



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Юбилейная
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

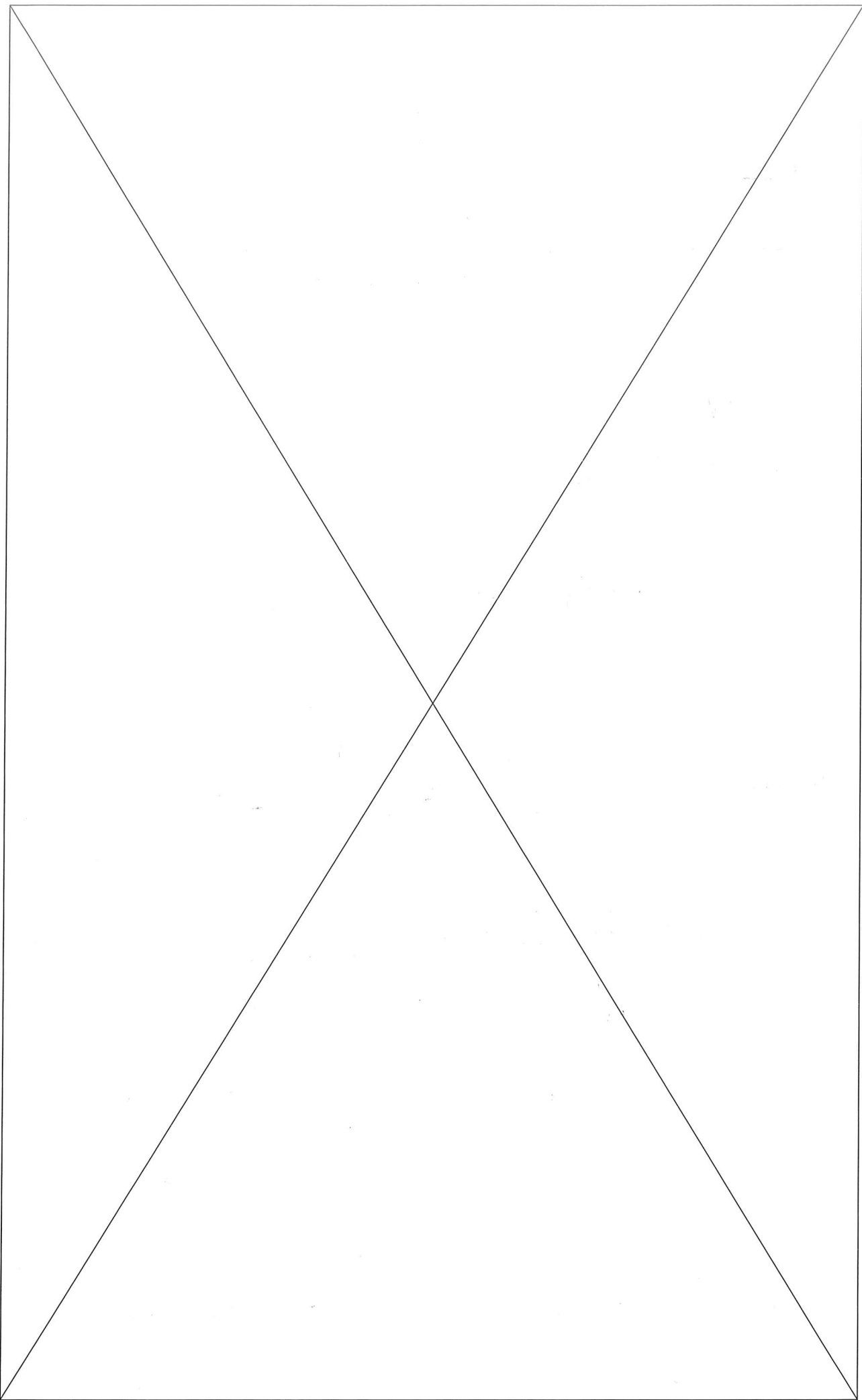
Карманова - Анна Ярославовна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

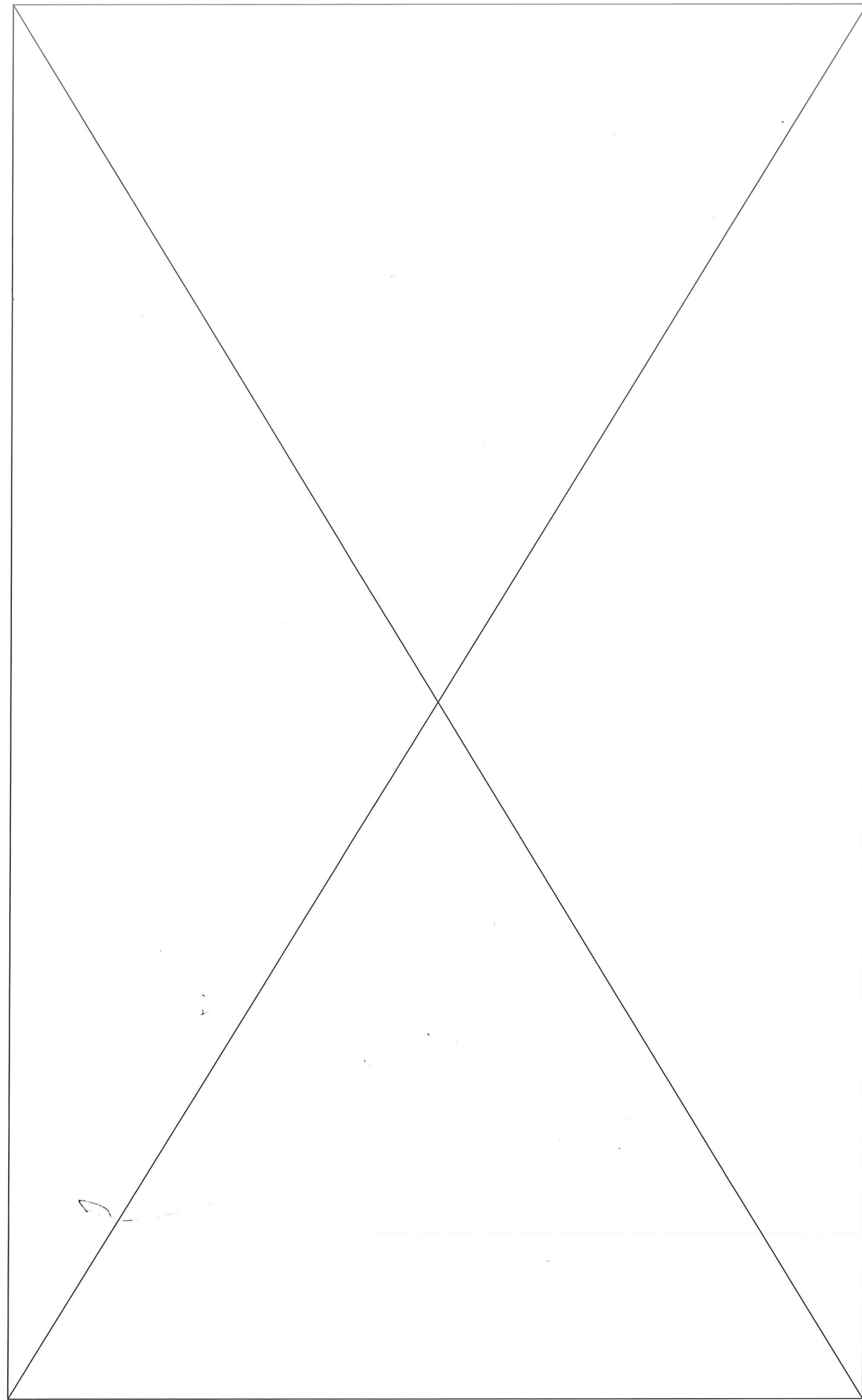
« 4 » апреля 2020 года

Подпись участника

М. Карман.



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



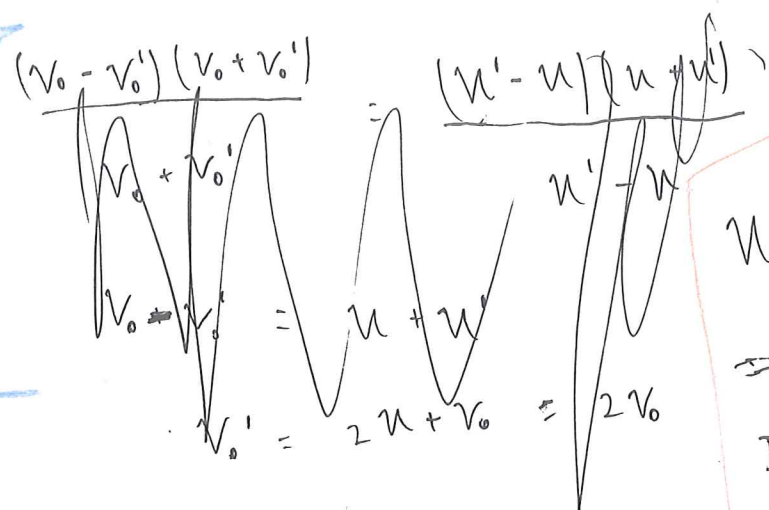
Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$$\begin{cases} \frac{mV_0^2}{2} + \frac{M\kappa^2}{2} = \frac{mV_0'^2}{2} + \frac{M\kappa'^2}{2} \\ -mV_0 + M\kappa = -mV_0' + M\kappa' \end{cases}$$

$$\begin{cases} mV_0^2 - mV_0'^2 = M\kappa'^2 - M\kappa^2 \\ -mV_0 + mV_0' = M\kappa' - M\kappa \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \kappa_m &= 200 \text{ ВТ} \\ R &= 21 \text{ Ом} \\ \kappa &= 220 \\ \kappa_R &= 120 \text{ В} \\ \kappa_L &= 160 \text{ В} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} IR &= \\ \kappa_R &= \\ \Rightarrow I_m &= \frac{\kappa_R}{R} = \frac{120}{21} \end{aligned}$$

$$\frac{m(V_0 - V_0')(V_0 + V_0')}{m(V_0 + V_0')} = \kappa + \kappa'$$

$$\epsilon = I_m R$$

$$V_0' - V_0 = \kappa + \kappa' \quad 220 = \frac{120}{21} r$$

$$V_0' = \kappa + \kappa' + V_0 \quad r = \frac{21 \cdot 220}{4} = \frac{21 \cdot 22}{4} = \frac{11 \cdot 22}{2} = 121$$

$$\frac{\sin 40}{1 + \cos 40} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2} + 1} = \frac{1}{1 + \sqrt{2}}$$

$$\chi \cdot \frac{1}{2\kappa} = \frac{10}{24} = \frac{5}{12}$$

20-34-72-25 (151.5)

Черновик

Задача:

Заменим закон сохранения импульса в проекции на ось xy и закон сохранения энергии; м.к. стенка гладкая, но по оси x на тело при ударе не действует никакая сила, и компоненты скорости не изменяются.



Положим:

$$\begin{cases} \frac{mV_{0y}^2}{2} + \frac{M\kappa^2}{2} = \frac{mV_{0y}'^2}{2} + \frac{M\kappa'^2}{2} \\ -mV_{0y} + M\kappa = -mV_{0y}' + M\kappa' \\ mV_{0y}^2 - mV_{0y}'^2 = M\kappa'^2 - M\kappa^2 \\ -mV_{0y}' - mV_{0y} = -M\kappa + M\kappa' \end{cases}$$

2	4	10	0	10	42
3	0	0	0	0	0
2	10	6	16	0	0
1	10	0	10	0	0
1	1	3	4	0	0

Акулинов К. А.
Бенедиктов И.
Кудряков

$$\frac{m(V_{0y} - V_{0y}')(V_{0y} + V_{0y}')}{m(V_{0y}' + V_{0y})} = \frac{M(\kappa' - \kappa)(\kappa' + \kappa)}{M(\kappa' - \kappa)}$$

$$-(V_{0y} - V_{0y}') = \kappa' + \kappa$$

$V_{0y}' = \kappa' + \kappa + V_{0y}$. П.к. в условии: гладкая стенка, что масса массивная, но после удара её скорость изменится настолько мало, что $\kappa' \approx \kappa$. Тогда:

$V_{0y}' = 2\kappa + V_{0y}$. Тогда угол отражения:

$$\begin{aligned} \text{tg } \beta &= \frac{V_{0x}}{V_{0y}'} = \frac{V_{0x}}{2\kappa + V_{0y}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{2 \cdot \frac{V_0}{2} + V_0 \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} \\ \Rightarrow \beta &= \arctg \frac{\sin 40^\circ}{1 + \cos 40^\circ} \end{aligned}$$

Ответ: $\beta = \arctg \frac{\sin 40^\circ}{1 + \cos 40^\circ}$

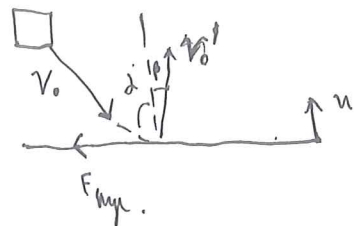
Оценки за теор. раб. - 26
Итоговая оценка - 66
(шестьдесят шесть)

Задача:

По условию:

$\kappa = \frac{V_0'}{5}$, $\alpha + \beta = 90^\circ$, $\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1-0,8^2} = 0,6$.

Численно



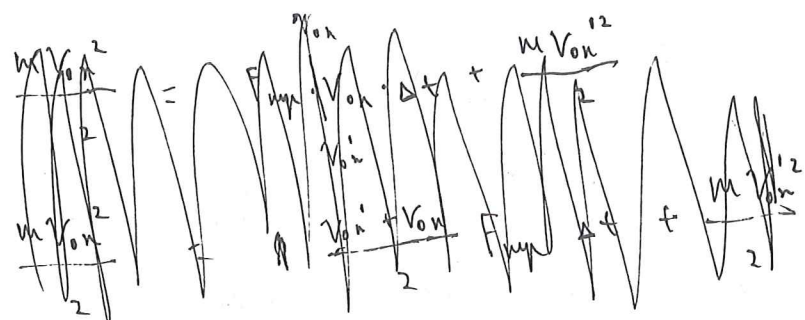
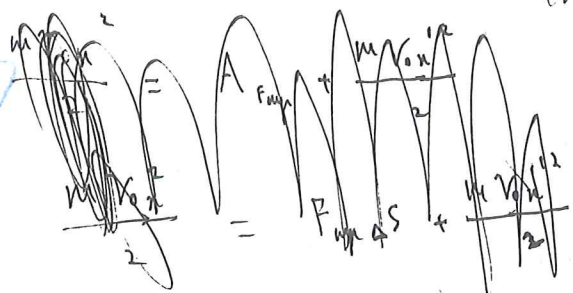
Аналогично respecto получим на ось y:

$V_{0y}' = V_{0y} + 2\kappa = V_0 \cos \alpha + 2\kappa = 0,6 V_0 + \frac{2}{5} V_0 = V_0$

Однако теперь во время движения появляется сила трения, уменьшающая скорость и выходящая из уравнения.

$m V_{0x} = m V_{0x}' + F_{тр} \Delta t$

Тогда:



По оси y: $-m V_{0y} = -m V_{0y}' + N \Delta t \Rightarrow 2m V_{0y} = -N \Delta t$

$m V_{0x} - m V_{0x}' = \mu m g \Delta t$ $N = m g$ $F_{тр} = \mu N = \mu m g$
 $2m V_{0y} = \mu \Delta t \cdot m g$

$\frac{V_{0x} - V_{0x}'}{2 V_{0y}} = \mu \Rightarrow \frac{V_{0x}}{V_{0y}} - \frac{V_{0x}'}{V_{0y}} = 2\mu$

Численно

$\tan \beta = \frac{V_{0x}'}{V_{0y}'}$

$m V_0 \sin \alpha = m V_0' \sin \beta + F_{тр} \Delta t$

$V = \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{R}{K} I$

$m V_0 \sin \alpha - m V_0' \sin(\alpha - \beta) = F_{тр} \Delta t$

$V = \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R}{K^2} T$

$V_0 \sin \alpha - V_0' \cos \alpha = \mu g \Delta t$

$m V_{0x} = F_{тр} \Delta t$

$T = \frac{m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\omega}$

$N_{max} = \frac{\mathcal{E}}{K} m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \frac{R}{K^2} m g^2 (\sin^2 \alpha + \mu \cos \alpha)^2$

$V = 0$

$\frac{\mathcal{E}}{K} = \frac{m_{max} R g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{K^2}$

$\mu = IR$

$N_{max} = T V = m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{\mathcal{E} - IR}{K}$

$= m g (\mathcal{E} - IR) \quad u_m I \sin \omega t \cos \omega t = \frac{u_m I_m}{2}$

$\sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \sin \omega t \cos \omega t = \frac{1}{2}$

$\mu = IR$

$I = \frac{u}{R} = 50 \text{ A}$

$N_{max} = m g \frac{I_{max}}{m_{max} g} (\mathcal{E} - IR) = \frac{m I_{max} (\mathcal{E} - IR)}{m_{max}}$

$V = \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R I_{max}}{K m_{max} g} m$

$= \frac{\mathcal{E} m_{max} - R I_{max} m}{K m_{max}}$

$V = \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R}{K} I = \frac{m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{K}$

$= \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R}{K} \cdot \frac{T}{K} = \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R}{K^2} T$

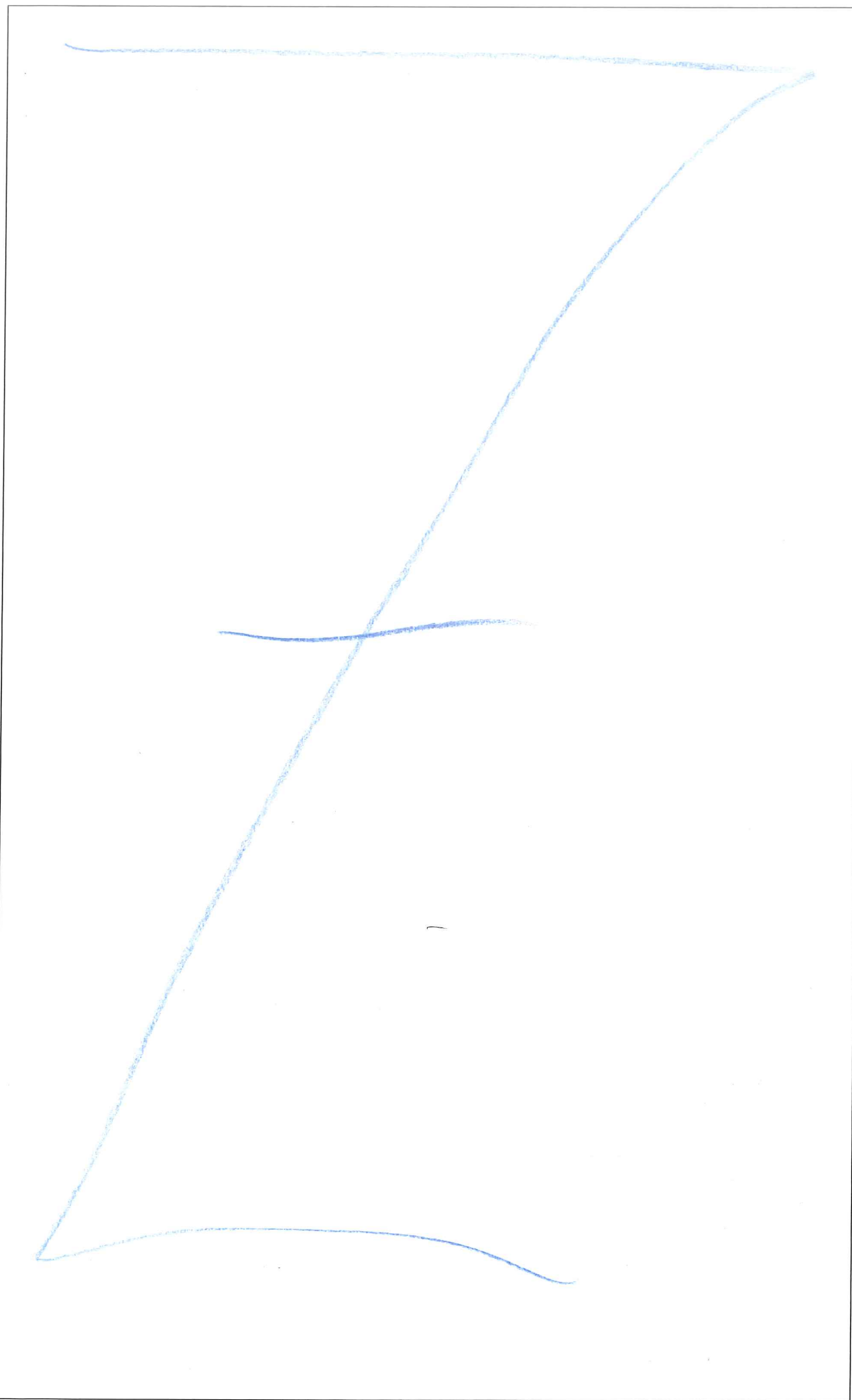
$I = I_m \sin(\omega t)$

$u = u_m \sin(\omega t + \varphi)$

$I_m u_m \sin \omega t \sin(\omega t + \varphi) = I_m u_m (\sin^2 \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \cos \omega t \sin \varphi)$

$\frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{K} = \frac{I_{max}}{m_{max} g} V \approx T$

$V \approx T$



26-34-72-25
(151.5)

$$\text{tg } \alpha - \frac{V_{on}^1}{V_{oy}} = 2\mu$$

$$\text{tg } \alpha - \frac{V_{og} \text{tg } \beta}{V_{oy}} = 2\mu$$

$$\text{tg } \alpha - \frac{1 \cdot \text{tg } \beta}{0,5} = 2\mu$$

$$\text{tg } \alpha - \frac{\text{tg } \beta}{0,5} = 2\mu$$

$$\text{tg } \alpha - \frac{\text{tg}(90-\alpha)}{\cos \alpha} = 2\mu = \text{tg } \alpha - \frac{\frac{\sin(90-\alpha)}{\cos(90-\alpha)}}{\cos \alpha} =$$

$$= \text{tg } \alpha - \frac{\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}}{\cos \alpha} = \text{tg } \alpha - \frac{1}{\sin \alpha} \Rightarrow \mu = \frac{\text{tg } \alpha \sin \alpha - 1}{2 \sin \alpha} =$$

$$= \frac{0,8}{0,5} \cdot 0,8 - 1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5} - 1 = \frac{16}{15} - 1 =$$

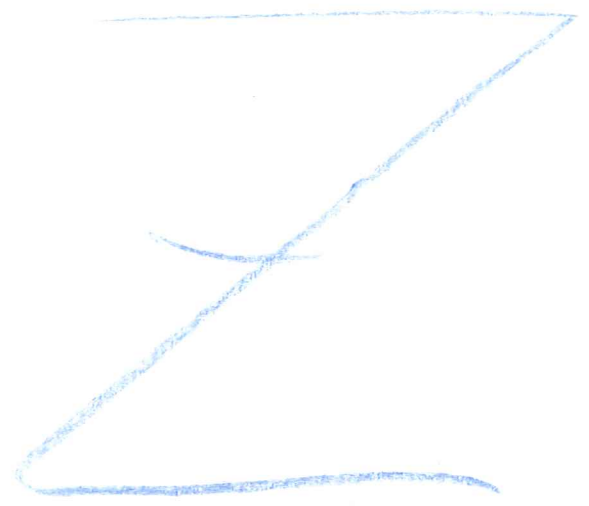
$$= \frac{1}{15} \cdot 2 \cdot 0,8 = \frac{1,6}{8 \cdot 3} = \frac{1}{24} = \mu$$

$$\text{tg } \alpha - \frac{\text{tg } \beta}{\cos \alpha} = 2\mu \quad \text{Подставив } \beta = 0:$$

$$\text{tg } \alpha = 2\mu \Rightarrow \mu_2 = \frac{\text{tg } \alpha}{2} = \frac{4}{3} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

Ответ: $\mu_1 = \frac{1}{24}$; $\mu_2 = \frac{2}{3}$

Миссис



Исходные

Формулы:

$$T \sim I$$

$$N_{\text{мотор}} = T V = K I V$$

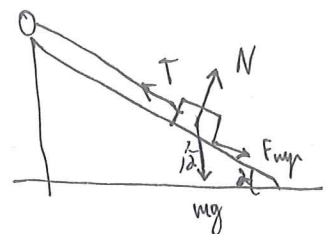
$$\epsilon I = I^2 R + K I V$$

$$\epsilon = I R + K V$$

$$V = \frac{\epsilon - I R}{K} = \frac{\epsilon}{K} - \frac{R}{K} I$$

$$I = \frac{T}{K}$$

$$V = \frac{\epsilon}{K} - \frac{R}{K^2} T \Rightarrow V \sim T$$



$$T = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \sim T^2$$

$N_{\text{мотор}} = mg V (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Таким образом, выжим, что $mg (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ - некая константа

~~.....~~. Тогда $N_{\text{мотор}} \sim m^2$.

+ Т.е. график - ~~.....~~ парабола

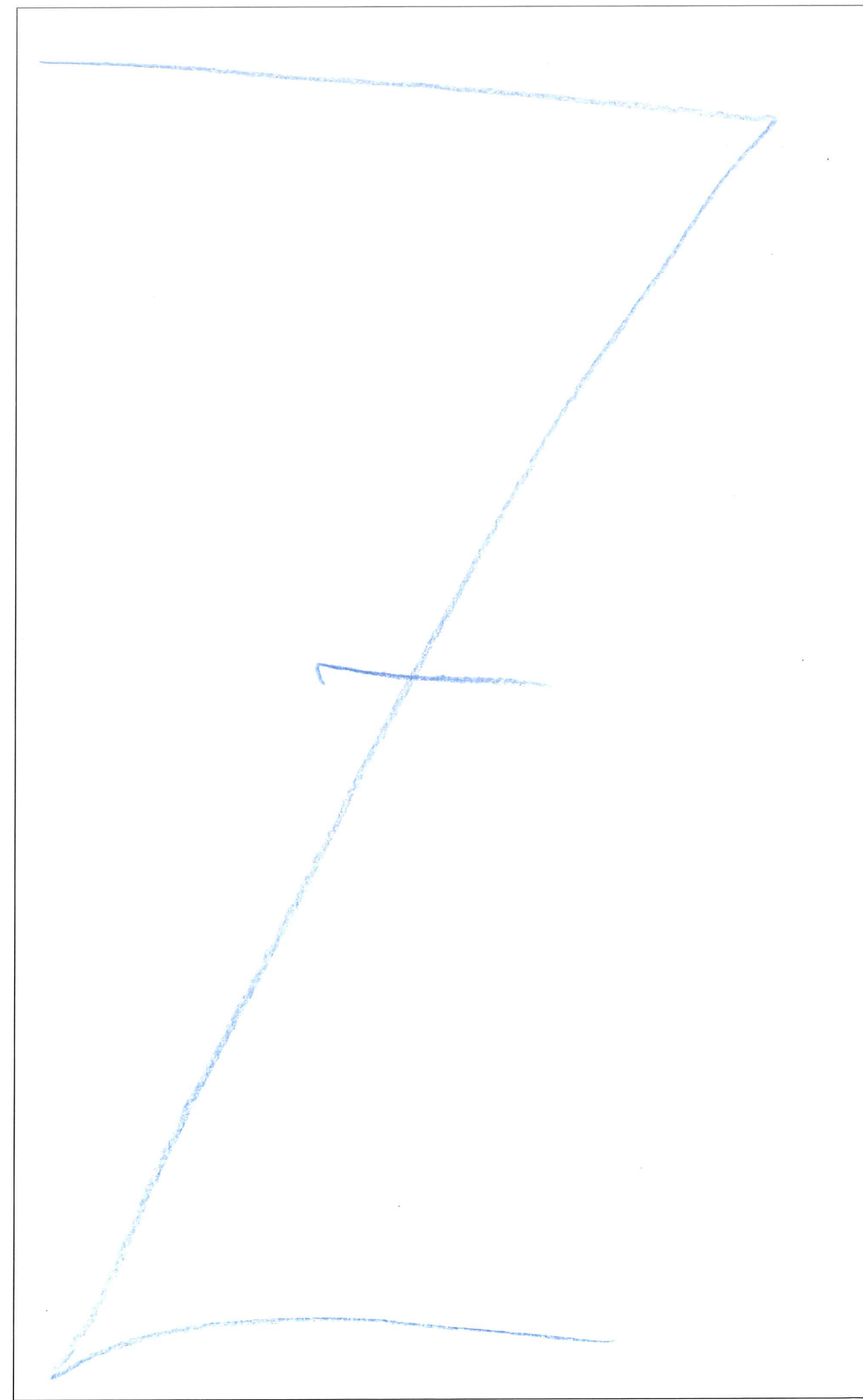
Задача:

$\epsilon = 200 \text{ В}$, $R = 4 \text{ Ом}$, $M_{\text{ном}} = 500 \text{ Вт}$; $v_1 = 1,25 \text{ м/с}$, $v_2 = ?$, м/с^2 ;
 $P_1 = ?$

~~.....~~

$$I^2 R = UI + mg V (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 0$$

уравнение



мч

числа

вопрос:

По закону Снеллиуса: через график 1;
~~первый шаг~~

$$n \sin \beta = n_2 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{n \sin \beta}{n_2} = \frac{n \sin 60^\circ}{1} = 1,4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx$$

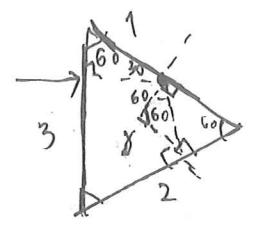
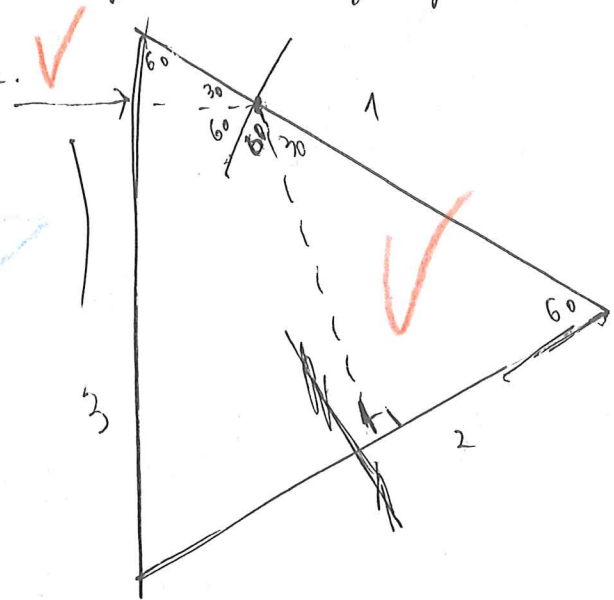
$$\approx \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} > 1 \Rightarrow \text{луч}$$

не выйдет, а выйдет



За график 2 луч падает под углом α . Тогда $\sin \alpha = 0 \Rightarrow \sin \beta = 0$, т.е. луч выйдет без преломления.

ответ: через график 2.



26-34-72-25
(151.5)

Зависит от минимальной массы - при нем ~~получается~~
 максимум будет максимальной:

$$I = \frac{\mathcal{E}^2}{K^2} - 4 R m g \gamma (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$I_{\min} = \frac{\mathcal{E}^2}{K^2} - 4 R m g \gamma (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$m = \frac{K I - I^2 R}{4 \gamma V (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$V = \frac{\mathcal{E}}{K} - \frac{R}{K^2} I \Rightarrow N_{\text{получ}} = \frac{\mathcal{E}}{K} m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) -$$

$$- \frac{R}{K^2} m^2 g^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)^2. \text{ Треугольная:}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{K} g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) - \frac{2R}{K^2} m g^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)^2 = 0$$

$$\mathcal{E} - \frac{2R}{K} m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 0$$

$$m = \frac{\mathcal{E} K}{2 R g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}. \text{ При } m_{\min} = 500 \text{ кг.}$$

$$I_{\min} = m_{\min} g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha), V=0. \Rightarrow I_{\min} = \frac{m}{R} = 500 \text{ А}$$

При этом:

$$I_{\max} = \frac{I_{\min}}{K} = \frac{m_{\min} g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{K} \Rightarrow \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{K} =$$

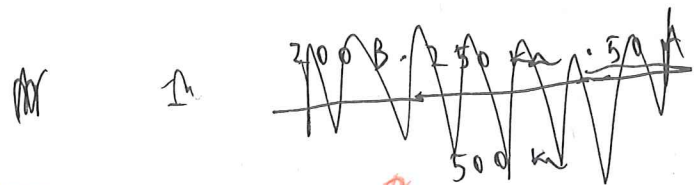
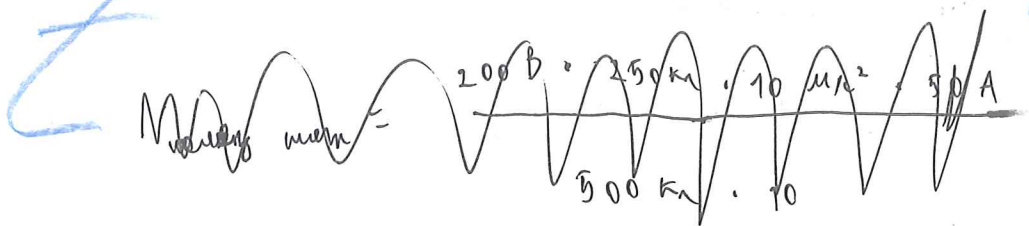
$$= \frac{I_{\min}}{m_{\min} g} \Rightarrow +m_1 = \frac{\mathcal{E} g m_{\max}}{2 R g I_{\min}} = \frac{\mathcal{E} m_{\min}}{2 R I_{\min}}$$

числовик

$$= \frac{200 \text{ В} \cdot 500 \text{ к}\Omega}{2 \cdot 4 \text{ Ом} \cdot 50 \text{ А}} = 250 \text{ к}\Omega$$

$$N_{\text{налегу макс}} = \frac{\epsilon m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{k} - \frac{R m_1^2 g^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)^2}{k^2} =$$

$$= \frac{\epsilon m g I_{\text{ман}}}{k_{\text{ман}} g} - \frac{R m_1^2 g^2 I_{\text{ман}}^2}{m_{\text{ман}}^2 g^2} =$$

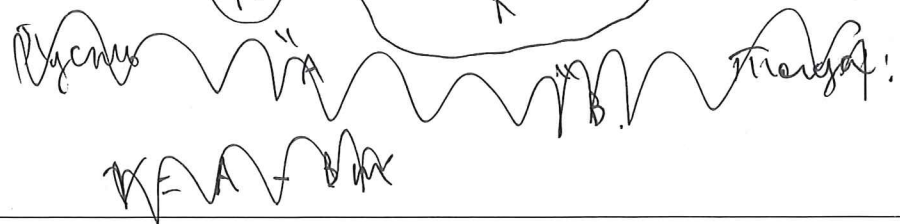


$$= \frac{200 \text{ В} \cdot 250 \text{ к}\Omega \cdot 50 \text{ А}}{500 \text{ к}\Omega} - \frac{4 \text{ Ом} \cdot 250^2 \text{ к}\Omega^2 \cdot 50^2 \text{ А}^2}{500^2 \text{ к}\Omega^2}$$

$$= 5000 \text{ В}\tau - 250 \text{ В}\tau = 4750 \text{ В}\tau = N_{\text{налегу макс}}$$

$$V = \frac{\epsilon}{k} - \frac{R m g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{k^2} =$$

$$= \left(\frac{\epsilon}{k} \right) - \left(\frac{R g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{k^2} \right) m$$



числовик

$$V_1 = A - B m_1$$

$$V_2 = A - B m_2 = A - 1,2 B m_1$$

$$V_1 = V_2 = 0,2 B m_1$$

$$V_2 = V_1 - 0,2 B m_1$$

$$V = \frac{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m}{k m_{\text{ман}}}$$

$$V_1 = \frac{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m_1}{k m_{\text{ман}}}$$

$$V_2 = A m_2$$

$$V_1 = \frac{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m_1}{k m_{\text{ман}}}$$

$$V_2 = \frac{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m_2}{k m_{\text{ман}}}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m_1}{\epsilon m_{\text{ман}} - R I_{\text{ман}} m_2} =$$

$$= \frac{200 \text{ В} \cdot 500 \text{ к}\Omega - 4 \text{ Ом} \cdot 50 \text{ А} \cdot 250 \text{ к}\Omega}{200 \text{ В} \cdot 500 \text{ к}\Omega - 4 \text{ Ом} \cdot 50 \text{ А} \cdot 1,2 \cdot 250 \text{ к}\Omega}$$

$$= \frac{100000 - 50000}{106000 - 1,2 \cdot 50000} = \frac{50000}{0,8 \cdot 50000} = \frac{1}{0,8}$$

ответ: $V_2 = 0,8 V_1 = 0,8 \cdot 1,25 \text{ м/с} = 1 \text{ м/с}$
 $m_1 = 250 \text{ к}\Omega$, $R_{\text{ман}} = 4750 \text{ В}\tau$, $V_2 = 1 \text{ м/с}$.