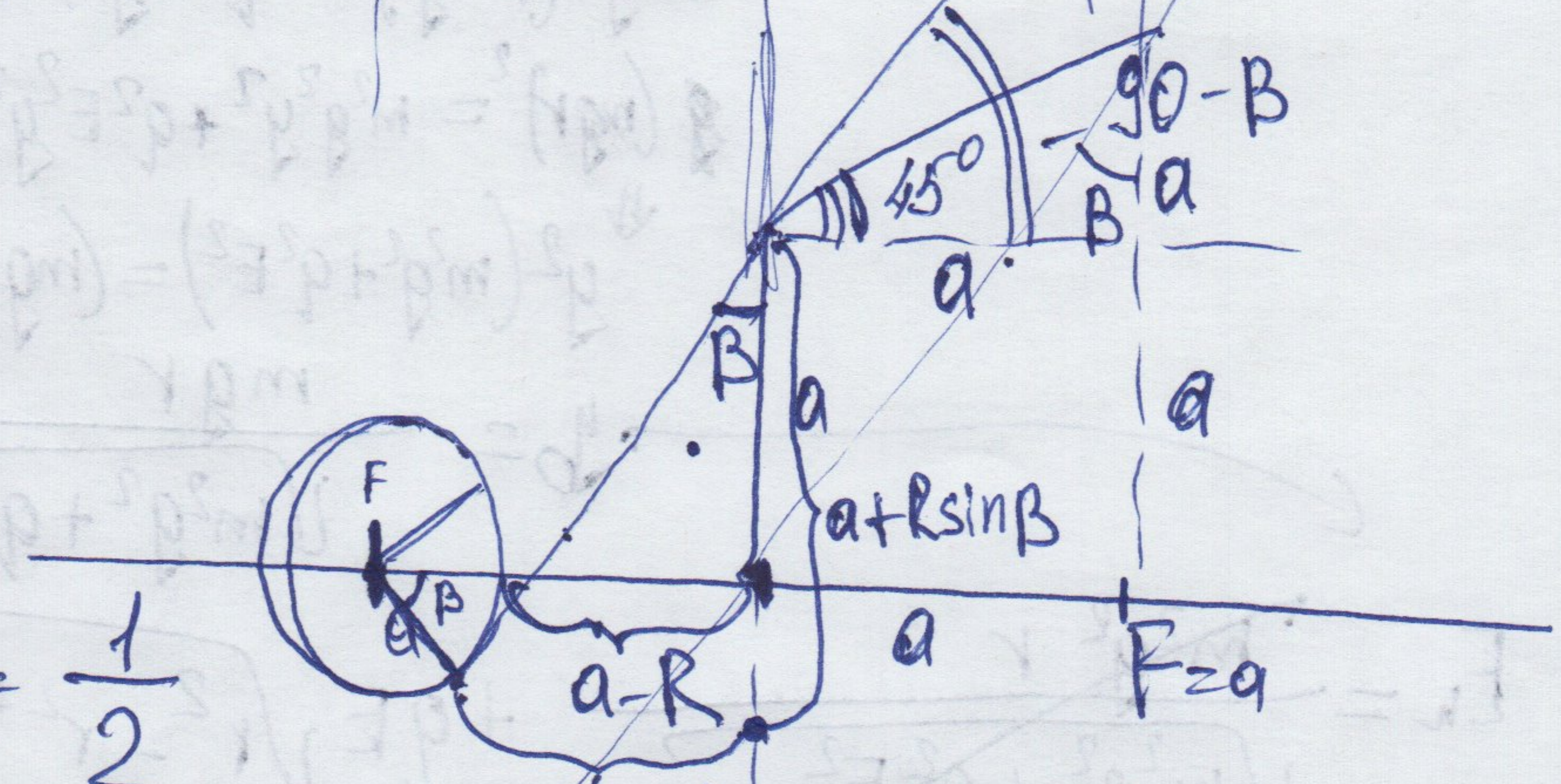
$3y \cdot D = 4$

$y = \frac{4}{3D}$; $3y = \frac{4}{D} = \frac{4}{6}\,м = \frac{2}{3}\,м$



№5.3.2





~~$tg(90-\beta) =$~~

$tg\beta = \frac{a}{2a} = \frac{1}{2}$

$tg\beta = \frac{a - R\cos\beta}{a + R\sin\beta} = \frac{1}{2}$

$2a - 2R\cos\beta = a + R\sin\beta$

$a = R(2\cos\beta + \sin\beta)$; $\beta \leq \frac{\pi}{4}$

~~$2\cos\beta + \sin\beta = \frac{a}{R}$~~

~~$2\sin\beta + \cos\beta = 0$~~

~~$\cos\beta = 2\sin\beta$~~

~~$tg\beta = \frac{1}{2}$~~

Наиб. знач. при $tg\beta = \frac{1}{2}$

$tg\beta \leq 1$