



Или от
+ 1 или от

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

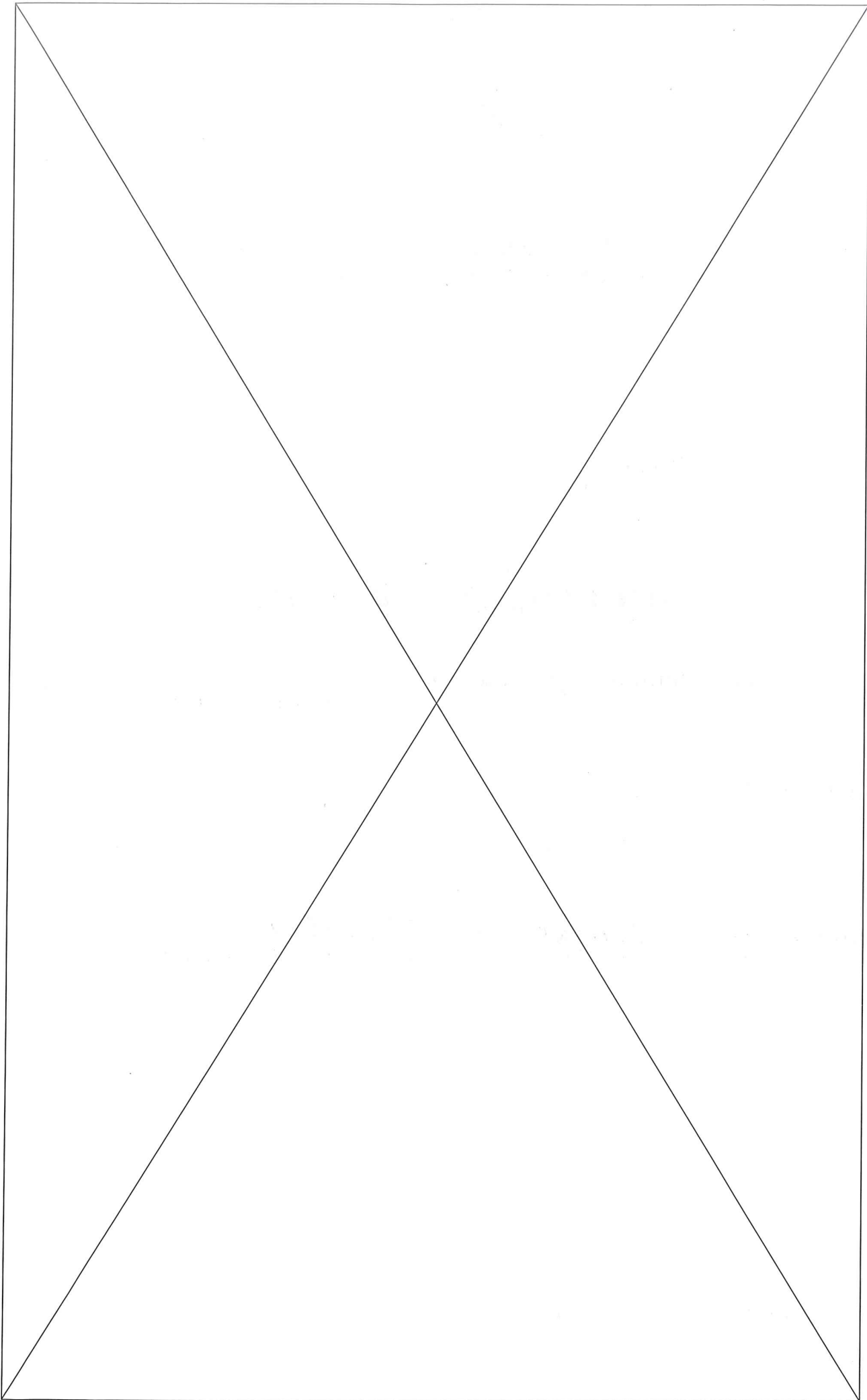
Олимпиада школьников Роботест
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

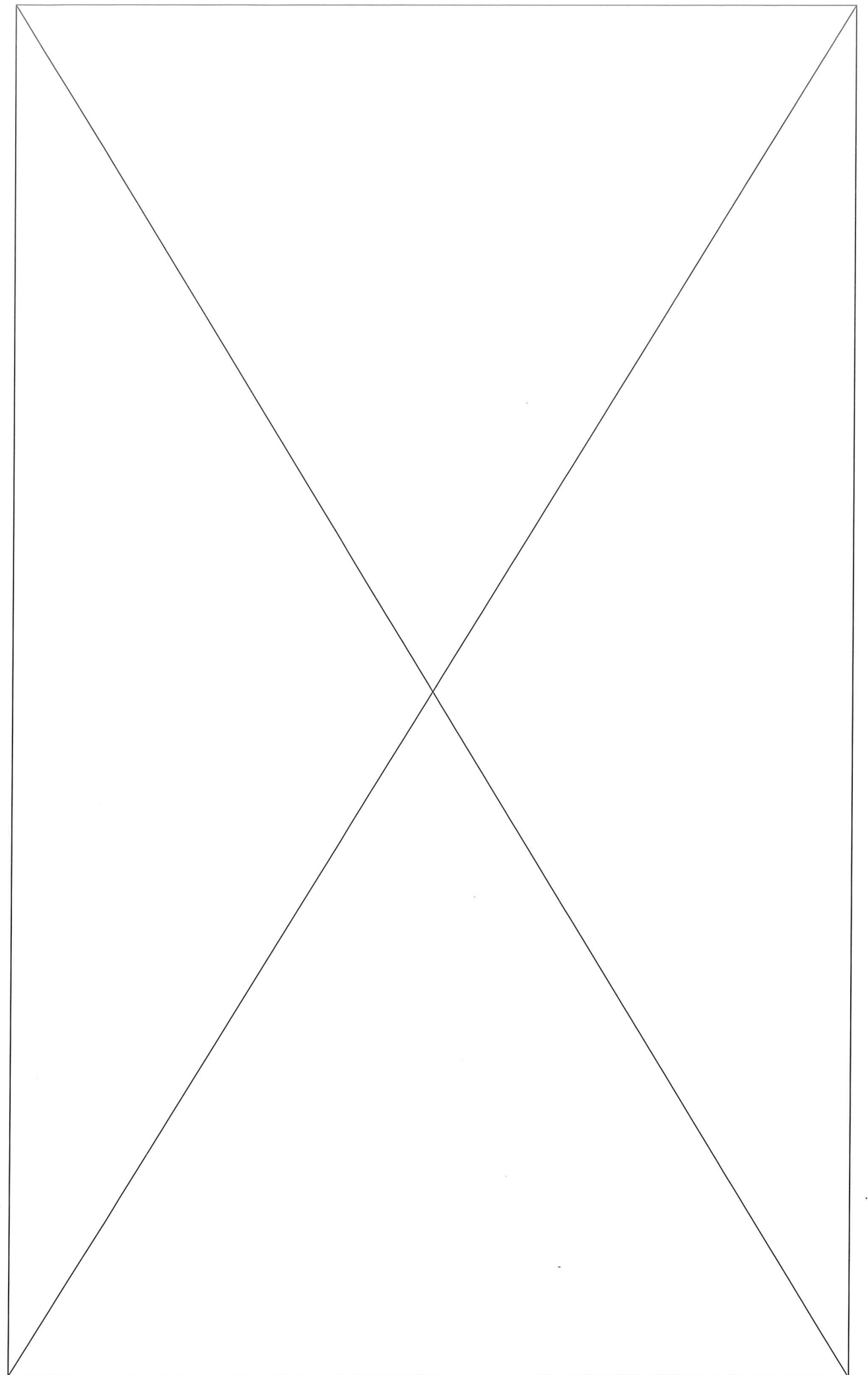
Мещенцевой Елизаветы Павловны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«4» апреля 2026 года

Подпись участника
ЕЕВ



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Криволиней

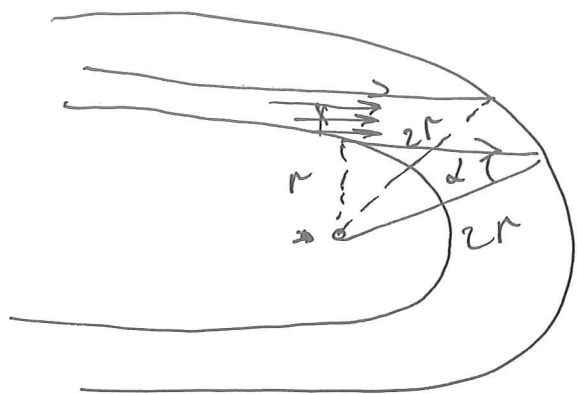
$$\sin \alpha_{\text{нбс}} \geq \frac{1}{n} ; \sin \alpha_{\text{мин}} = \frac{n}{R} = \frac{1}{2}$$

~~до 500 Н,~~

$500 \leq \lambda \leq 700$ все лучи

падают в приемник

$$\sin \alpha = \frac{4}{10} \quad n(\lambda) = \frac{500}{1000} = \frac{1}{2}$$



$$\lambda = \frac{1000}{n(\lambda)} = \frac{1000}{1/2} = 2000$$

$$n(\lambda) = \frac{1000}{500} = 2$$

$$\sin \alpha = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{n + \lambda}{2r} = \frac{2}{5}$$

$\frac{6}{10}$ падает

$$5r + 5v = 4r$$

5v

400 - 500 - 1000
все падает

$$\frac{n + v}{2r} = \frac{7}{10}$$

$$10r + 10v = 14r$$

$$4r = 10v$$

$$v = \frac{4}{10} r$$

99-90-13-70
(55.1)

Криволиней



$$\vec{v}_{0x} = \vec{v} - \vec{u}$$

$$\vec{v}_x = \vec{v} - \vec{u}$$

$$v_{0x} = v_x - u_x$$

$$v_y = v_y - u_y$$

$$v_x = v \sin \alpha ; u_x = 0$$

$$v_y = -v \cos \alpha ; v_y = v$$

$$v_{0x} = v \sin \alpha$$

$$v_{0y} = -v \cos \alpha - u$$

поша угара: $v_{0x}' = v_{0x} = v \sin \alpha$

$$v_{0y}' = -v_{0y} = v \cos \alpha + u$$

$\beta = \arctan \frac{v_{0y}'}{v_{0x}'}$

Муровин
Калиновский
Александр К.В.

4	10	15	25
3	10	15	25
2	8	15	23
1	10	15	25
N	B	S	W

Замени: $v_x = v_{0x}' + u_x$

$v_y = v_{0y}' + u_y$

$$v_{ix} = v \sin \alpha$$

$$v_{iy} = v \cos \alpha + u - u = v \cos \alpha$$

$$UI - RI^2 = kmgv$$

$$f(P) = UI - RI^2$$

$$I = \frac{-U}{-2R} = \frac{U}{2R}$$

$$f(P) = \frac{U^2}{2R} - \frac{RU^2}{4R^2} = \frac{U^2}{2R} = kmgv$$

$$U = RI \Rightarrow I = \frac{U}{R}$$

$$\frac{U^2}{R} = \frac{RU^2}{R^2}$$

Оценка Тест. тура (59)
Итоговая оценка (99)
(Дебильность фобет)

$$E = RI + kv \quad \text{Черновик}$$

$$\frac{E - RI}{k} = v$$

$$I = \frac{E}{R}$$

$$EI = RI^2 + F \cdot v$$

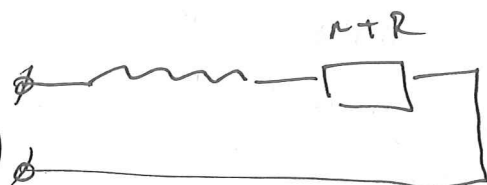
$$\frac{EI - RI^2}{v} = F = kmg$$

$$-RI^2 + EI - kmgv = 0$$

$$x_0 = \frac{-E}{-2R} = \frac{E}{2R}$$

$$= \frac{R \cdot E^2}{4R^2} + \frac{E^2}{2R}$$

$$I_m =$$

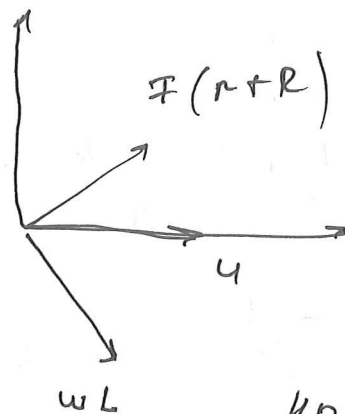


$$I = I_m \cos(\omega t + \varphi)$$

$$L \dot{I} = -\omega L \sin(\omega t + \varphi) =$$

$$= \omega L \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

т.е. U_L отстает на $\frac{\pi}{2}$



$$I = \frac{120}{21}$$

$$120^2 = \omega^2 L^2 + I^2 R^2$$

$$I = \frac{U_R}{R}$$

$$40 =$$

$$160 = v$$

$$\cos \varphi = \frac{U_R^2 + U_L^2 - U^2}{2U_R U_L}$$

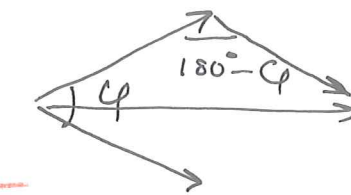
$$\frac{36}{96}$$

$$\frac{16}{256} + \frac{144}{400}$$

$$\frac{22}{44}$$

$$\frac{44}{484}$$

$$UI = RI + kv$$



$$\frac{1,4}{2} = \sin f$$

$$\frac{4}{2,5} \cdot \frac{4}{R} = \beta mg$$

$$UI = RI^2 + F \cdot v$$

$$U = RI + kv$$

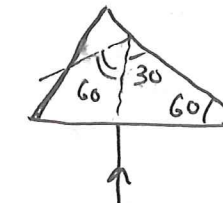
~~$$UI =$$~~

$$UI = RI^2 + \beta mg \cdot v$$

$$P = \beta mg \cdot v = UI - RI^2 = I(U - RI)$$

$$v = \frac{U - RI}{k}$$

$$1,25 = \frac{U - \frac{R \cdot U}{2R}}{k} = \frac{U}{2k} \quad ; \quad k = \frac{4}{2,5}$$



$k = \frac{U}{2R}$ Числовые

$$k \cdot \frac{U}{2R} \cdot v = \frac{U^2}{4R} \text{ , где}$$

$$v = 1,25 \frac{m}{c}$$

$$k = \frac{U}{2v} = \frac{200}{2 \cdot 1,25} = 80$$

подставим в (**), получим

$$\frac{U}{2v} \cdot \frac{U}{R} = A m_{max} g$$

$$A = \frac{U^2}{2vR m_{max} g} = \frac{200^2}{2 \cdot 1,25 \cdot 4 \cdot 500 \cdot 10} = 0,8$$

$$P_{max} = \frac{U^2}{4R} = A m g v \Rightarrow m_1 = \frac{U^2}{4R \cdot A g v} = \frac{200^2}{4 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot 1,25} = 250 \text{ кг} \oplus$$

$$P_{max} = \frac{U^2}{4R} = \frac{200^2}{16} = 2500 \text{ Вт} \oplus$$

при $m = 1,2 \text{ м, г}$:

$$U I_1 - R I_1^2 = A \cdot 1,2 \text{ м, г} \cdot v_1$$

$$U I_1 - R I_1^2 = 1,2 A m, g \left(\frac{U - R I_1}{k} \right)$$

$$I_1 = \frac{1,2 A m, g}{k} = \frac{1,2 \cdot 0,8 \cdot 250 \cdot 10}{80} = 30 A$$

тогда $v_1 = \frac{U - R I_1}{k} = \frac{200 - 4 \cdot 30}{80} = 1 \frac{m}{c}$

ответ: ~~м~~ $m_1 = 250 \text{ кг}$

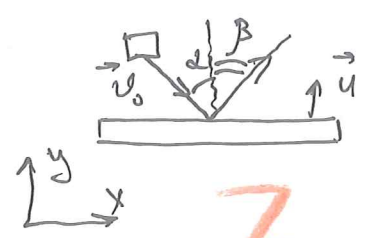
$$P_{max} = 2500 \text{ Вт}$$

$$v_1 = 1 \frac{m}{c}$$

99-90-13-70 (151.1)

№1 Числовые

Вопрос



1) перейдем в СО плиты:

$$\vec{v}_{отн} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

$$\begin{cases} v_{отнx} = v_{0x} - u_x \\ v_{отны} = v_{0y} - u_y \end{cases}$$

$$v_{0x} = v_0 \sin \alpha \quad u_x = 0$$

$$v_{0y} = -v_0 \cos \alpha \quad u_y = u$$

тогда $v_{отнx} = v_0 \sin \alpha$

$$v_{отны} = -v_0 \cos \alpha - u$$

Плита гладкая, удар упругий, \Rightarrow

\Rightarrow после удара в СО плиты скорость куба не изменится: $v_{отн}^1 = v_{отн}$

$$v_{отнx}^1 = v_{отнx} \text{ (т.к. трения нет)}$$

$$v_{отны}^1 = -v_{отны} = v_0 \cos \alpha + u$$

Перейдем обратно в СО земли

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{отн}^1 + \vec{u}, \text{ где } v_1 - \text{ скорость}$$

кубика после удара

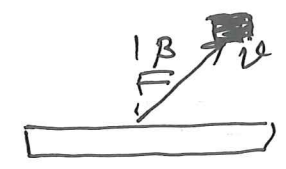
$$v_{1x} = v_{отнx}^1 + u_x = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{1y} = v_{отны}^1 + u_y = v_0 \cos \alpha + u + u = v_0 \cos \alpha + 2u$$

$$\text{tg } \beta = \frac{v_{1x}}{v_{1y}} =$$

$$= \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha + 2u} =$$

$$= \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha + \frac{2v_0}{2}} =$$

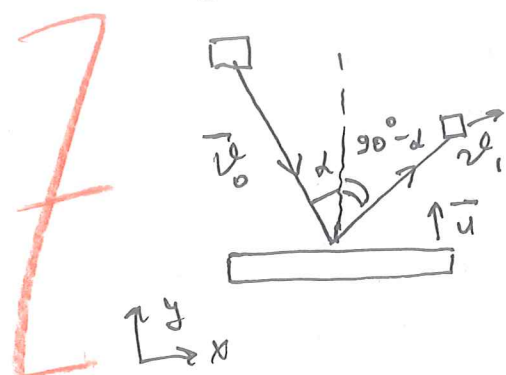


$$= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} = 0,36 \Rightarrow \beta \approx 20^\circ \oplus$$

ответ: $20^\circ \oplus$

Задача

Числовые



$\vec{v}_1 \perp \vec{v}$ (где \vec{v}_1 - скорость кубика после удара) \Rightarrow
 \Rightarrow кубик отразился под углом $90^\circ - \alpha$ к нормали

~~из вопроса к задаче~~

~~получаем, что~~

перейдем в СО плиты:

$$\vec{v}'_{отн} = \vec{v}_0 - \vec{u} \quad \left\{ \begin{array}{l} v'_{отнx} = v_{0x} - u_x \\ v'_{отны} = v_{0y} - u_y \end{array} \right.$$

$$v'_{отнx} = v_0 \cos \alpha - u$$

$$v'_{отны} = -v_0 \sin \alpha - u$$

Пусть Δp_x - изменение импульса

шарика по вертикали, Δp_y - по горизонтали

изменение импульса кубика по вертикали (в относительной СО)

$$\begin{cases} \Delta p_y = N \Delta t \\ \Delta p_x = -|F_{тр}| \Delta t' \end{cases} \quad \text{где } \Delta t, \Delta t' - \text{очень малые времена}$$

$$2m(v_0 \cos \alpha + u) = N \Delta t$$

$$m v'_{отнx} - m v_{отнx} = -|F_{тр}| \Delta t'$$

$\Delta t = \Delta t'$, т.к. кубик отразился под углом к плите. Тогда

$$|F_{тр}| = \mu N$$

$$v'_{отнx} = v_{отнx} - \frac{\mu N \Delta t}{m}$$

$$= v_0 \sin \alpha - \mu \cdot 2(v_0 \cos \alpha + u)$$

№2

Числовые

Вопрос:

Пусть U - напряжение, поддерживаемое аккумулятором, R - сопротивление цепи обмотки мотора. Тогда

$$UI = RI^2 + Fv, \text{ где } F - \text{ сила натяжения троса.}$$

$$F = Amg, \text{ где } A - \text{ полезная}$$

мощность

$$UI - RI^2 = Amg \cdot v = P_{\text{полезн.}} \Rightarrow$$

\Rightarrow графиком зависимости полезной мощности лебедки от массы груза.

является прямой, проходящей через начало координат (при неизменной скорости подъема)

№2 Задача:

$$Amg = KI. \quad (**)$$

При $m = m_{\max}$:

$$P_{\text{полезн}} = UI - RI^2 \geq 0 \Rightarrow$$

$$U = RI; \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\frac{Amg}{m} = \frac{KU}{R} \quad (***) \quad Am_{\max} \cdot g = \frac{KU}{R}$$

При $m = m_1$:

$P_{\text{полезн}}(I) = UI - RI^2$ - парабола, графиком функции является парабола ветвью вниз \Rightarrow

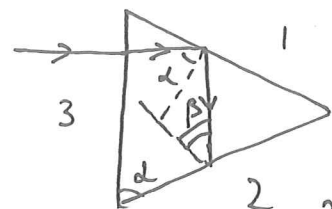
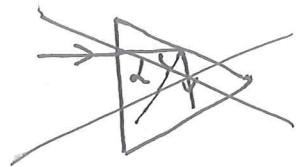
\Rightarrow максимальное значение будет в ее вершине:

$$I_{\text{в}} = \frac{-U}{-2R} = \frac{U}{2R}; \quad P(I_{\text{в}}) = \frac{U^2}{2R} - \frac{U^2}{4R} = \frac{U^2}{4R} = P_{\text{max}}$$

N4

числовик

Вопрос:



1) Изначально ~~луч~~ ^{лучик} падает по нормали к поверхности \Rightarrow
 \Rightarrow не преломляется

2) Далее ~~луч~~ ^{лучик} падает на грань 1 под углом $\alpha = 60^\circ$ ✓

Условие полного отражения из призмы:
 $\sin \alpha_0 < \sin \alpha_{пво}$, где $\alpha_{пво}$ - минимальный угол, при котором происходит полное внутреннее отражение, до-угол падения

$$\sin \alpha_{пво} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,4} = \frac{10}{14} = \frac{5}{7}$$

При $\alpha_0 = \alpha$: $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} > \frac{5}{7} \Rightarrow$ ✓

\Rightarrow лучик испытывает полное внутреннее отражение

3) Лучик падает на 2 грань под углом $\beta = 90^\circ - \alpha = 30^\circ$

$$\sin \beta = \frac{1}{2} < \frac{5}{7} \Rightarrow$$

\Rightarrow лучик выйдет из призмы ✓

Ответ: лучик выйдет из призмы через 2 грань



числовик

Перейдем обратно в со Земли:

~~$$v_x = v_0 \sin \alpha$$~~
$$\vec{v}'_1 = \vec{v}'_{0гн} + \vec{u}$$



$$v_{ix} = v_0 \sin \alpha - 2\mu (v_0 \cos \alpha + u)$$

$$v_{iy} = 2u + v_0 \cos \alpha$$

$$\text{tg}(90^\circ - \alpha) = \frac{v'_{ix}}{v'_{iy}} = \frac{v_0 \sin \alpha - 2\mu (v_0 \cos \alpha + u)}{2u + v_0 \cos \alpha} =$$

$$= \frac{\sin \alpha - 2\mu (\cos \alpha + \frac{1}{5})}{(\frac{2}{5} + \cos \alpha)} = \text{ctg} \alpha$$

$$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6 ; \text{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4}$$

$$\text{ctg} \alpha (0,4 + \cos \alpha) = \sin \alpha - 2\mu (\cos \alpha + 0,2)$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha - \text{ctg} \alpha (0,4 + \cos \alpha)}{2(\cos \alpha + 0,2)} =$$

$$= \frac{0,8 - 0,75 (0,4 + 0,6)}{2(0,6 + 0,2)} = \frac{0,03125}{1,0625}$$

Угол отражения станет равным нулю при $v'_{0гнx} = 0$; т.е.

$$\text{при } v_0 \sin \alpha = 2\mu_1 (v_0 \cos \alpha + \frac{v_0}{5})$$

$$\mu_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2(v_0 \cos \alpha + \frac{v_0}{5})} =$$

$$= \frac{\sin \alpha}{2(\cos \alpha + \frac{1}{5})} = \frac{0,8}{2(0,6 + 0,2)} =$$

$$= 0,5 \quad \text{Ответ: } \mu = 0,03125$$

$$\mu_1 = 0,5$$



99-90-13-70
(151.1)

№3

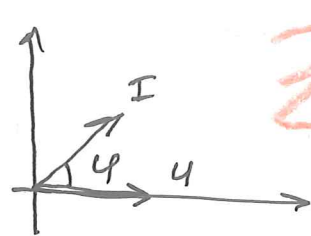
Чистовик

Вопрос:

Пусть U, I - действующие значения тока и напряжения.

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Нарисуем векторную диаграмму для действующих значений тока и напряжения:



тогда $P = UI \cos \varphi$, где P - среднее значение мощности.

$$P = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos \varphi = \frac{1}{2} U_m I_m \cos \varphi$$

Ответ: $P = \frac{U_m I_m \cos \varphi}{2}$

Задача:

1) Найти напряжение на резисторе:

(* $U_R = I_R \cdot R$, $I_R = I$ (элементы соединены последовательно) \Rightarrow

\Rightarrow ток через них одинаков; ~~$U_L = U_R$~~

$I_L = I_R = I$) $U_R = I \cdot R \Rightarrow I = \frac{U_R}{R}$

2) Из (*) также следует, что

напряжение на резисторе пропорционально току в цепи \Rightarrow

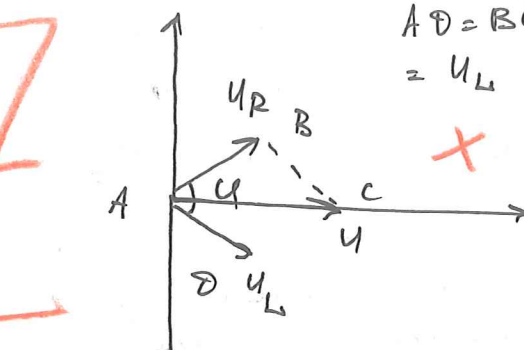
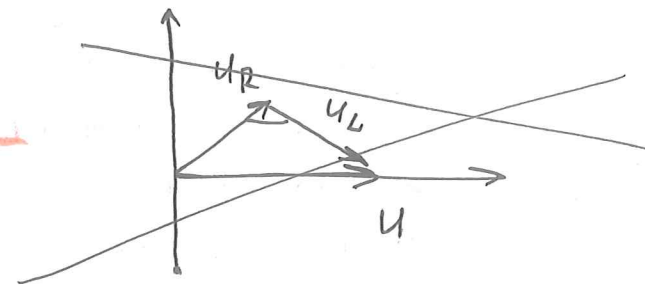
\Rightarrow сдвиг фаз между напряжением на катушке и на резисторе равен сдвигу фаз между

Чистовик

Током и напряжением

на катушке. ($\varphi = \varphi_1$)

Построим векторную диаграмму для действующих значений напряжений



$AD = BC = U_L$

Заметим т. косинусов для ΔABC :

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2 + 2U_R U_L \cos \varphi$$

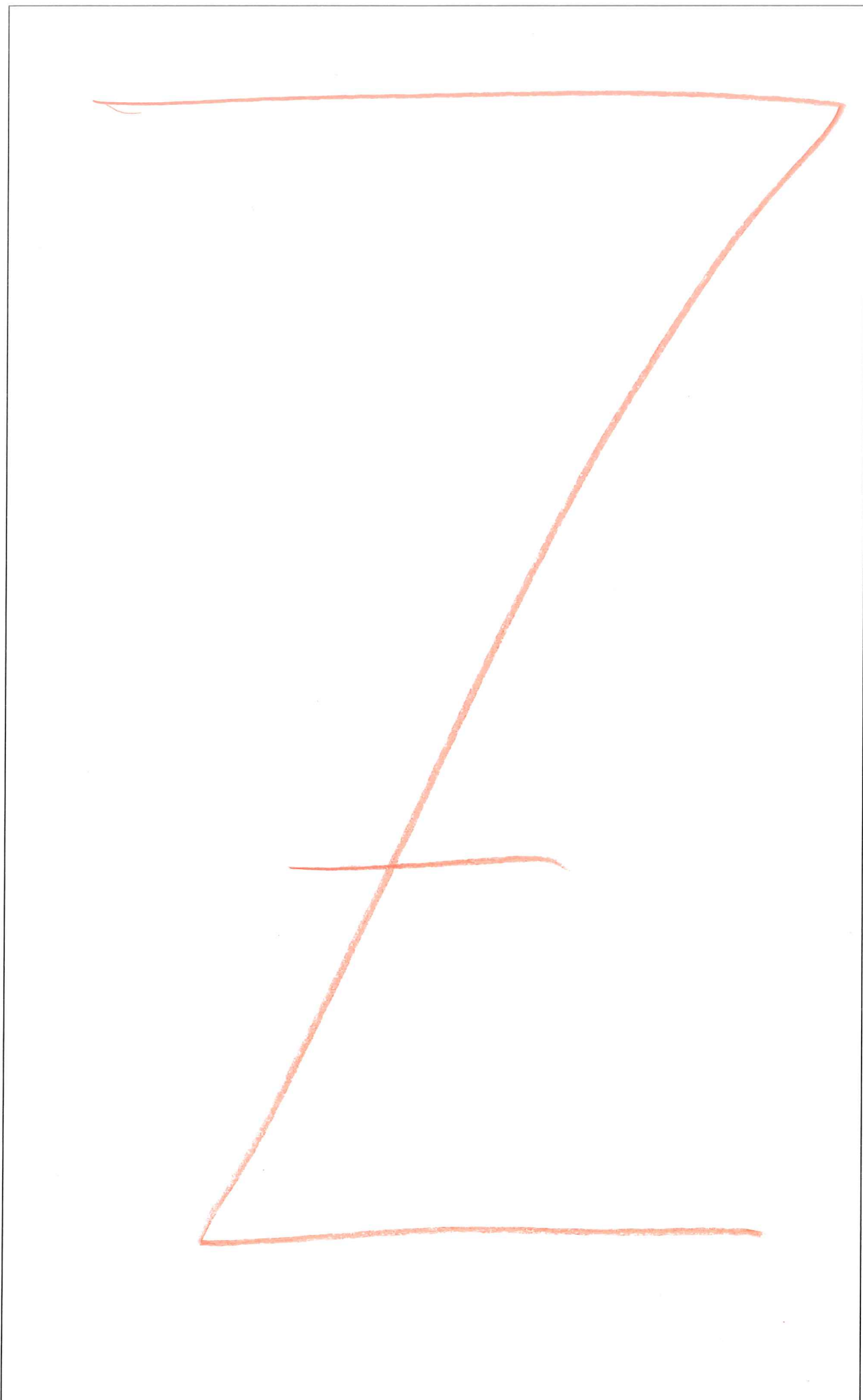
$$\cos \varphi = \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2U_R U_L}$$

$$P = U_L \cdot I \cdot \cos \varphi = U_L \cdot \frac{U_R}{R} \cdot \frac{(U^2 - U_R^2 - U_L^2)}{2U_R U_L} =$$

$$= \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2R} = \frac{220^2 - 160^2 - 120^2}{2 \cdot 21} =$$

$= 200 \text{ Вт}$

Ответ: 200 Вт.



99-90-13-70
(151.1)

Черновик

$$v_{0x} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cos \alpha - u$$

$$2m(v_0 \cos \alpha + u) = \mu \Delta t$$

~~$$m v_0^2 = m v_0 \cos$$~~

~~$$m v_0^2 - m v_0 \cos$$~~

$$m v_0^2 - m v_0 \sin \alpha = -\mu \Delta t$$

$$v_0^2 = v_0 \sin \alpha - \frac{\mu \Delta t}{m}$$

$$= v_0 \sin \alpha - \frac{2\mu (v_0 \cos \alpha + u)}{m}$$

$$\Rightarrow$$

$$v_{1x} = v_0 \sin \alpha - 2\mu (v_0 \cos \alpha + u)$$

$$v_{1y} = v_0 \cos \alpha + u + u =$$

$$= v_0 \cos \alpha + 2u$$

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

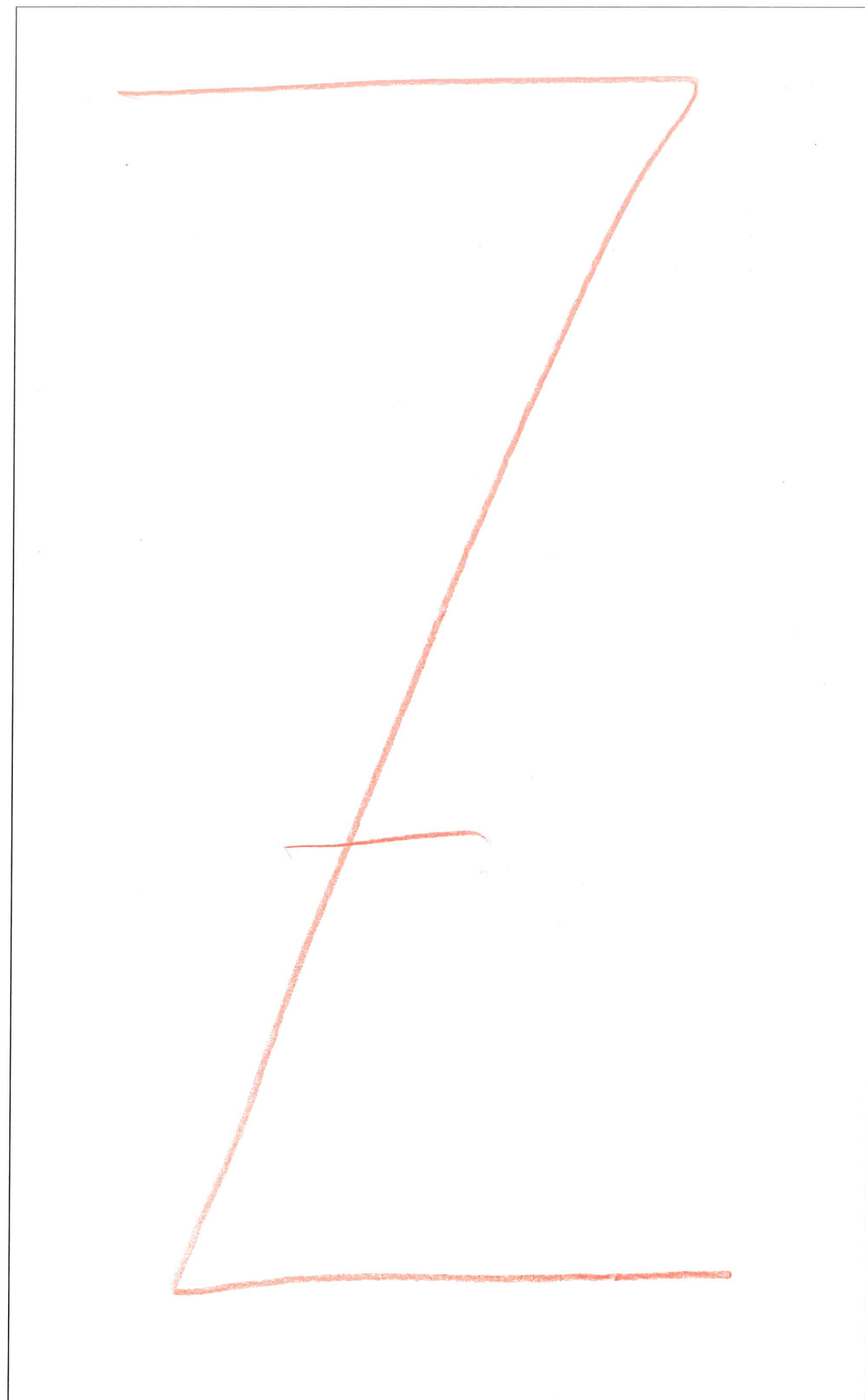
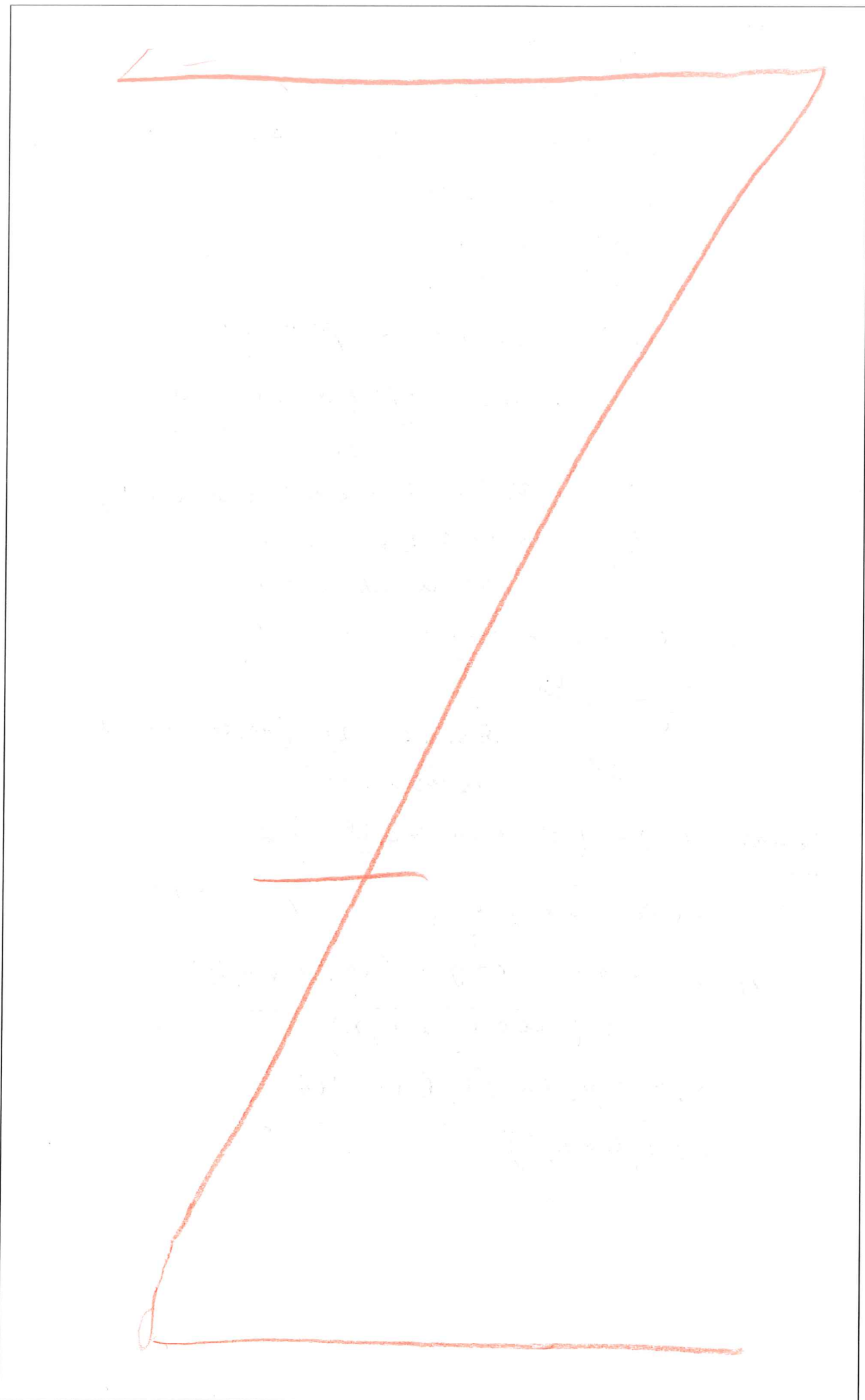
~~$$\frac{3}{4} = \frac{v_0 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha}$$~~

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{v_0 \sin \alpha - 2\mu (v_0 \cos \alpha + u)}{v_0 \cos \alpha + 2u}$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha - \operatorname{ctg} \alpha (v_0 \cos \alpha + 2 \cdot \frac{v_0}{5})}{2(v_0 \cos \alpha + \frac{v_0}{5})} = \mu$$

$$\mu = \frac{\sin \alpha - \operatorname{ctg} \alpha (\cos \alpha + 0,4)}{2(\cos \alpha + 0,2)}$$

$$= \frac{0,8 - 0,75(0,6 + 0,4)}{2(0,6 + 0,2)}$$



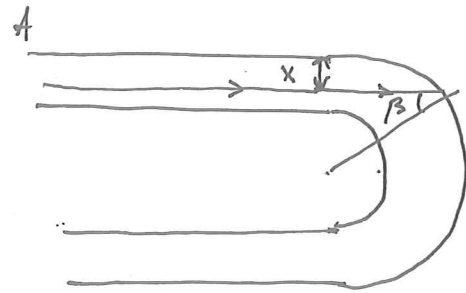
№1

~~Продолжение~~

Чистовик

Продолжение

задачи



Пусть луч, который

использует ЛВО, находит ее на расстоянии x от внешней поверхности торца. Тогда $\sin \beta = \frac{r + r - x}{2r}$

$= \frac{2r - x}{2r} = \frac{\lambda}{1000}$

$$2000r - 1000x = 2r\lambda$$

$$x = \frac{2000r - 2r\lambda}{1000}; \text{ при } \lambda = 500$$

Тогда часть лучка, испытывающая ЛВО:

$$d = \frac{x}{r} = \frac{2000r - 2r\lambda}{1000r}$$

$$\lambda = 700:$$

$$d = \frac{2000r - 1400r}{1000r} = \frac{6}{10}$$

при $\lambda = 500 \quad d \geq 1$

тогда среднее значение

$$d \text{ при } 500 < \lambda \leq 700 \quad d_{\text{ср}} = \frac{8}{10}$$

тогда мощность лучка в диапазоне величин от 400

$$\text{до } 500: P_1 = \frac{1}{3} P_0 = \frac{1}{3} \cdot 15 = 5 \text{ Вт}$$

Мощность лучка в диапазоне величин от 500 до 700:

$$P_2 = \frac{2}{3} P_0 \cdot d = \frac{2}{3} \cdot 15 \cdot \frac{8}{10} = 8 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 = 13 \text{ Вт} \quad \checkmark$$

ответ:
13 Вт

99-90-13-70
(51.1)

№2

Чистовик

Вопрос:

Пусть U - напряжение, поддерживаемое аккумулятором, R - сопротивление цепи обмотки ротора. Тогда

$$(1) UI = RI^2 + F \cdot x, \text{ где } F - \text{ сила натяжения троса. } F = KI = A \tan \alpha$$

K, A - постоянные. Подставим $F = KI$

в (1), получим:

$$UI = RI^2 + KI^2$$

$$U = RI + \frac{K}{I} I^2; \quad U = \frac{U - RI}{K}$$

Подставим $F = A \tan \alpha$, получим:

$$UI = RI^2 + A \tan \alpha I$$

$$UI = RI^2 + A \tan \alpha \left(\frac{U - RI}{K} \right)$$

$$P = A \tan \alpha \left(\frac{U - RI}{K} \right) \Rightarrow$$

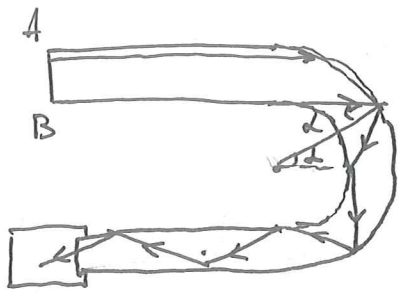
\Rightarrow ~~мощность~~ графиком зависимости полезной мощности от массы груза будет являться прямой.

Ответ: графиком зависимости полезной мощности лебедки от массы лучка с грузом является прямая.

N 4

Итоговые

Задача



Лучи испытывают
ПВО при $d \geq d_{\text{пво}}$, где $d_{\text{пво}}$ —
угол полного
внутреннего
отражения

Лучи, падающие из т. А,
идут почти по нормали
к грани световода, т.е. точно
испытывают ПВО \Rightarrow луч из
т. В идет под минимальным
углом:

$$\sin \alpha = \frac{r}{R} = \frac{1}{2} \geq \frac{1}{n} \text{ (ус-} \\ \text{ловие ПВО)} \quad n = \frac{a}{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \geq \frac{1}{a/x} ; \quad x \geq \frac{2}{a}$$

~~$$x \leq \frac{2}{a}, \quad x \leq$$~~

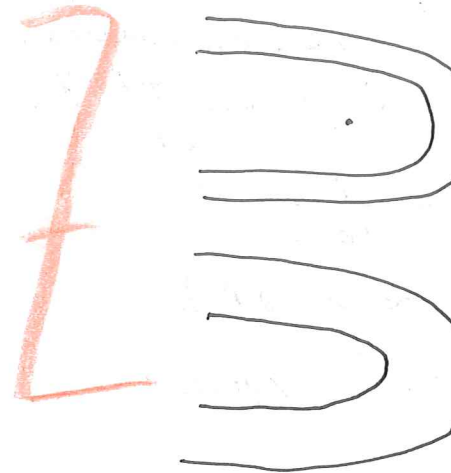
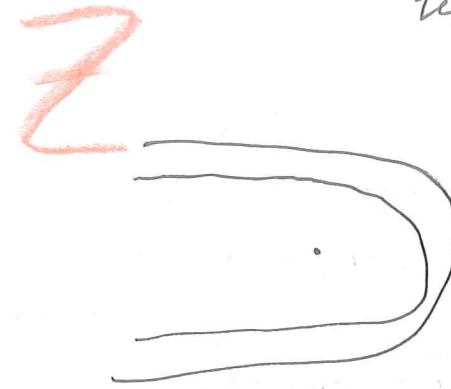
$x \leq \frac{a}{2}$ т.е. при $x \leq 500 \text{ мм}$
все лучи проходят через
световод. при $500 < x$

$500 < x \leq 700$ через
световод проходит
только часть лучей

Из рисунка видно, что
все лучи, которые испыты-
вают ПВО при первом
падении на внешнюю
часть световода, в дальнейшем
покидают его.

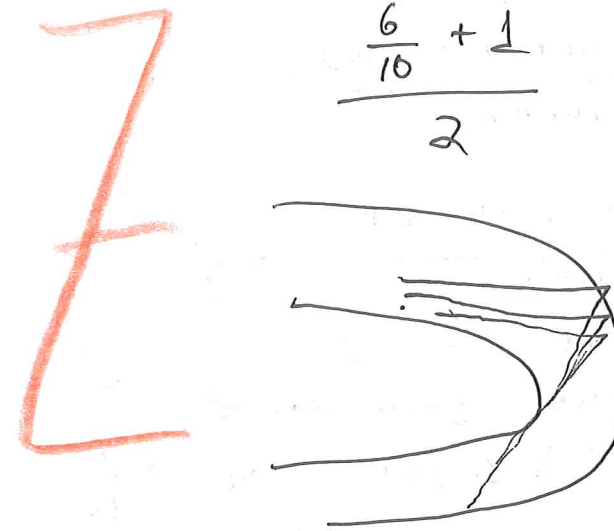
Черновые

$$700 : \frac{4}{10} \text{ волн}$$



$$\frac{1}{3} \cdot 15 = 5$$

$$\frac{\frac{6}{10} + 1}{2}$$



$$n = \frac{1000}{700}$$

$$\sin \alpha \geq \frac{7}{10}$$