



+1 мес 15:04
+1 мес 15:41
+1 мес 16:17

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

+1 мес 16:57

Вариант 5

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

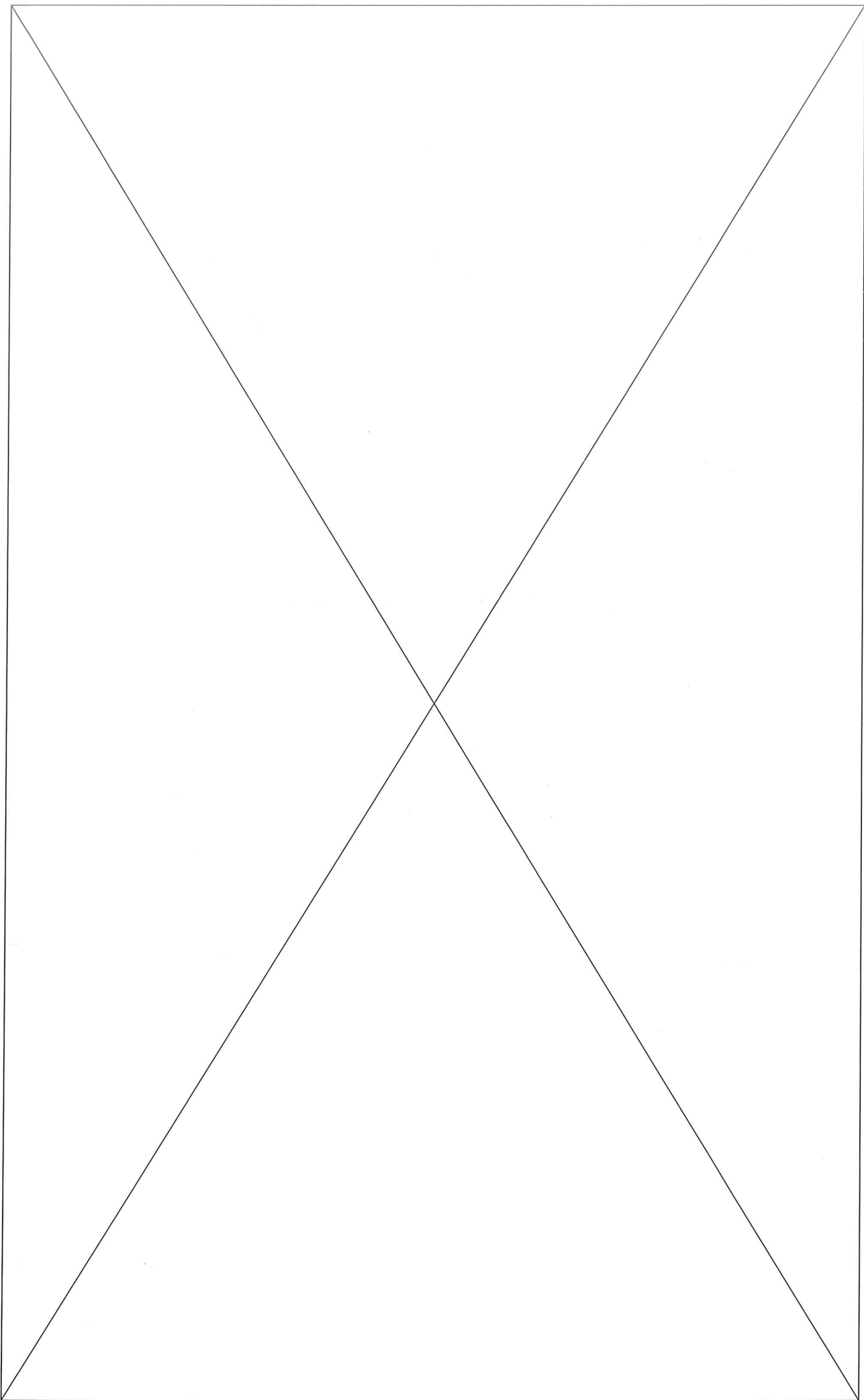
Олимпиада школьников Рободрефт
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

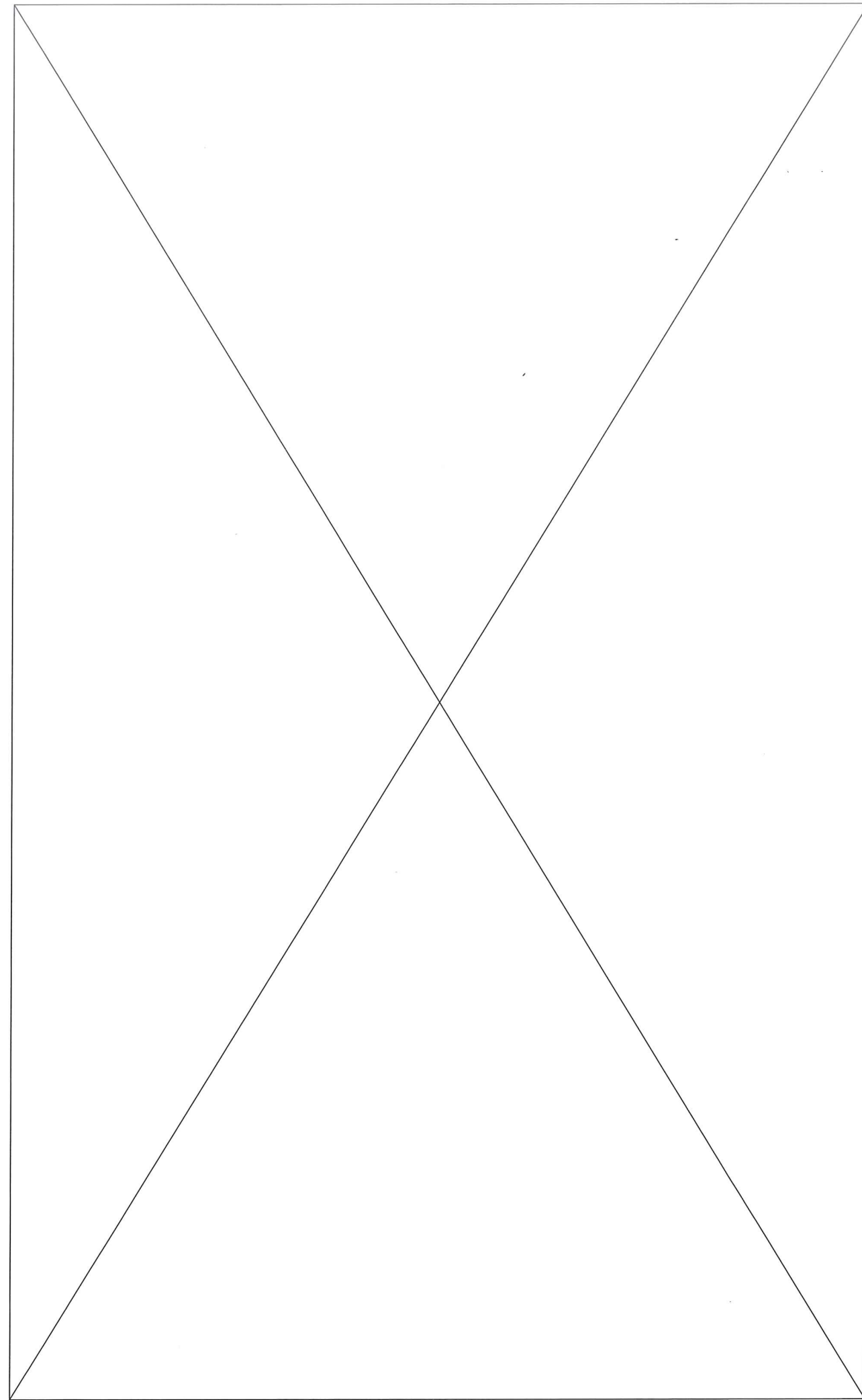
Ильдар Дарин Суатовны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«04» апреля 2026 года

Подпись участника
[Signature]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

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



$$\operatorname{tg} \beta = 0,75$$

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

$$= \frac{v_0 (\sin \alpha - \operatorname{tg} \beta (\cos \alpha + \frac{1}{5}))}{2 v_0 (\cos \alpha + \frac{1}{5})}$$

$$\mu = \underline{0,125}$$

Условие 1

Задача 1:

~~Вопрос:~~

Задача:

Дано: v_0
 $\alpha = \arcsin(0,8)$

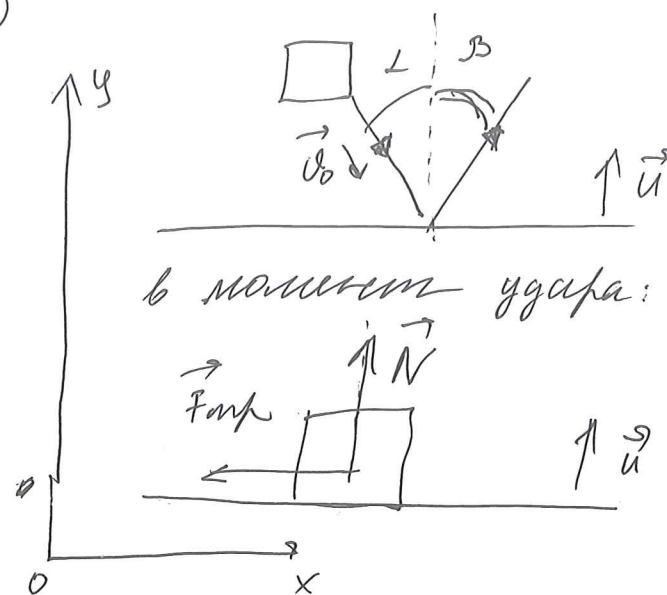
$u = v_0 : 5$

Найти:

а) μ - ?

б) μ_k - ?

Решение



в момент удара:

Найдем изменение импульса ~~по~~ по оси:

Оу:

$$m v_y - (-m v_{y0 \text{тн}}) = N \Delta t$$

$v_{y0 \text{тн}}$ - отрицательная скорость в момент отрыва нити

$$\vec{v}_0 \cos \alpha = \vec{v}_{y0 \text{тн}} + \vec{u}$$

$$\text{Оу: } -v_0 \cos \alpha = -v_{y0 \text{тн}} + u$$

$$v_0 \cos \alpha = v_{y0 \text{тн}} - u$$

$$v_{y0 \text{тн}} = v_0 \cos \alpha + u$$

Ищем:

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

нормальная (вертикальная) составляющая импульса не меняется:

Оценка за теор. тип 3.6
 31-09-42-95 (15.1.3)
 59
 Вопросы
 Мерсис
 Каминский
 Усупов
 Нобирова
 ТМ/2

$2m(v_0 \cos \alpha + u) = N \Delta t$ Условие 1

ОХ:

$m v_{0x} - m v_{отн x} = -F_{тр} \Delta t,$

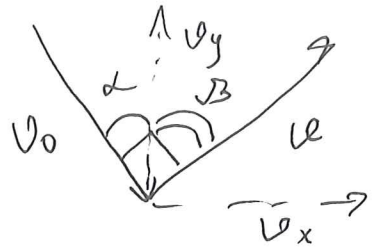
$v_{отн x}$ - отн. скорость

$\vec{v}_0 = \vec{v}_{отн x} + \vec{u}$

ОХ:

$v_0 \sin \alpha = v_{отн x}$

По условию:



$\alpha + \beta = 90^\circ \rightarrow$
 \rightarrow из условия

Отсюда:

$v_x = v_y \cdot \operatorname{tg} \beta =$

$= v_0 (v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta$

Итак:

$m (v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta - m v_0 \sin \alpha = -F_{тр} \Delta t,$

~~$m (v_0 \cos \alpha + u)$~~

~~$m (v_0 \sin \alpha - (v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta) = F_{тр} \Delta t,$~~

пусть $\Delta t_1 = t$

$m (v_0 \sin \alpha - (v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta) = \mu N \Delta t_1$

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

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

Чертовик 12

~~Условие 1~~

$m (v_x - v_0 \sin \alpha) = -F_{тр} \Delta t,$

$m (v_y \operatorname{tg} \beta - v_0 \sin \alpha) = -F_{тр} \Delta t,$

$m ((v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta - v_0 \sin \alpha) = -F_{тр} \Delta t,$

$\Delta t_1 = \Delta t$

$m ((v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta - v_0 \sin \alpha) = -\mu N \Delta t$

$\mu ((v_0 \cos \alpha + u) \operatorname{tg} \beta - v_0 \sin \alpha) =$

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

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

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

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

$= \frac{v_0 \sin \alpha}{2 (v_0 \cos \alpha + \frac{v_0}{5})} = \frac{v_0 \sin \alpha}{2 v_0 (\cos \alpha + \frac{1}{5})} =$

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

Черновик 4

Задача 2:

Вопрос:

пусть \mathcal{E} - ЭДС двигателя

I - сила тока в двигателе

R - сопротивление катушки

Или

$$P_{\text{полн}} = Q + P_{\text{полез}}$$

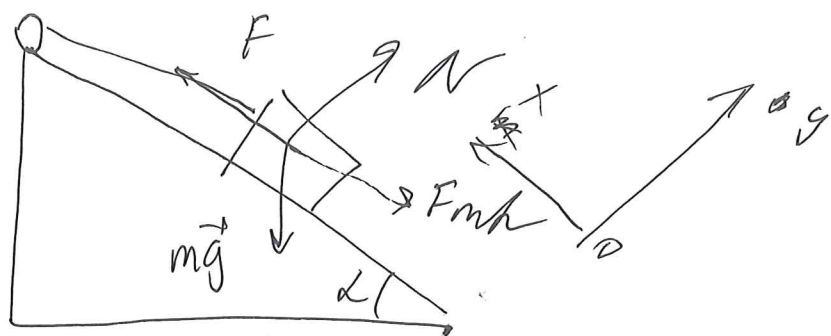
$$P_{\text{полез}} = P_{\text{полн}} - Q$$

$$P_{\text{полез}} = \mathcal{E}I - I^2R$$

Из условия: $I \sim F$ (F - сила натяжения троса), пусть k - коэффициент пропорциональности, т.е. $I = k \cdot F$

Ищем:

$$P_{\text{полез}} = \mathcal{E}kF - k^2F^2R$$



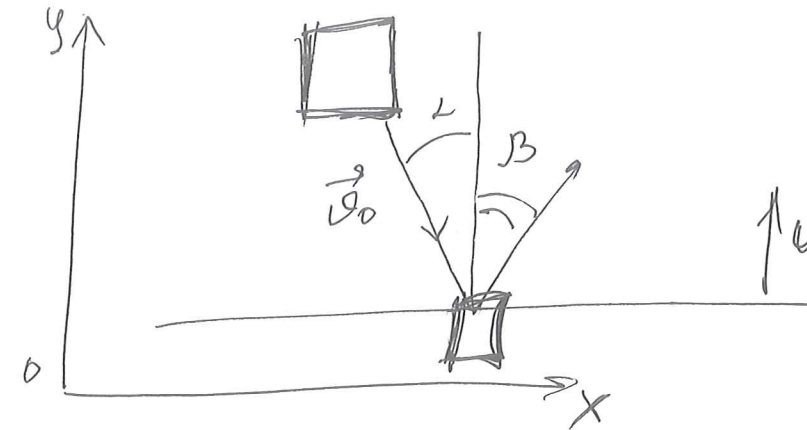
2 з-на Ньютона:

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: F = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$F = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

Черновик 10



Oy:

~~$$m v_{y \text{ отн.}} - (-m v_{y \text{ отн.}}) = N \Delta t$$~~

$$m v_{y \text{ отн.}} - (-m v_{y \text{ отн.}}) = N \Delta t$$

$$2m v_{y \text{ отн.}} = N \Delta t$$

~~$$v_{y \text{ отн.}} = v_0 \cos \alpha = v_{y \text{ отн.}} + U$$~~

$$-v_0 \cos \alpha = -v_{y \text{ отн.}} + U$$

$$+v_0 \cos \alpha = v_{y \text{ отн.}} - U$$

$$v_{y \text{ отн.}} = v_0 \cos \alpha + U$$

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

$$v_{y \text{ отн.}} = v_{y \text{ отн.}} = v_0 \cos \alpha + U$$

Ox:

~~$$m v_{x \text{ отн.}}$$~~

$$m v_x + m v_{x \text{ отн.}} = 0$$

~~$$v_0 \sin \alpha = v_{x \text{ отн.}} + 0$$~~

$$2m v_0 \sin \alpha = 0$$

$$\beta = \alpha ???$$



Тановик 8

$$P_{\text{полез}} = 2400 \text{ (Вт)}$$

Найдем F при массе m :

$$F = 1,2m, g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$F = 1,2 \cdot 250 \cdot 10 \cdot 0,8 = 2400 \text{ (Н)}$$

$$P_{\text{полез}} = F v_1$$

$$v_1 = \frac{P_{\text{полез}}}{F}$$

$$v_1 = \frac{2400}{2400} = 1 \text{ м/с}$$

Ответ: $m_1 = 250 \text{ кг}$

$$v_1 = 1 \text{ м/с}$$

Задача 1:

Вопрос:

При такой ситуации и ~~горизонтальной~~ касательной составляющей импульса остается неизменной (удар упругий), а вертикальная составляющая

Тановик 5

$$F = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) +$$

Ищем:

$$P_{\text{полез}} = \varepsilon k mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - k^2 R (mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2$$

Заметим, что зависимость квадратичная. +

Задача

Дано:

$$U = \varepsilon = 200 \text{ В}$$

$$R = 4 \text{ Ом}$$

$$m_{\text{max}} = 500 \text{ кг}$$

$$v = 1,25 \text{ м/с}$$

Найти:

$$m_1 - ?$$

$$v_1 - ?$$

Решение:

Исходя из формулы из вопроса:

$$P_{\text{полез}} = m \varepsilon k g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - m^2 k^2 R (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2$$

$$P_{\text{полез}} = \varepsilon k g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) m - 2k^2 R (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2 m^2$$

$$0 = \varepsilon k g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) m - 2k^2 R (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2 m^2$$

$$\varepsilon k g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 2k^2 R (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2 m_1$$

$$\varepsilon = 2kR (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)) m_1$$

$$m_1 = \frac{\varepsilon}{2kR (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))}$$

31-09-42-95
(151,3)

Штробилка в

из указанного выше,

$$I = k F$$

$$k = \frac{I}{F} = \frac{I}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

~~Ищем:~~
 ~~$m_1 = \frac{\epsilon I R}{2 I R g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$~~
 ~~$= \frac{\epsilon m_{max}}{2 I R}$~~
 ~~$= \frac{\epsilon m_{max}}{2 I R}$~~

$$= \frac{I}{m_{max} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

Ищем:

$$m_1 = \frac{\epsilon}{2 \frac{I R}{m_{max} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \cdot g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$= \frac{\epsilon m_{max}}{2 I R} = \frac{\epsilon m_{max}}{2 \cdot 2 \cdot \epsilon} = \frac{m_{max}}{2}$$

$$m_1 = \frac{500}{2} = 250 \text{ (кг)} +$$

~~Ищем~~

$$P_{процез} = F \cdot v +$$

Ищем $P_{процез}$ при $m_1 =$ штробилка

$$P_{процез max} = \epsilon k g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) m_1 -$$

$$= \epsilon k^2 R (g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2 m_1^2$$

подставим k:

$$P_{процез} = \frac{\epsilon I m_1}{m_{max}} -$$

$$= \frac{\epsilon^2 I^2}{m_{max}^2} R m_1^2$$

$$P_{процез} = \frac{\epsilon^2 m_1}{R m_{max}} - \frac{\epsilon^2}{2 m_{max}^2} m_1^2$$

$$P_{процез} = 2500 \text{ Вт} +$$

$$F = \frac{P_{процез}}{v} \Rightarrow F = \frac{2500}{1,25} =$$

$$= 2000 \text{ (Н)}$$

↓

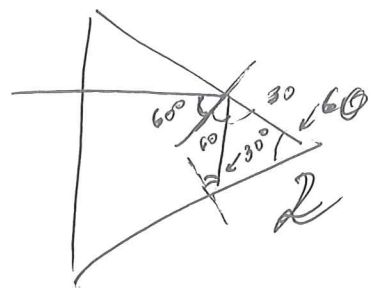
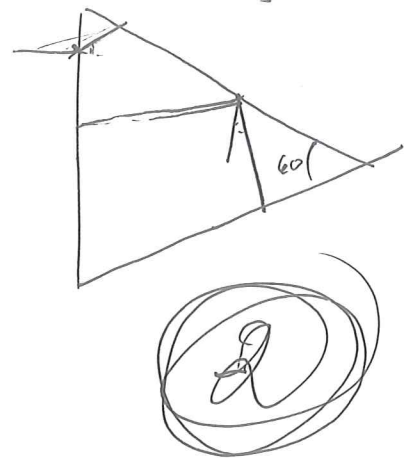
$$(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{F}{m_1 g}$$

$$(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{2000}{250 \cdot 10} = 0,8$$

Ищем v , для груза массой $m = 1,2 \text{ м}$

$$P_{процез} = \frac{\epsilon^2 m_1}{R m_{max}} - \frac{\epsilon^2 (1,2 m_1)^2}{R m_{max}^2}$$

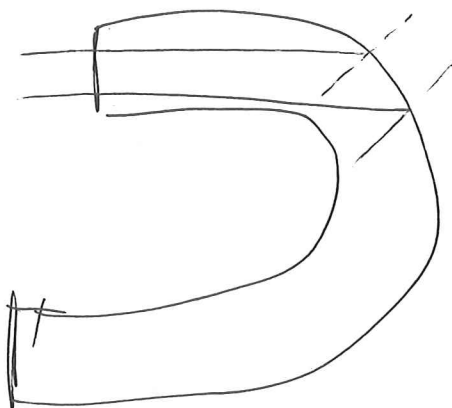
Черновик 2



$$h_n \sin 60 = h_b \cdot \sin 90$$

$$L \approx h_n \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin 60}$$

min gmm.



$$h_{кк} = 4,5$$

$$h_{qp} = 1,3 \dots$$

$$\text{Si } \alpha = \frac{1}{h}$$

$$\text{min } \sin \alpha \approx 0,4$$

$$\text{max } \sin \alpha \approx 0,7$$

увеличим

увелич.

угла крив.

31-09-42-95
(151,3)

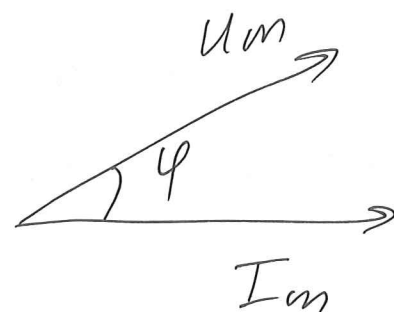
Черновик 3

индукция просто меняем направление на противоположное (модуль составляющей остается неизменным). Следовательно, $\alpha = \beta$

Задача 3:

Вопрос:

Нарисуем векторную диаграмму:



Заметим, что φ - это угол между векторами U_m

$$U_m \text{ и } I_m \Rightarrow P = U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi$$

Задача:

Дано:

$$R = 21 \text{ Ом}$$

$$U_m = 220 \text{ В}$$

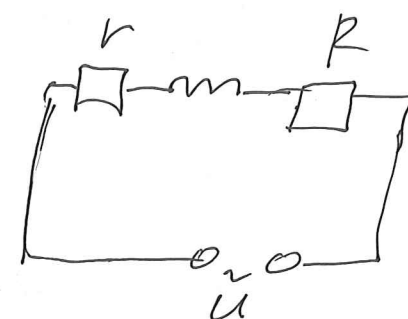
$$U_{R_m} = 120 \text{ В}$$

$$U_{L_m} = 160 \text{ В}$$

Найти:

$P = ?$

Решение
Схема:



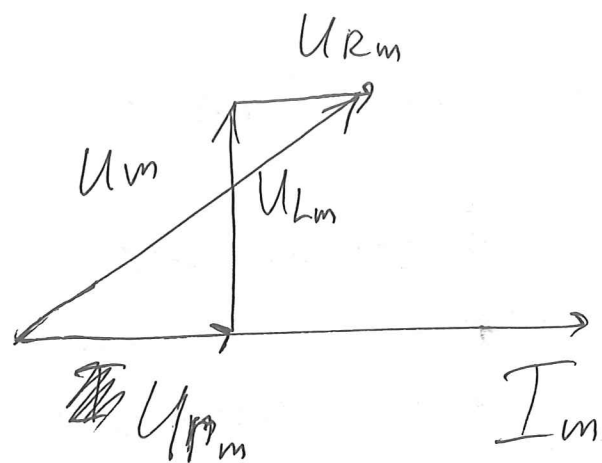
R - сопротивление катушки

Черновик 10

Элементы цепи соединены последовательно \Rightarrow

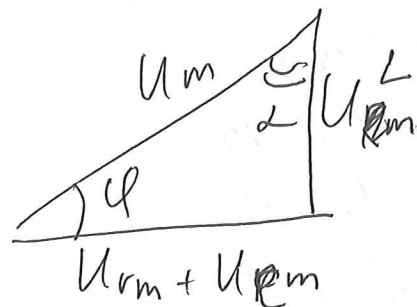
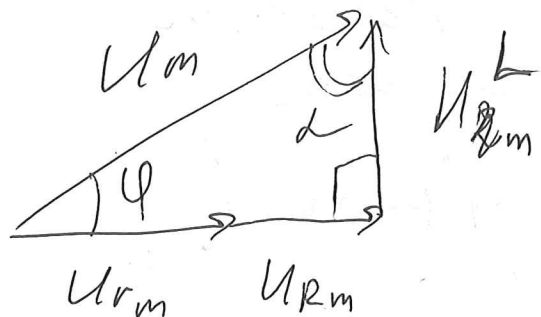
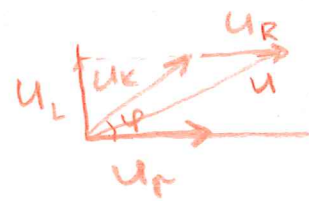
\Rightarrow Сила тока на них одинакова: (I_m)

Векторная диаграмма:



Т.к. соединены последовательно U_m - сумма напряжений на элементах

Изобразим так:

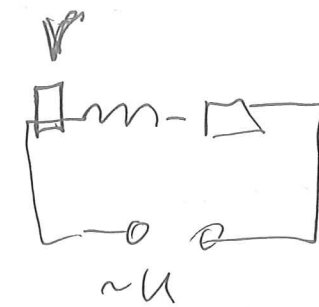


Из теоремы Пифагора:

$$U_m^2 = (U_{Rm} + U_{Rm})^2 + U_{Lm}^2$$

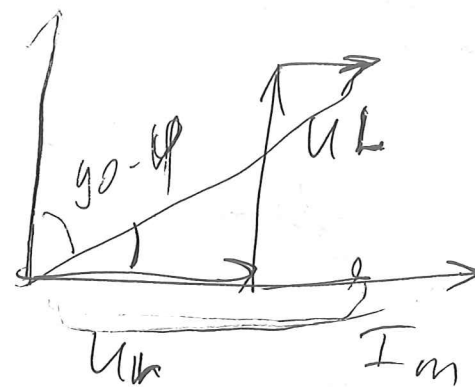
$$U^2 = U_R^2 + U_R^2 + 2U_R U_R \cos \varphi$$

Черновик 1



$R = 21 \text{ Ом}$
 $U = 220 \text{ В}$
 $U_m = 220 \text{ В}$
 $U_R = 120 \text{ В}$
 $U_L = 160 \text{ В}$

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



$\approx 31 \text{ В}$

~~U_m~~

$k = 5.425$

k_L

$$P = U_L I_m \cos \varphi$$

$P = 604,9 \text{ Вт} ?$

Решение:

Умножил наНайдем n для ~~состав~~

$$\lambda = 400$$

$$n_{\max} = \frac{1000}{400} = 2,5$$

$$\lambda = 700$$

$$n_{\min} = \frac{1000}{700} = \frac{10}{7}$$

$$\frac{1000}{700} \leq n \leq \frac{1000}{400}$$

Найдем диапазон, в
котором лежит
критический угол
(при нем происходит
ПВО) $\arcsin 0,7$

$$\alpha_{\max} = \arcsin 0,7$$

$$\alpha_{\min} = \arcsin 0,4$$

$$\arcsin 0,4 \leq \alpha \leq \arcsin 0,7$$

31-09-42-95
(151.3)

$$U_{Rm} + U_{Lm} = \sqrt{U_m^2 - U_{Lm}^2}$$

$$\Rightarrow U_{Rm} = \sqrt{U_m^2 - U_{Lm}^2} - U_{Lm}$$

$$U_{Rm} + U_{Lm} =$$

$$I_m = \frac{U_{Rm}}{R}$$

$$I_m = \frac{120}{21} \text{ (A)}$$

$$P = I_m \cdot U_m \cdot U_{Lm} \cdot \cos(\alpha)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{U_{Lm}}{U_m}\right)$$

$$P = I_m \cdot U_{Lm} \cdot \frac{U_{Lm}}{U_m}$$

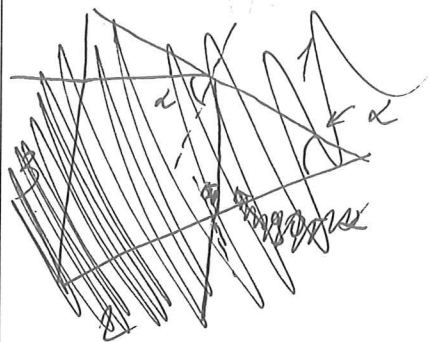
$$P \approx 664,94 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{ответ}}: 664,94 \text{ Вт}$$

Чистовик
12

Задача 4:

Вопрос:



Найдем критический угол, при котором происходит явление полного внутреннего отражения:

$$\sin \alpha_{кр} = \frac{1}{n} \quad \alpha_{кр} \approx 45,59$$

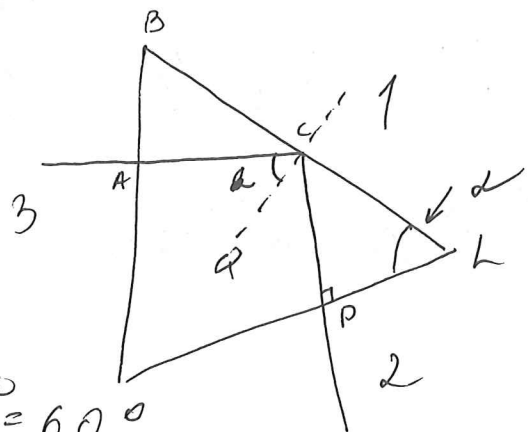
При углах $\alpha < \alpha_{кр}$ луч выйдет наружу.

Перейдем к рисунку.

Пройдем через точку 3
ка луч не преломляется. ✓

$\triangle ABC$:
 $\angle ABC = 60^\circ$
 $\angle ACB = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

$\Rightarrow \angle ACR = 90^\circ - \angle ACB = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$



Шетовик 13

$60^\circ > \alpha_{кр} \Rightarrow$ луч отражается от поверхности
Углы 1

$\angle ACR = \angle QCP$ (угол по закону отражения)

$\angle RCL = 90^\circ - \angle QCP = 30^\circ$

$\triangle CLP$?

$\angle LPC = 180^\circ - \angle RCL - \angle CLP$

$\angle LPC = 90^\circ \Rightarrow$ угол падения на границу равен 0

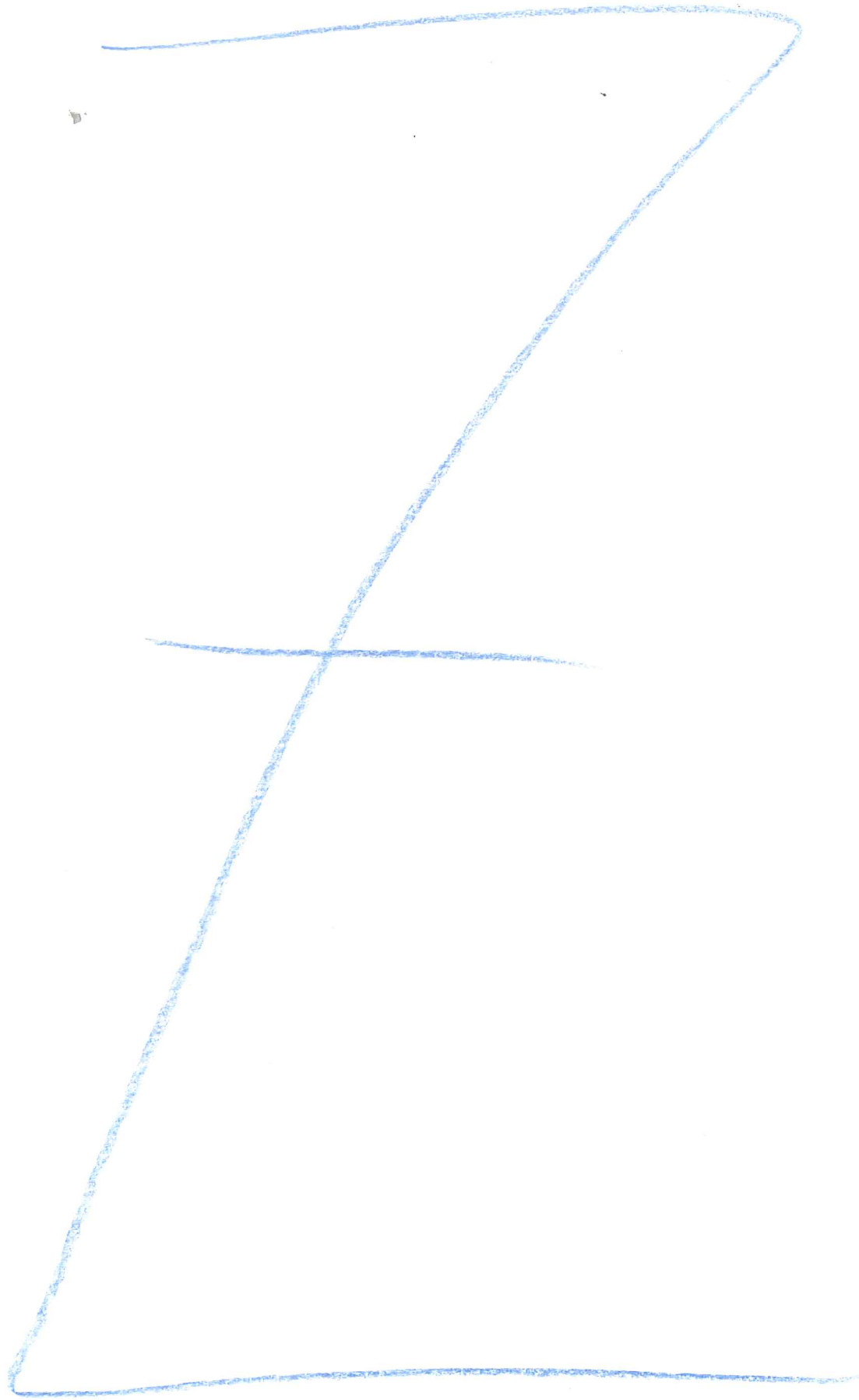
$0 < \alpha_{кр} \Rightarrow$ луч выйдет наружу

Ответ: 2 ✓

Задача:

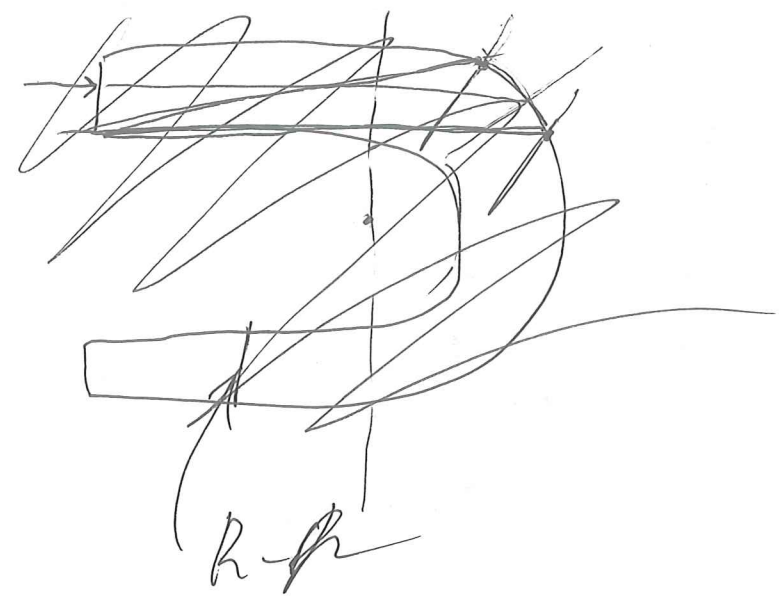
Дано:
 $R = 2r$
 $n(L) \approx a/\lambda$
 $a = 1000 \text{ нм}$
 $P = 15 \text{ Вт}$
 $400 \text{ нм} \leq \lambda \leq 700 \text{ нм}$

Черновик 5



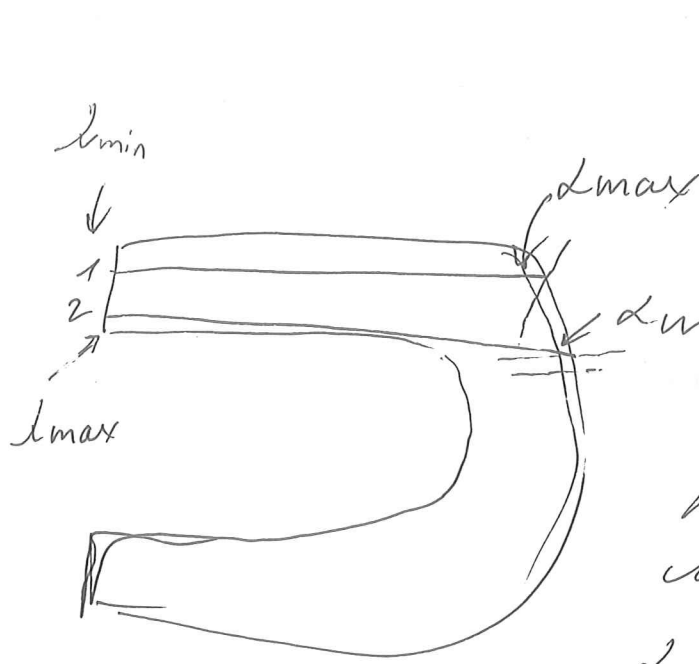
Черновик 3

31-09-42-95
(151.3)



$$P = \frac{A}{Z} =$$





Истовик
15

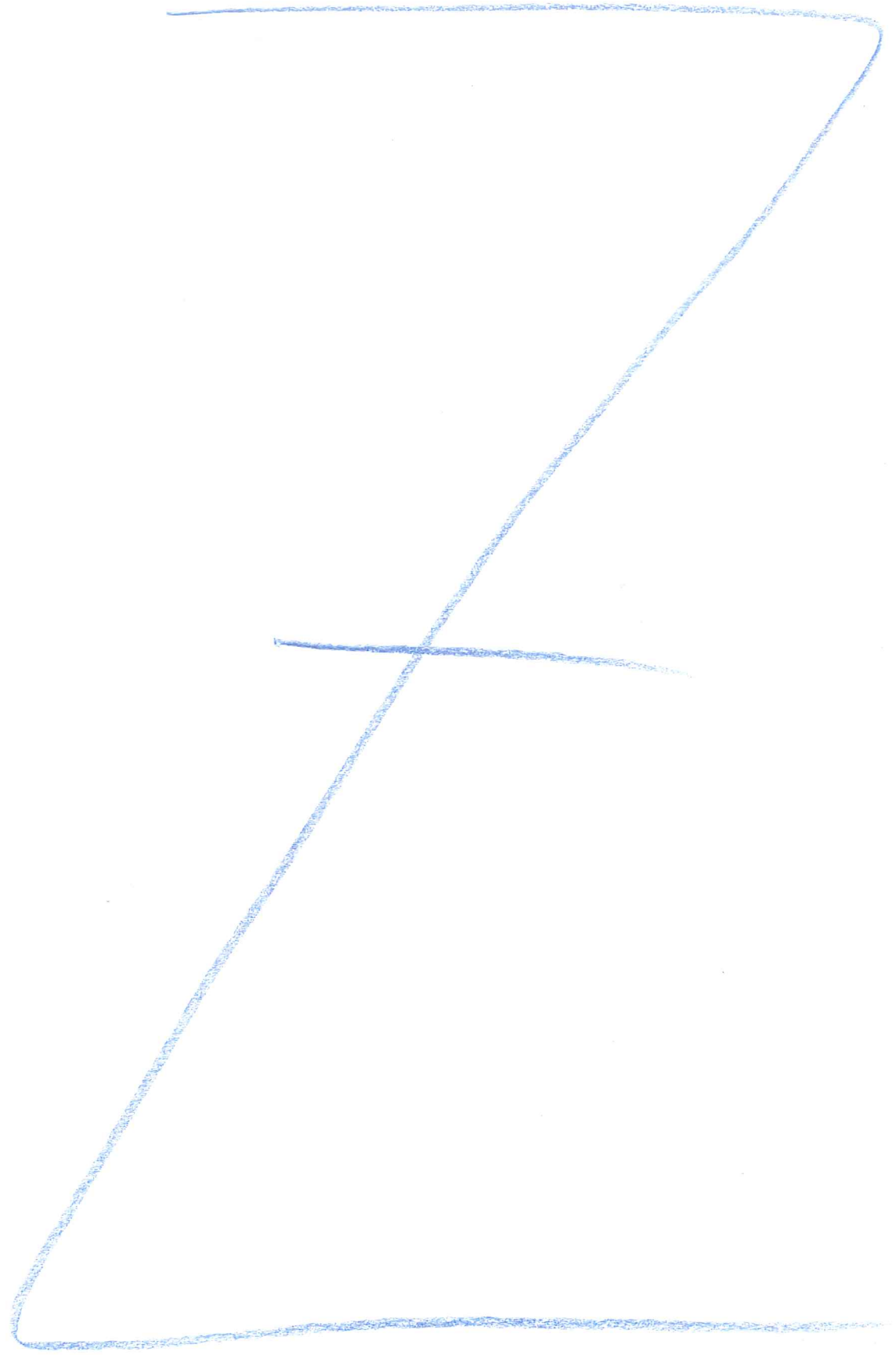
ва мун
но радавоице
менду 1 и
2 будум

испытывать ТВО

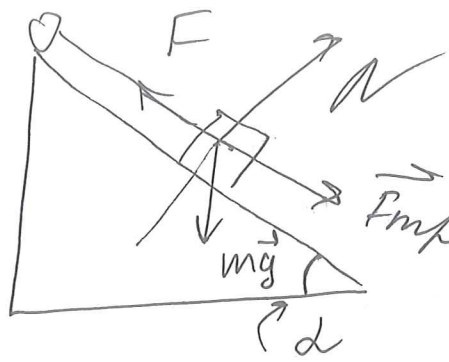
гине



Истовик 4



Черновик 9



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

$$F = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha =$$

$$\Rightarrow F = \mu mg (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$k \text{ наез} = Fk (\ell - Fk R)$$

$$k \text{ наез} = \mu mg (\cos \alpha + \sin \alpha) k \ell$$

$$= \ell Fk - Fk^2 R =$$

$$= mg (\cos \alpha + \sin \alpha) k \cdot \ell - (mg (\cos \alpha + \sin \alpha))^2 \cdot k^2 R$$

зависимость: квадратичная +

$$M = mg (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$U'_{\text{наез}} = g (\cos \alpha + \sin \alpha) k \cdot \ell -$$

$$= 2k^2 R \cdot mg (\cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$g (\cos \alpha + \sin \alpha) k \cdot \ell =$$

$$= 2k^2 R (\cos \alpha + \sin \alpha) mg$$

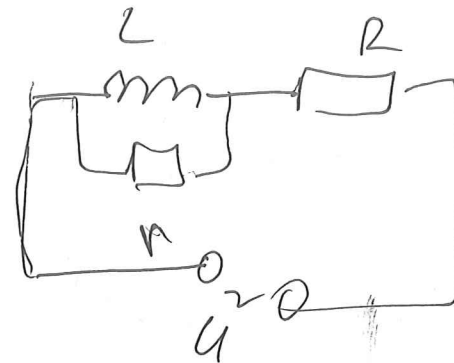
$$\frac{\ell}{2k^2 R} = m$$

31-09-42-95
(151.3)

Черновик 6



$$I_m U_m \cos \varphi$$

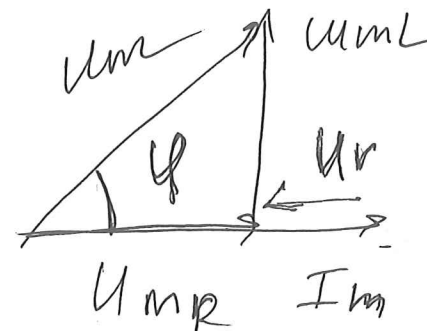


$$U_m = 220 \text{ В}$$

$$U_{mR} = 120 \text{ В}$$

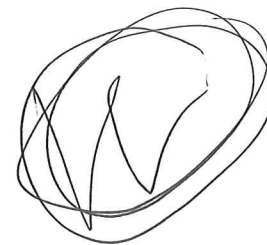
$$U_{mL} = 160 \text{ В}$$

$$R = 21 \text{ Ом}$$



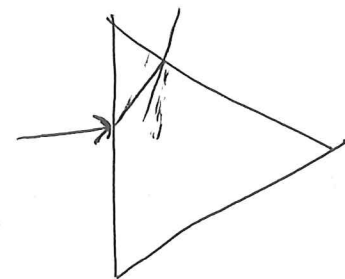
$$16 \dots = U_m -$$

$$U_r \approx 9 \text{ В}$$



$$I_m U_m \cos \varphi =$$

$$= U_m \frac{U_{mL}}{U_{mR} - U_r}$$



Черновик 7

$$U_{\text{полез}} = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) k \cdot \xi - k^2 R (mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha))^2$$

$$m_1 = \frac{\xi}{R^2 k}$$

$$U_{\text{полез}} = F \cdot \xi$$

$$U_{\text{полез, max}} = \frac{\xi}{R^2 k} \cdot k \cdot \xi (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g - k^2 R \cdot \frac{\xi^2}{R^2 k^2} g^2 (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)^2 =$$

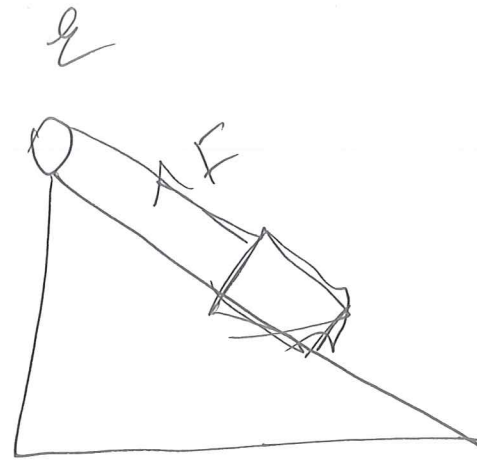
$$= m \frac{\xi}{R^2 k} g \cdot (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)^2 \cdot \xi$$

$$I = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) k$$

$$k = \frac{I}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$\xi \frac{I}{m_{\text{max}}} \sim m_1 - \frac{I^2}{m_1^2 g^2} \sim m_1^2 R = \frac{\xi^2}{R m_{\text{max}}} m_1 - \frac{\xi^2}{R m_{\text{max}}} m_1^2$$

Черновик 8



~~$\xi I = I^2 R + F \xi$~~
 ~~$F = k \xi$~~
 ~~$\xi I = I^2 R + I k \xi$~~
 ~~$I \xi = I^2 R + I k \xi$~~
 ~~$I \xi - I k \xi = I^2 R$~~
 ~~$\xi(1 - k) = I^2 R$~~
 ~~$\xi = \frac{I^2 R}{1 - k}$~~
 ~~$U_{\text{полез}} = F \xi = k \xi^2 = \frac{k I^4 R^2}{(1 - k)^2}$~~
 ~~$I = \frac{F}{k}$~~
 ~~$U_{\text{полез}} = F k \xi = I k \xi^2 = \frac{I^3 k R^2}{(1 - k)^2}$~~
 ~~$I = \frac{F}{k}$~~

$$U_{\text{пол}} \neq Q + U_{\text{полез}}$$

$$\xi I = I^2 R + U_{\text{полез}}$$

$$U_{\text{полез}} \xi = I(\xi - IR)$$

$$U_{\text{полез}} = Fk(\xi - FkR)$$

