



87-02-90-16
(49.5)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов по физике
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Демидова Александра Ивановна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

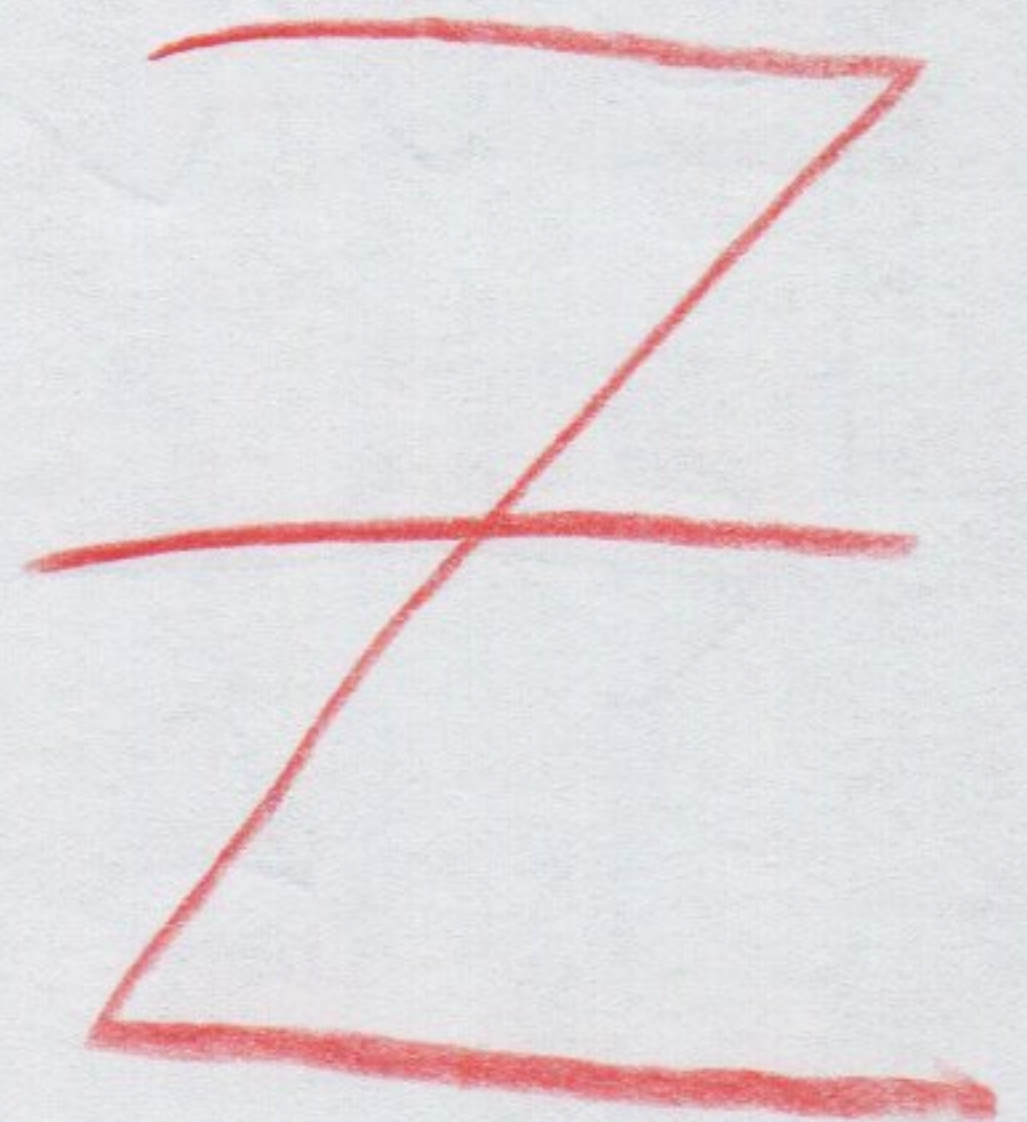
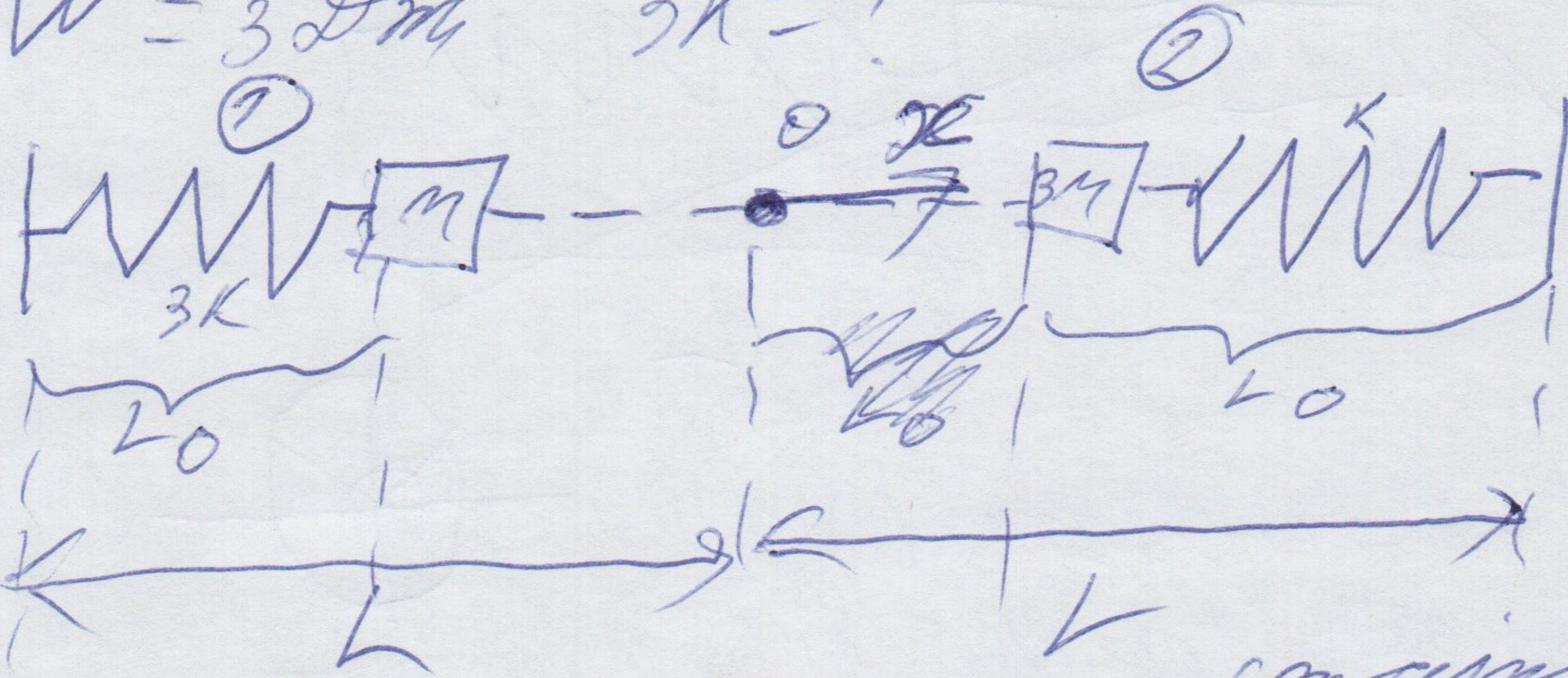
«05» 03 2023 года

Подпись участника

87-02-90-16
(49.5)

ЦК СТОВИК

$N_1 L = 20 \text{ см}; 2L; 3K, \mu; K; 3\mu; L_0 = 10 \text{ см}$
 $W = 3 \text{ Дм} \quad 3K = 7$



$\Delta L = L - L_0 = 10 \text{ см}$ *стандартный разрыв*

Будут совершаться колебания

$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\mu}{3K}}$ $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3\mu}{K}}$ $\nu = \frac{250}{T_1} = \sqrt{\frac{3K}{\mu}} = 3\nu_2$

Будут сталкиваться на кордушантах *обратно*

$x_1 = \Delta L (-\cos(\omega_1 t))$ $x_2 = \Delta L \cos(\omega_2 t)$

амплитуды $x_1 = x_2$

$-\Delta L \cos(\omega_1 t) = \Delta L \cos(\omega_2 t)$

$\cos(-\pi t + \omega_1 t) = \cos(\omega_2 t)$

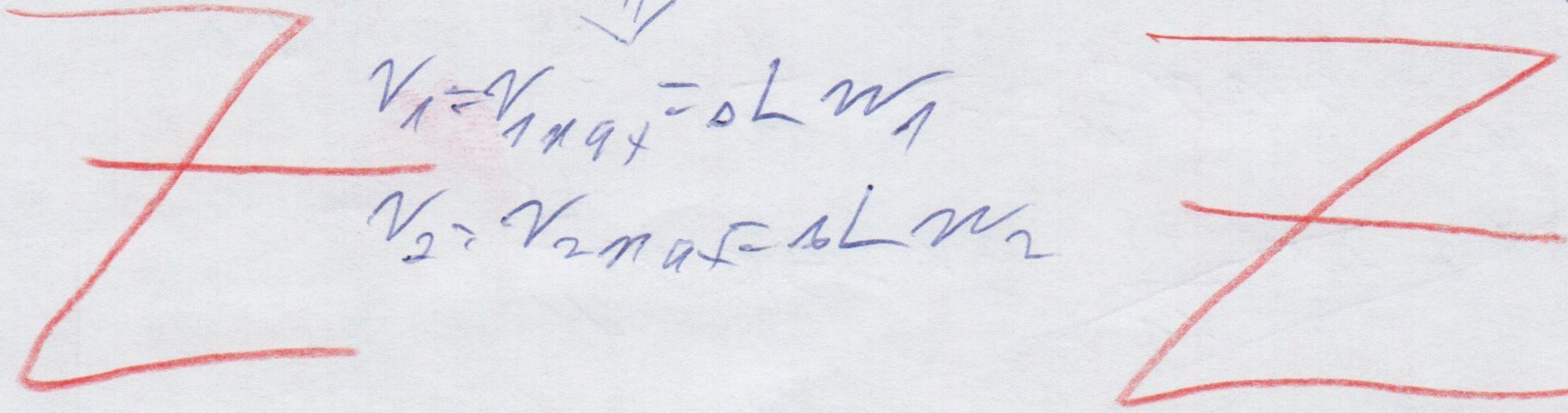
$\omega_1 t - \pi = \omega_2 t$

$\omega_2 t (2\omega_1 - \omega_2) = t(2\omega_2) = 2 \cdot \sqrt{\frac{3K}{\mu}} \cdot t \Rightarrow t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{3\mu}{K}}$

$x_1(t) = \Delta L (-\cos(\omega_1 t)) = \Delta L (-\cos(\sqrt{\frac{3K}{\mu}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{3\mu}{K}}) = -\Delta L \cos \frac{3\pi}{2} = 0$

$x_2(t) = \Delta L (\cos(\omega_2 t)) = \Delta L \cos(\sqrt{\frac{3\mu}{K}} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{3\mu}{K}}) = \Delta L \cos \frac{\pi}{2} = 0$

$\Delta L(t) = 0$ — *нуль* *на расстоянии* *колебаний*



$V_1 = V_{1 \max} = \Delta L \omega_1$

$V_2 = V_{2 \max} = \Delta L \omega_2$

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6
 20 | 20 | 10 | 20 | 5
 75 (сумма 1876)
 кусочек
 думай
 Арагес

ИСТОРИЯ

после удара:

создадим
произвольную
раму!

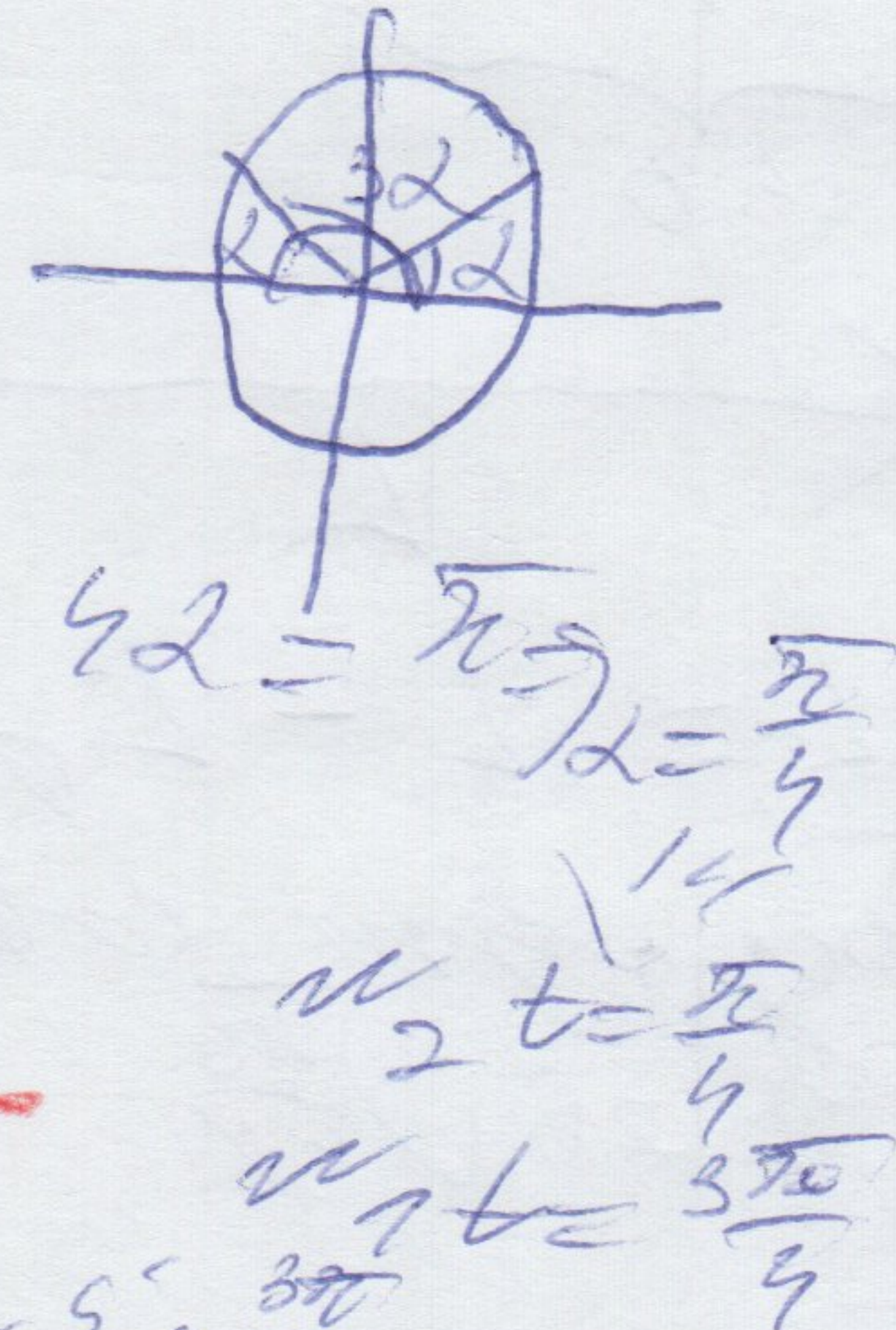


$$-\cos(3\omega_2 t) = \cos(3\omega_2 t)$$

$$x_1(t) = -AL \left| \cos\left(\frac{3\pi}{4}\right) \right| = AL \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

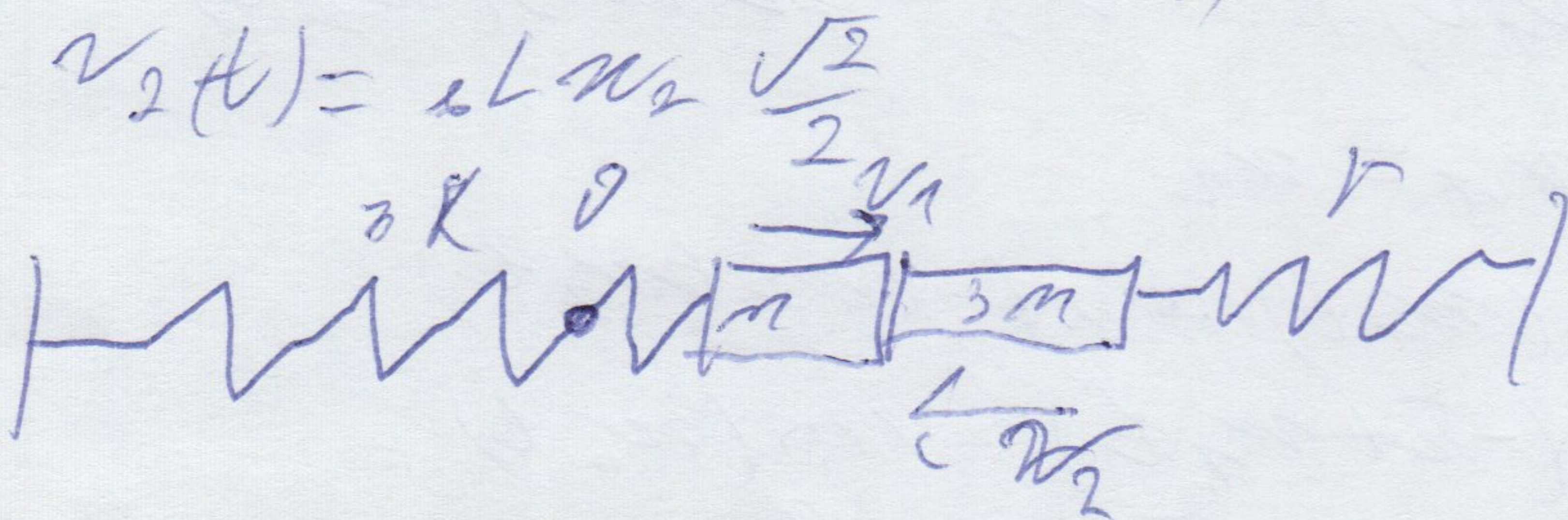
$$x_2(t) = AL \left(\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \right) = AL \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

полезно вспомнить.



$$v_1(t) = v_{max} \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{4}\right) = AL \omega_1 \cdot \sin\left(\frac{3\pi}{4}\right) = 3AL \omega_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$v_2(t) = v_{max} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = AL \omega_2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = AL \omega_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$



ЗСМ: $m v_{1x} + 3m v_{2x} = 4m u$

$$(v_{1x} + 3v_{2x}) = 4u$$

$$u = 4u \Rightarrow u = 0$$

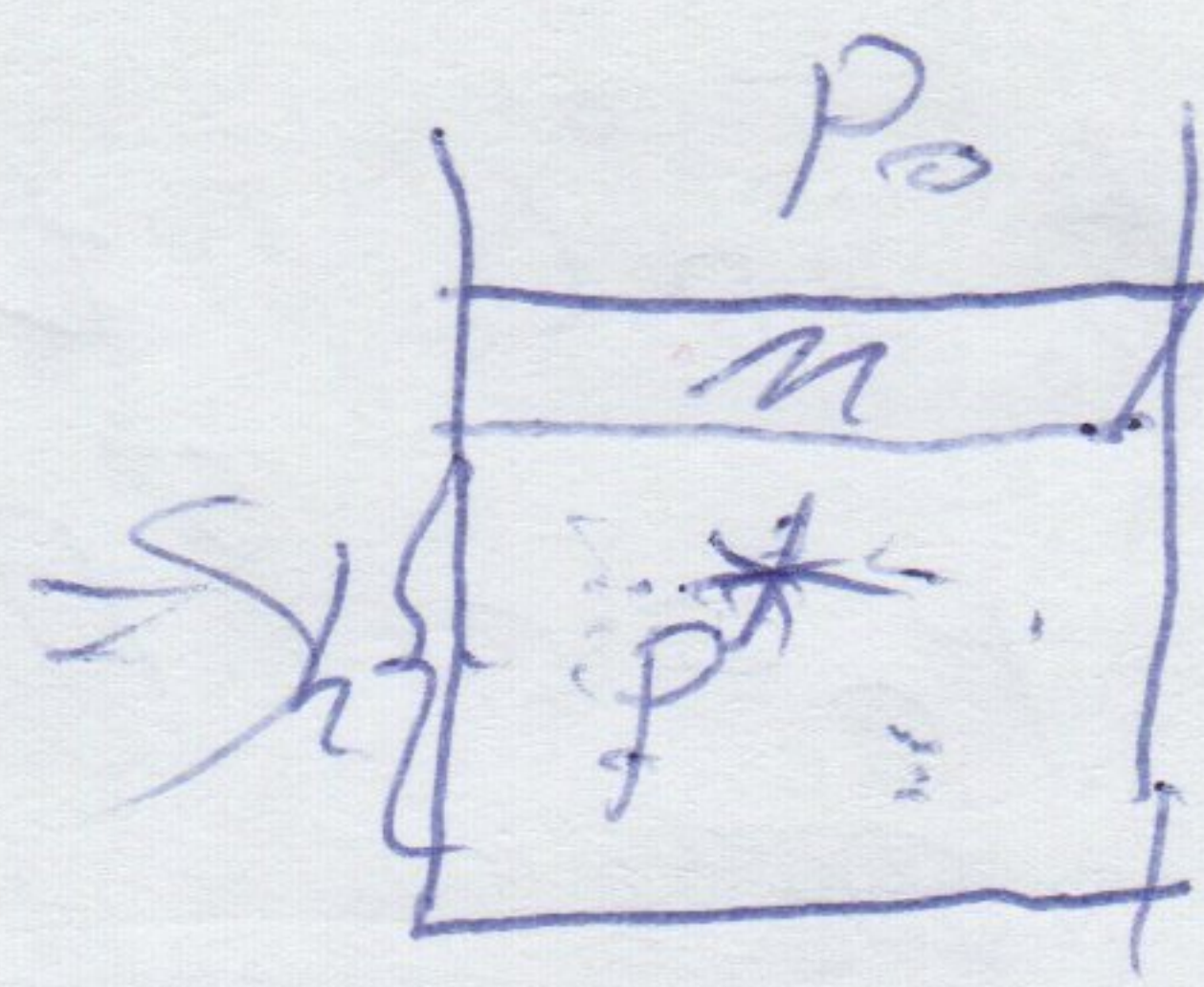
$$W_{3k} \frac{(AL_1(t))^2}{2} + k \frac{(AL_2(t))^2}{2} = 3k \frac{(x_1(t))^2}{2} + k \frac{(x_2(t))^2}{2}$$

$$= \frac{3k AL^2}{4} + \frac{k AL^2}{4} = k AL^2 \Rightarrow 3k = \frac{3W^2}{AL^2} = \frac{9 \rho m}{(0.2 \text{ м})^2}$$

$$3k = 9 \cdot 10^2 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 9 \cdot 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 900 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: $3k = 225 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ $3k = 900 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

ЧИСТО ВИК



Вместой микрометр
можно измерить

$$p^* \cdot S \cdot h = \nu^* R \cdot T$$

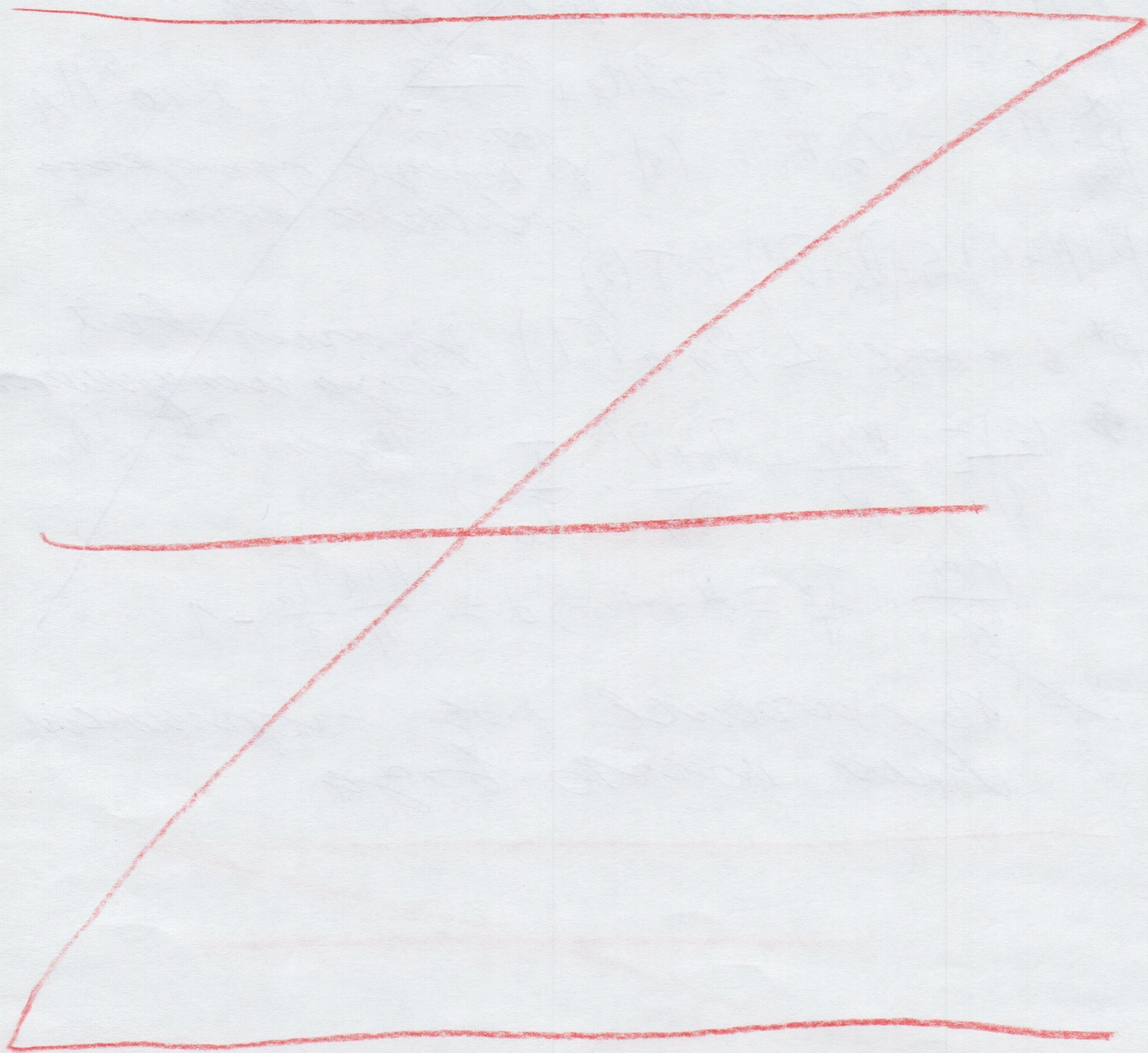
$$\nu^* = \frac{p^* \cdot S \cdot h}{R \cdot T}$$

$$\nu^* = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,83}{8,3 \cdot 400} \text{ моль} = \frac{2000}{10 \cdot 400} \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}$$

Вся вода испарилась $\Rightarrow m = \nu^* \cdot \mu$

$$m = 0,5 \text{ моль} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 9 \text{ г}$$

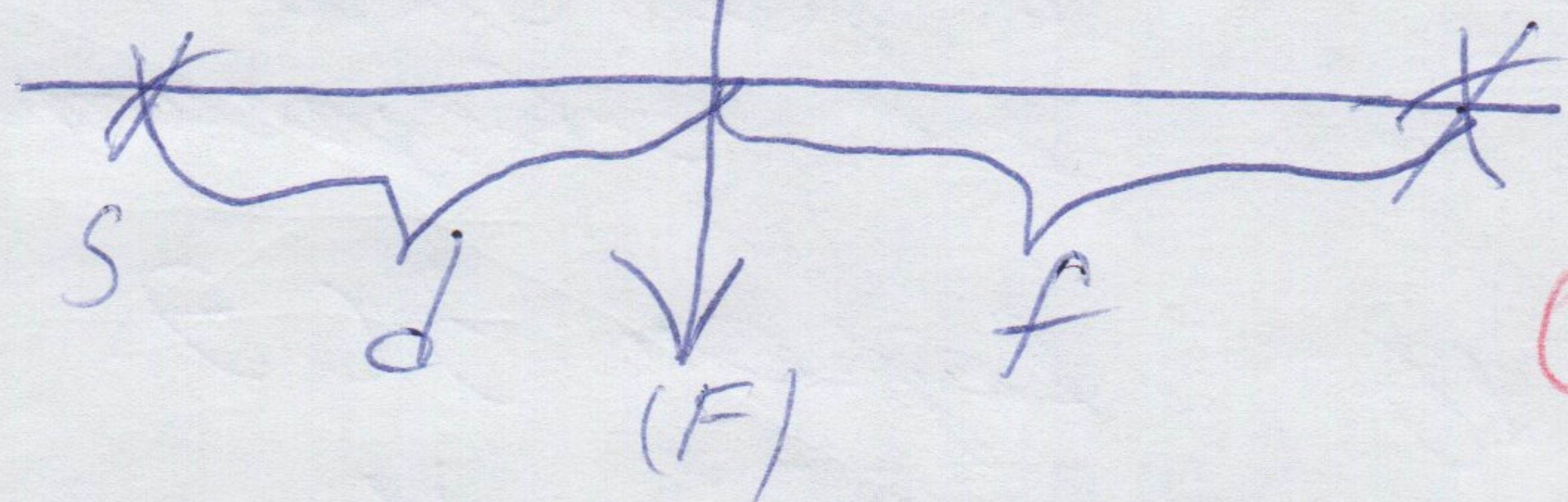
Ответ: $m = 9 \text{ г}$



ЧУСТО ВИК

И на экране $\Gamma = 3; L = ?$
 $\sqrt{4} \downarrow P = 6 \text{ дм}$

$D = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{1}{6 \text{ дм}} = \frac{1}{6} \text{ м}$ $\downarrow; \Gamma = 3; \text{И на экране}$
 И на экране



$\oplus \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{4}{3d}$

$d = \frac{4F}{3} \Rightarrow f = 4F$ $\Leftarrow 3d = 4 \cdot F \Leftrightarrow \frac{1}{F} = \frac{4}{3d}$

$\oplus L = d + f = 4d = \frac{16F}{3} = \frac{16}{3 \cdot 6} \text{ м} = \frac{8}{9} \text{ м}$

Ответ: $L = \frac{8}{9} \text{ м} \oplus$

ЧИСТОВИК

$\sqrt{3} \quad R=1 \text{ м} \quad v=0,25 \text{ м} \quad m=12 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

$q=10^{-6} \text{ Кл} \quad E=10^3 \text{ В/м}$

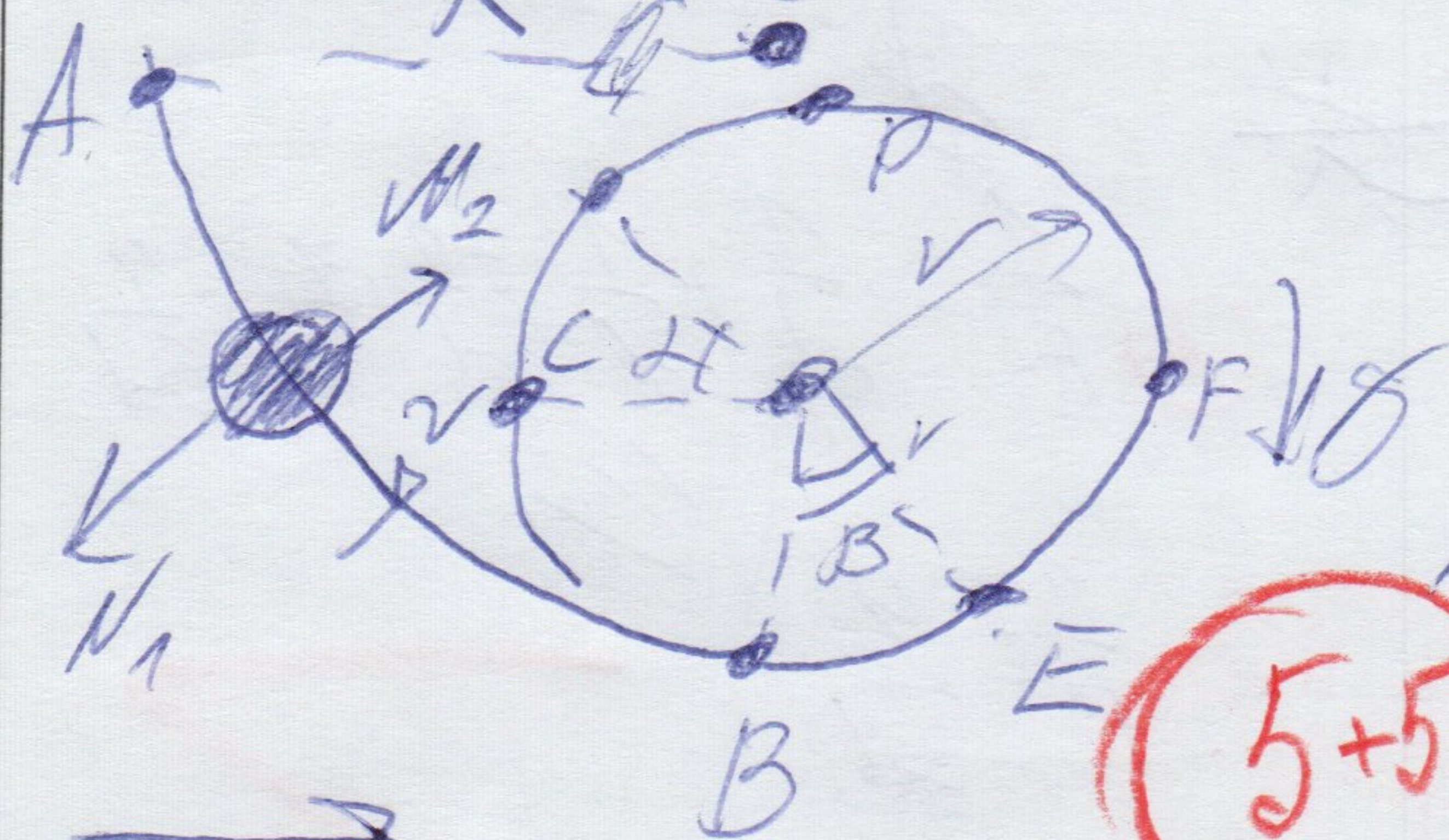
$\gamma=10 \text{ м/с}^2$
 сила реакции шара

$v \perp (qE + mg)R$

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

$N_1 \text{ и } N_2 \perp v$

и работа не совершается



вернем ЗСЭ:

$mgR + qER = K_B$

$5+5 = 10$
 Дж. э. м. в м. В

ЗСЭ: $K_B = K_E - qE \cdot v \sin \beta + mgv(1 - \cos \beta)$

$K_B = K_E + mgv - qEv \sin \beta - mgv \cos \beta$

ЭП увеличивается к м. Э, а Ft её уменьшает от м. F, затем от м. D ЭП уменьшается и Ft увеличивается к м. энергии.

Трубоверном подвернется ли душка от м. D ✓

Сила на неё не действует шара, но её уменьшение (центробежные силы) вполне компенсируется γ если же $a_{ц.л} > \gamma$

$a_{ц.л} = \frac{v^2}{R} = \gamma \Rightarrow v_0^2 = \gamma R$, но душка должна вылететь

~~ЗСЭ: mgR~~

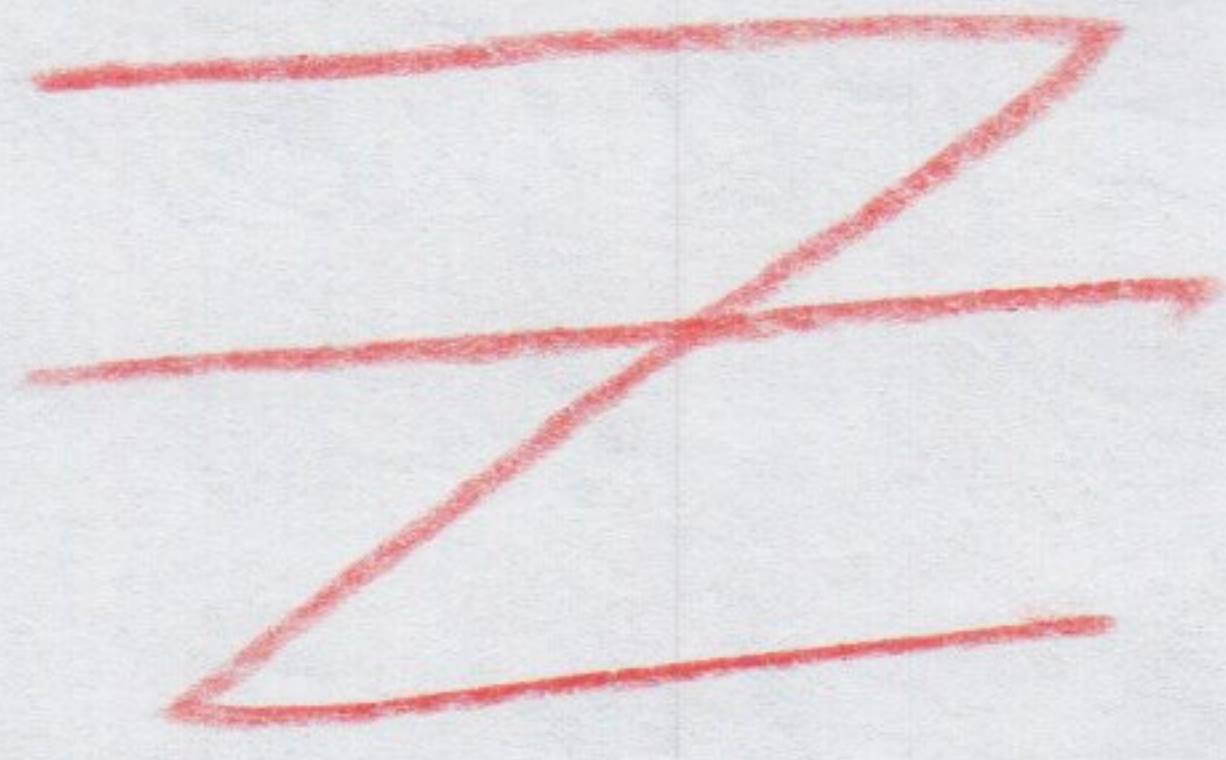
ЗСЭ: $mgR + qER = mgv + \frac{m}{2} v_0^2$ раскачка кривизны

$mgR + qER = mgv + \frac{m}{2} v^2$ исходная

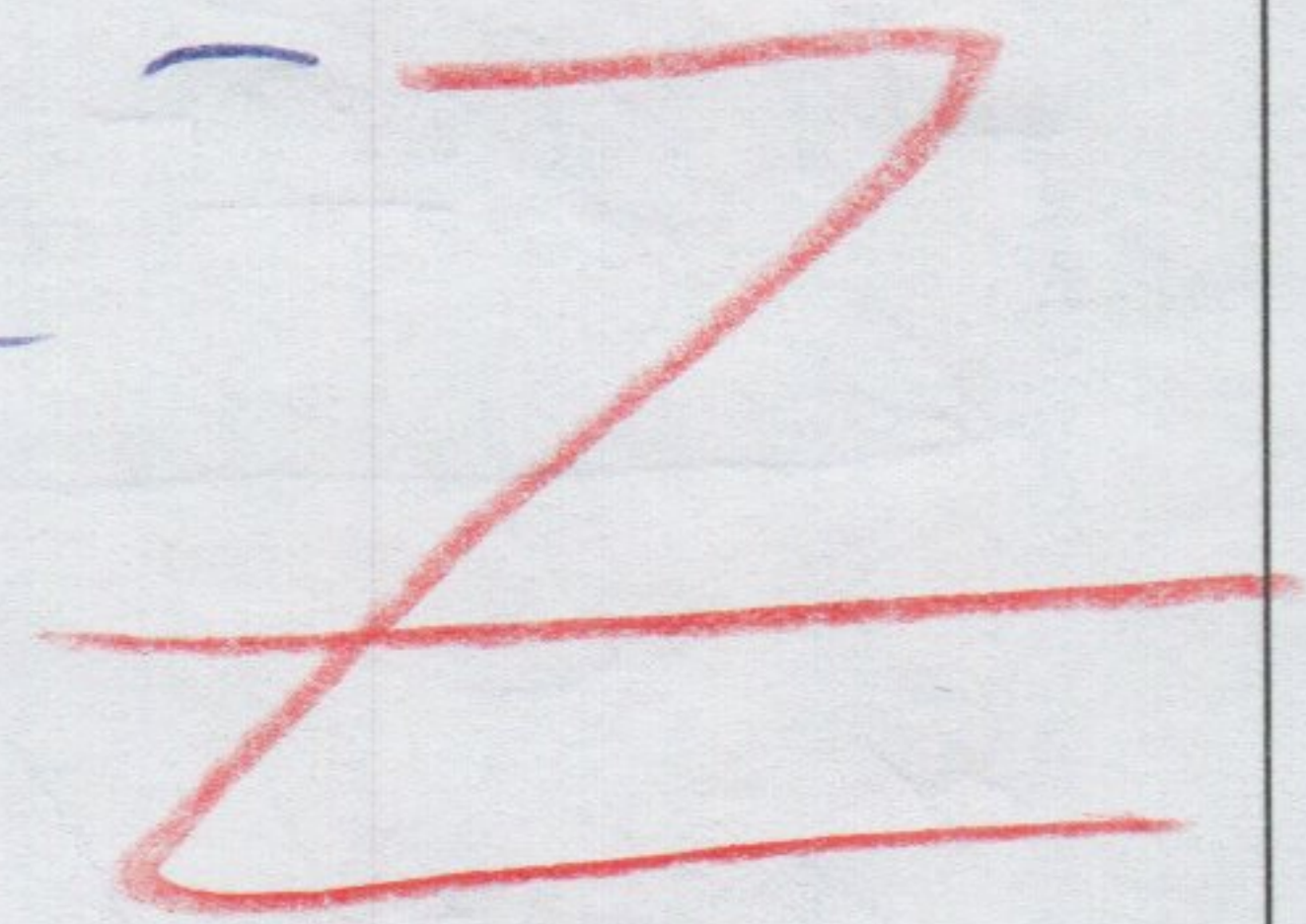
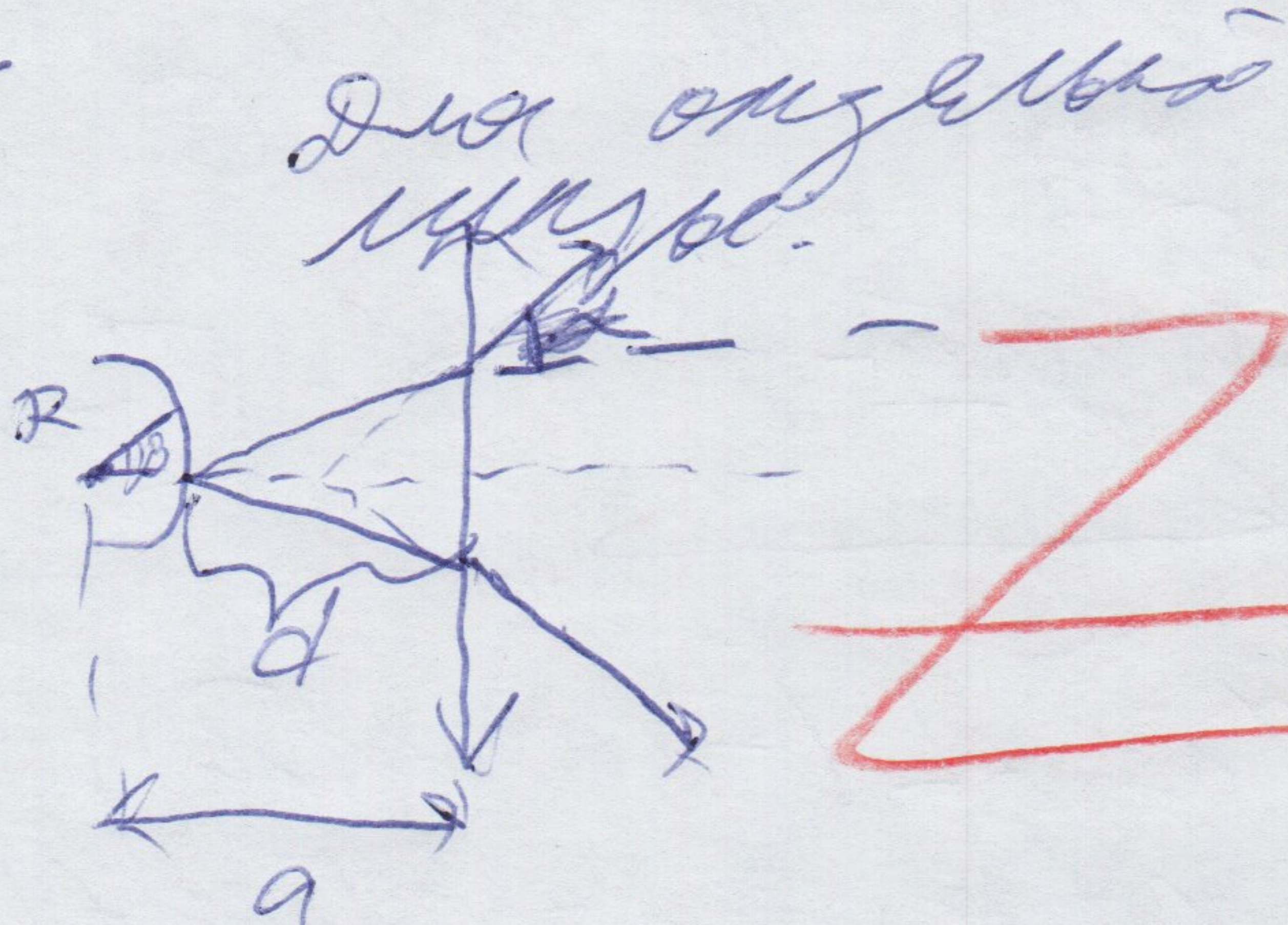
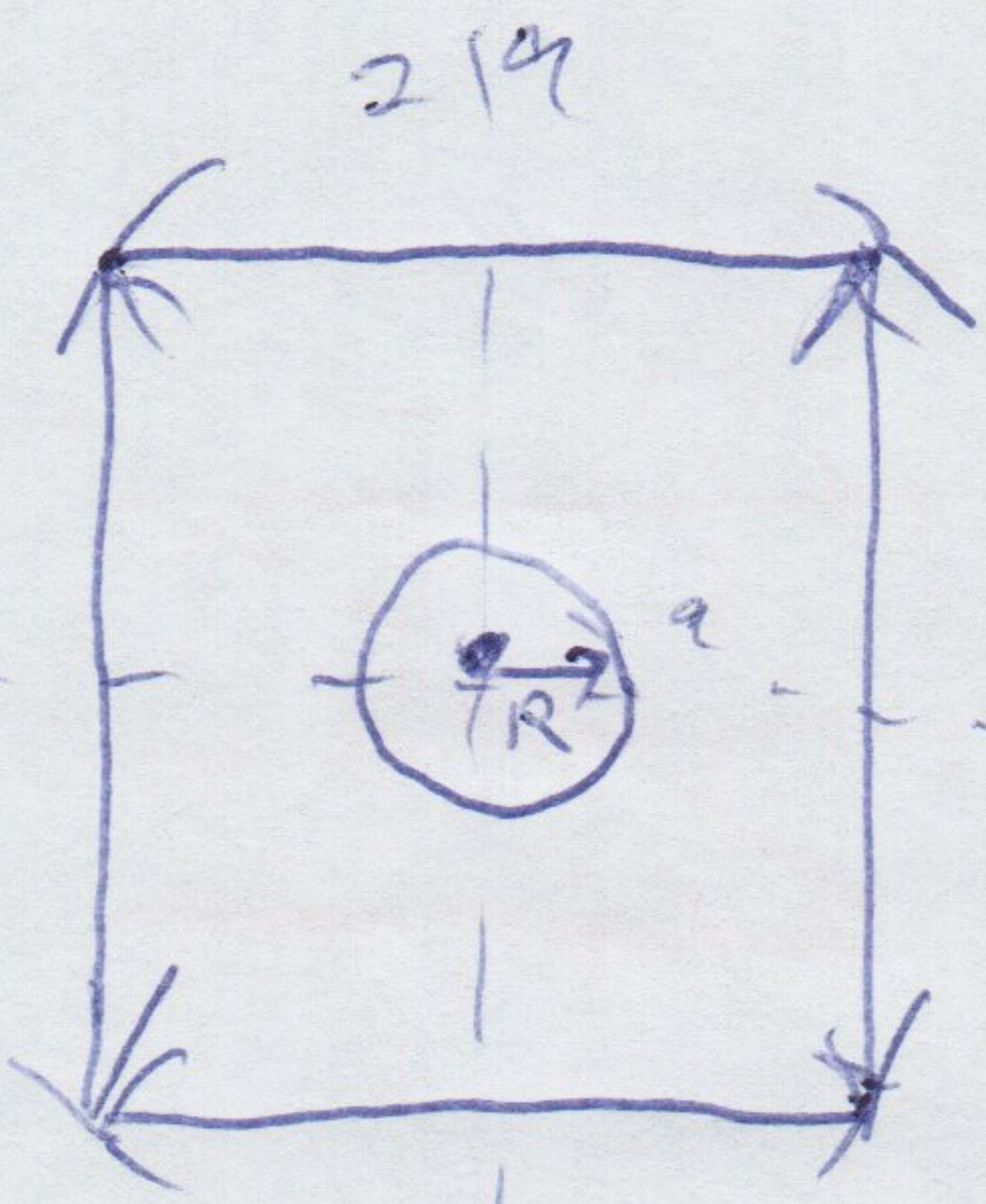
$v = \frac{2}{5}R + \frac{2qER}{5mg} = 0,4 \text{ м} + \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 1}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 0,6 \text{ м} > v$

ЧИСТОВИК

№ 5 2a, R=9,25 см F=7

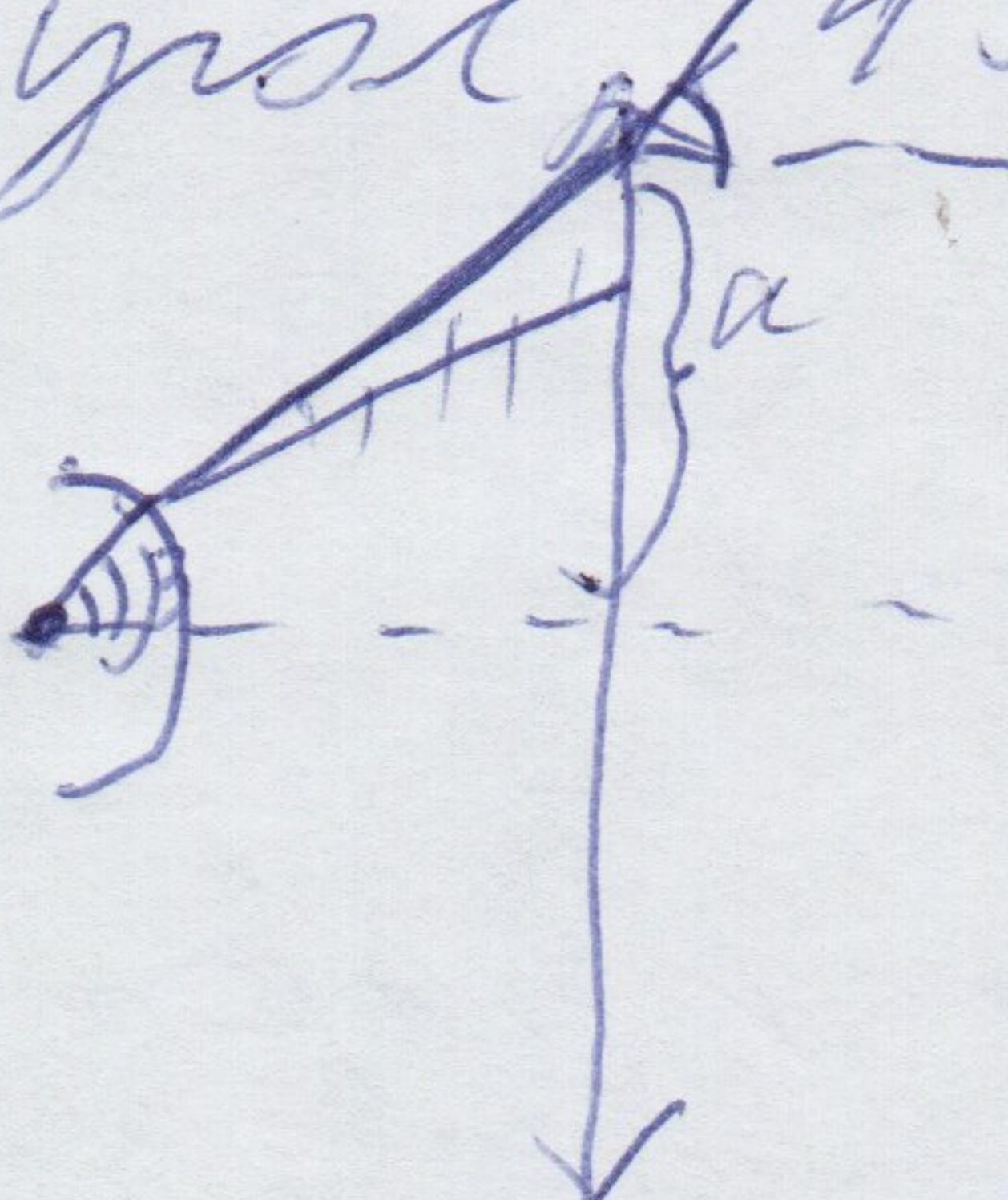


F=a



Для отрезка
мнзр.

Так как $d = a - R \cos \beta = F - R \cos \beta < F$, то лучи
будут выходить не сходящимися,
а расходящимися, поэтому
связка лучей вообще
возможна (Утверждение)
Для того, чтобы это случилось
лучи выходящие из мнзр
по краям должны иметь
угол 45° к горизонту $f=a$



$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$ (мн. и мн. мн. мн.)

$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F} = \frac{F-d}{Fd} \Rightarrow f = \frac{Fd}{F-d}$

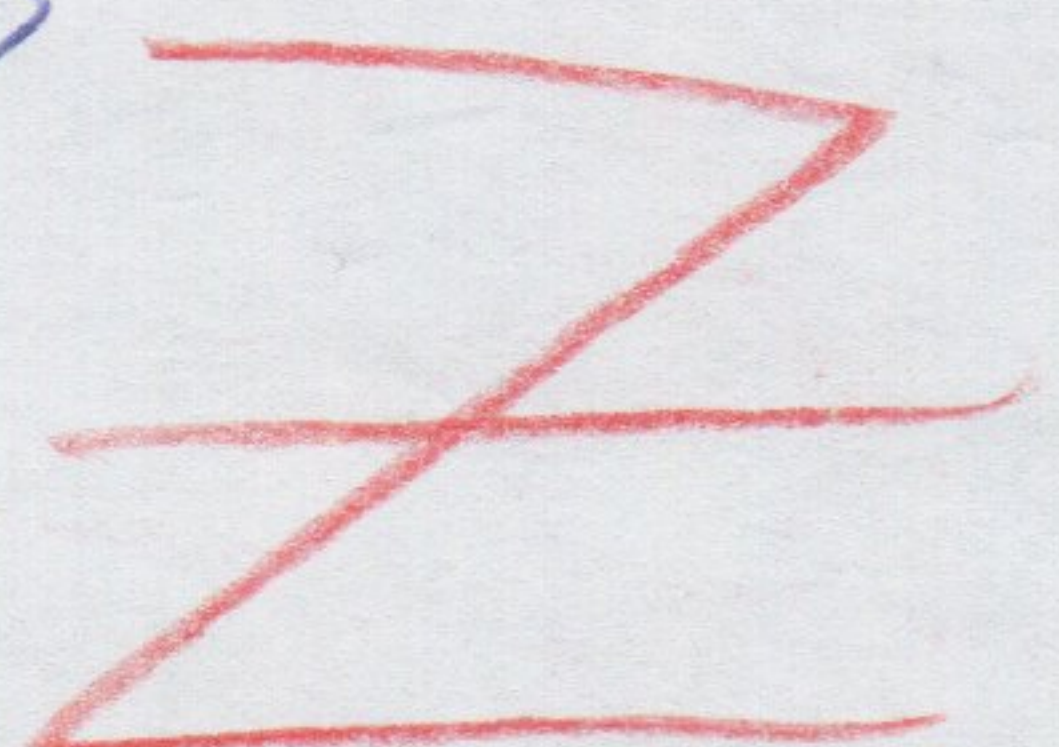
$a - R \cos \beta = R \cos \beta = a = \frac{a \cdot (a - R \cos \beta)}{R \cos \beta}$

$a = 2R \cos \beta \Rightarrow \cos \beta = \frac{a}{2R}$

Косинус угла
от 0 до $\frac{\pi}{2}$

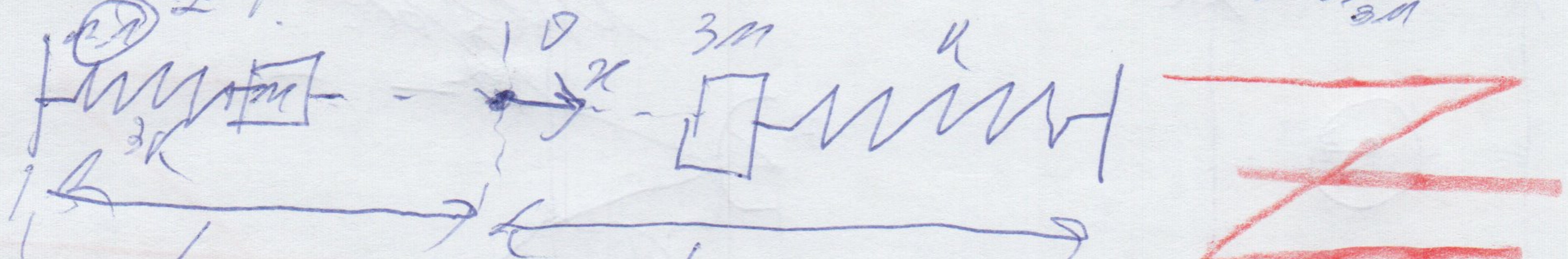
принимает значения от 1 до 0

$0 \leq \frac{a}{2R} \leq 1 \Rightarrow 0 \leq a \leq 2R$



ЦЕРКОВИК

$N_1 \quad L = 20 \text{ см} \quad 3K; K; m; 3m, \Delta L = 10 \text{ см}$
 $N = 3 \text{ Дж}$
 $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{3K}} \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{3m}{K}} \quad \omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} = \sqrt{\frac{3K}{m}}$
 $\omega_2 = \sqrt{\frac{K}{3m}}$



$$x_1 = \Delta L (-\cos(\omega_1 t)) \quad x_2 = \Delta L (\cos(\omega_2 t))$$

$$d_1 = x_2 \Rightarrow -\cos(\omega_1 t) = \cos(\omega_2 t)$$

$$\cos(\pi + \omega_1 t) = \cos(\omega_2 t)$$

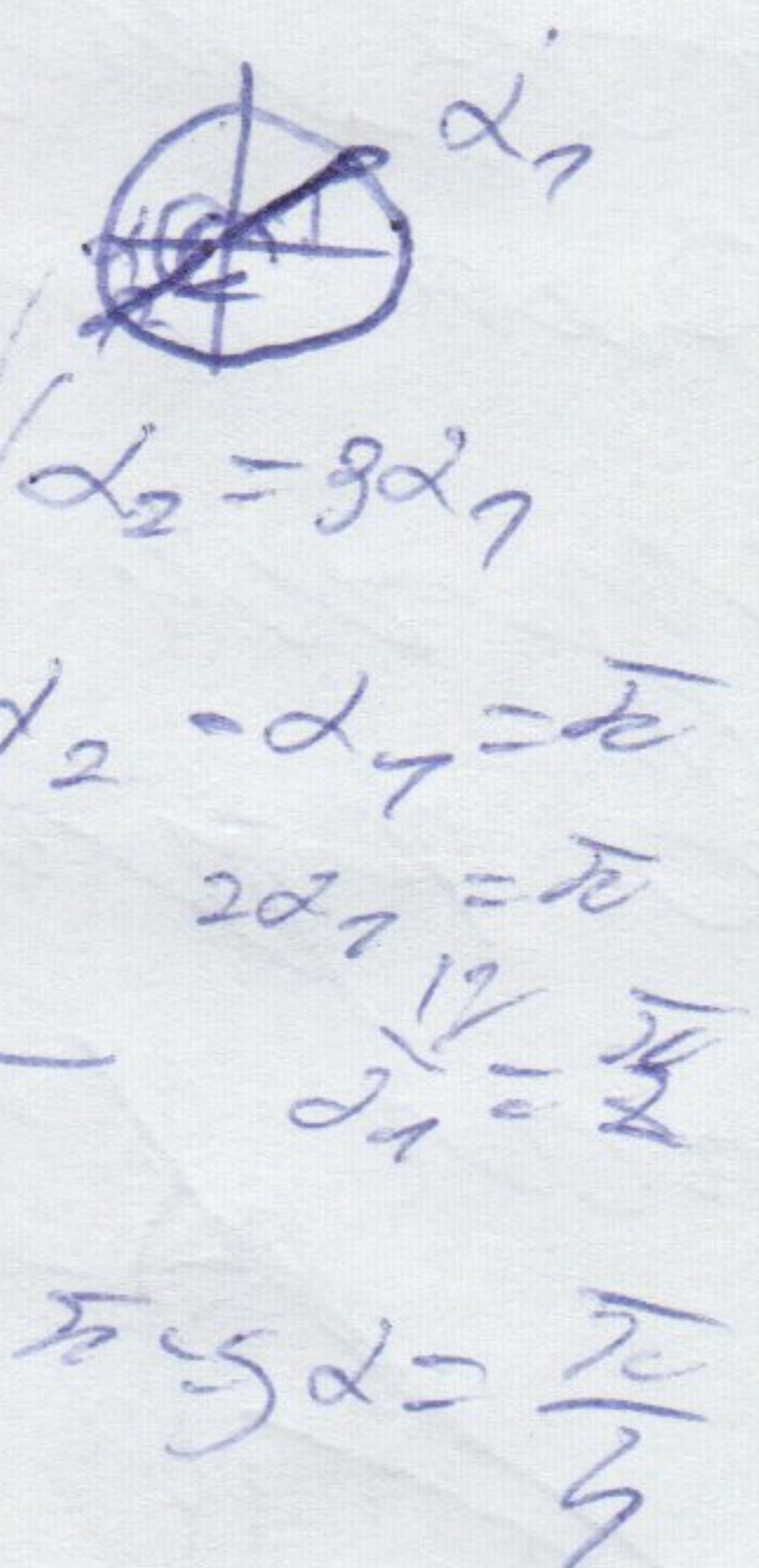
$$\pi + (\omega_1 - \omega_2)t = 2\omega_2 t \Rightarrow 2\omega_2 t = \pi + \omega_1 t = \omega_2 t$$

$$t = \frac{\pi}{2(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{\pi}{2(\sqrt{\frac{3K}{m}} - \sqrt{\frac{K}{3m}})}$$

$$x_1 = \Delta L (-\cos(\sqrt{\frac{3K}{m}} \cdot \frac{\pi}{2(\sqrt{\frac{3K}{m}} - \sqrt{\frac{K}{3m}})})) = -\Delta L \cos \frac{3\pi}{2} = \Delta L$$

$$\pi + \omega_1 t = \omega_2 t + \pi \Rightarrow \omega_1 t = \omega_2 t$$

$$-\cos(3\omega_2 t) = \cos(\omega_2 t)$$



d_1

$$K_B = K_E + mgy - qEr \sin \beta - mgy \cos \beta$$

$$K = K_{\min} \quad K_B = 0 \Rightarrow -qEr \cos \beta + mgy \sin \beta = 0$$

$$K_E = K_B - mgy + qEr \sin \beta + mgy \cos \beta \quad mgy \sin \beta = qEr \cos \beta$$

$$mg \sin \beta = qE \cos \beta$$

$$\tan \beta = \frac{qE}{mg} = 10^{-2} \Rightarrow \beta = 40^\circ \Rightarrow \cos \beta = 0.766$$

$$\sin \beta = 0.766 \cos \beta$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} = \frac{1}{f} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{d+f}{fd}$$

$$d = \frac{df}{d-f} = \frac{f}{1 - \frac{d}{f}}$$

ЧИСТО ВИЖ

$$\text{ЗСЭ: } \cancel{m g R + q E R} = \cancel{m g 2r + 0 + m}$$

$$K_E = m g R + q E R + q E r \sin \beta + \cancel{m g r \cos \beta} - m g r$$

$$\text{Пусть } v = v_{\min} \quad \cos \beta \approx 1 \quad \sin \beta \approx 0$$

$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = m g R + q E R + \cancel{m g r} 0 - m g r - m g r$$

$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = m g R + q E R - 2 m g r \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_{\min}^2 = 2 g (R - 2r) + \frac{2 q E R}{m} = 2 \cdot 10 \cdot 0,5 + \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 1}{10} \frac{\text{м}^3}{\text{с}^2}$$

$$v_{\min}^2 = \cancel{12} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$v_{\min} = \sqrt{12} \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } v_{\min} = \sqrt{12} \text{ м/с}$$

$v^* > v \Rightarrow$ дугинка движется от м. D ✓

от м. D до м. C ЭП замедляется, а F_T увеличивается.

от м. C до м. D ЭП увеличивается, а F_T уменьшается,

~~$K_B = K_E + m g r - q E r \sin \beta - m g r \cos \beta$~~
 Выведем зависимость кин. энергии
 в м. E от угла ($\cos 30^\circ$)

$$K_B = K_E + m g r - q E r \sin \beta - m g r \cos \beta$$

$$K_E = K_B - m g r + q E r \sin \beta + m g r \cos \beta$$

Сам K_E а значит и v достигают
 минимальных значений,

то $K_E' = 0$

$$K_E' = q E r \cos \beta - m g r \sin \beta = 0$$

$$0,1 \cos \beta = \sin \beta$$

$$q E r \cos \beta = m g r \sin \beta$$

$$q E \cos \beta = m g \sin \beta$$

$$\Rightarrow 10^{-3} \text{ К.} \cos \beta = 10^{-2} \text{ К.} \sin \beta$$

$$\sqrt{\sin^2 \beta + \cos^2 \beta} = 1$$

$$\cos \beta \sqrt{1,01} = \sin \beta \sqrt{1,01} = 1 \Rightarrow \cos \beta \approx 1$$

это легко заметить, т.к. $F_T = m g = 10^{-2} \text{ К.}$

$F_E = q E = 10^{-3} \text{ К.}$, т.е. F_T в 10 раз

больше F_E .

Мы знаем, что от м. C до м. E энергия
 постоянно увеличивается $v_{\text{min}} = 0$

v_{min} соответствует скорости

когда дугинка закреплена на самом

верху и шестиком вращается

туда-туда.

№ 12. Среднее значение
функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$
равно R , то $R \leq a$
или $R \leq a \leq 2R$

Ответ: при $a \in [2, 25 \text{ см}; 4, 5 \text{ см}]$

