



Выход 16:01 - 16:05 *Участник*

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 5

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

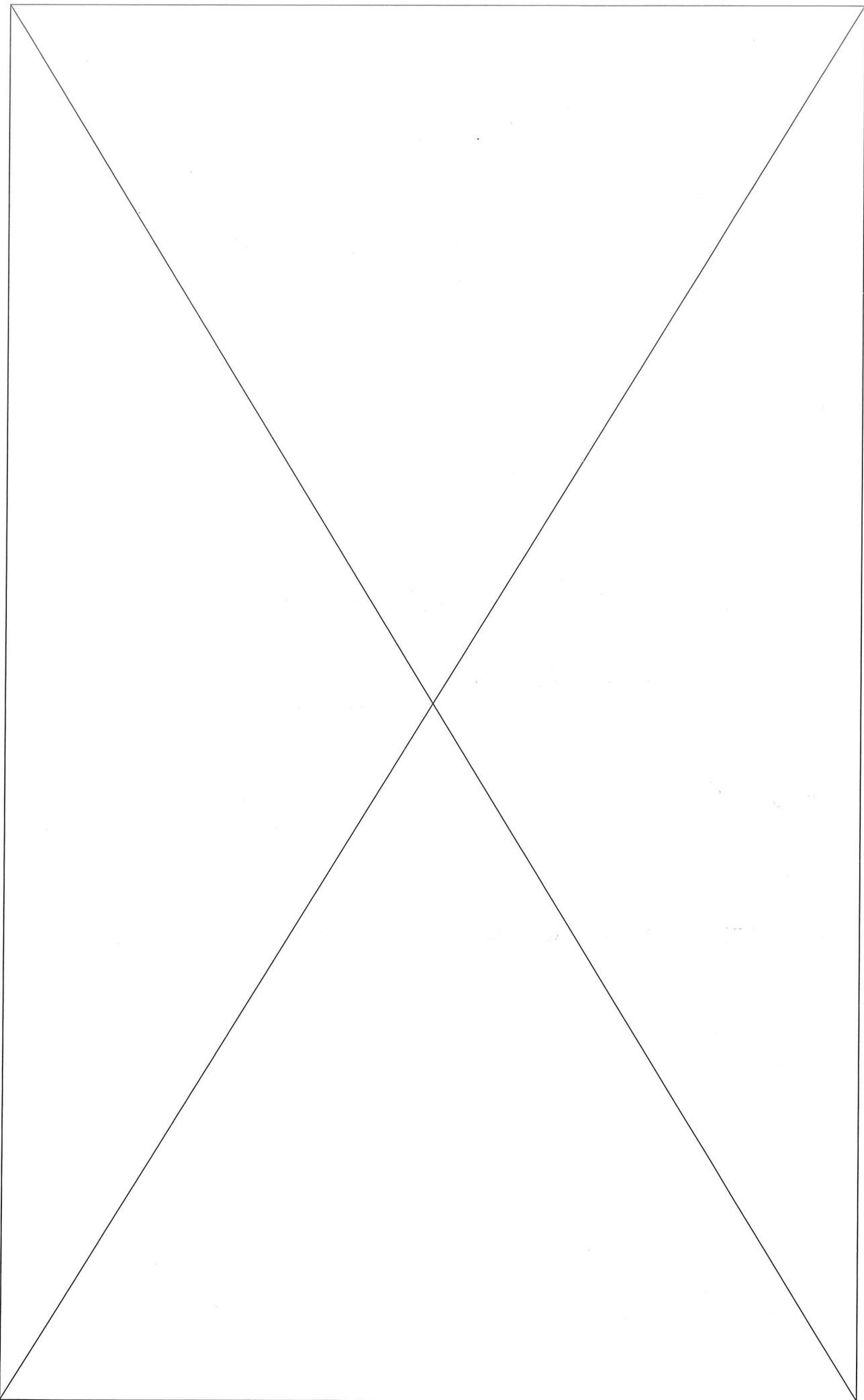
Олимпиада школьников Гободест
наименование олимпиады

по Русике
профиль олимпиады

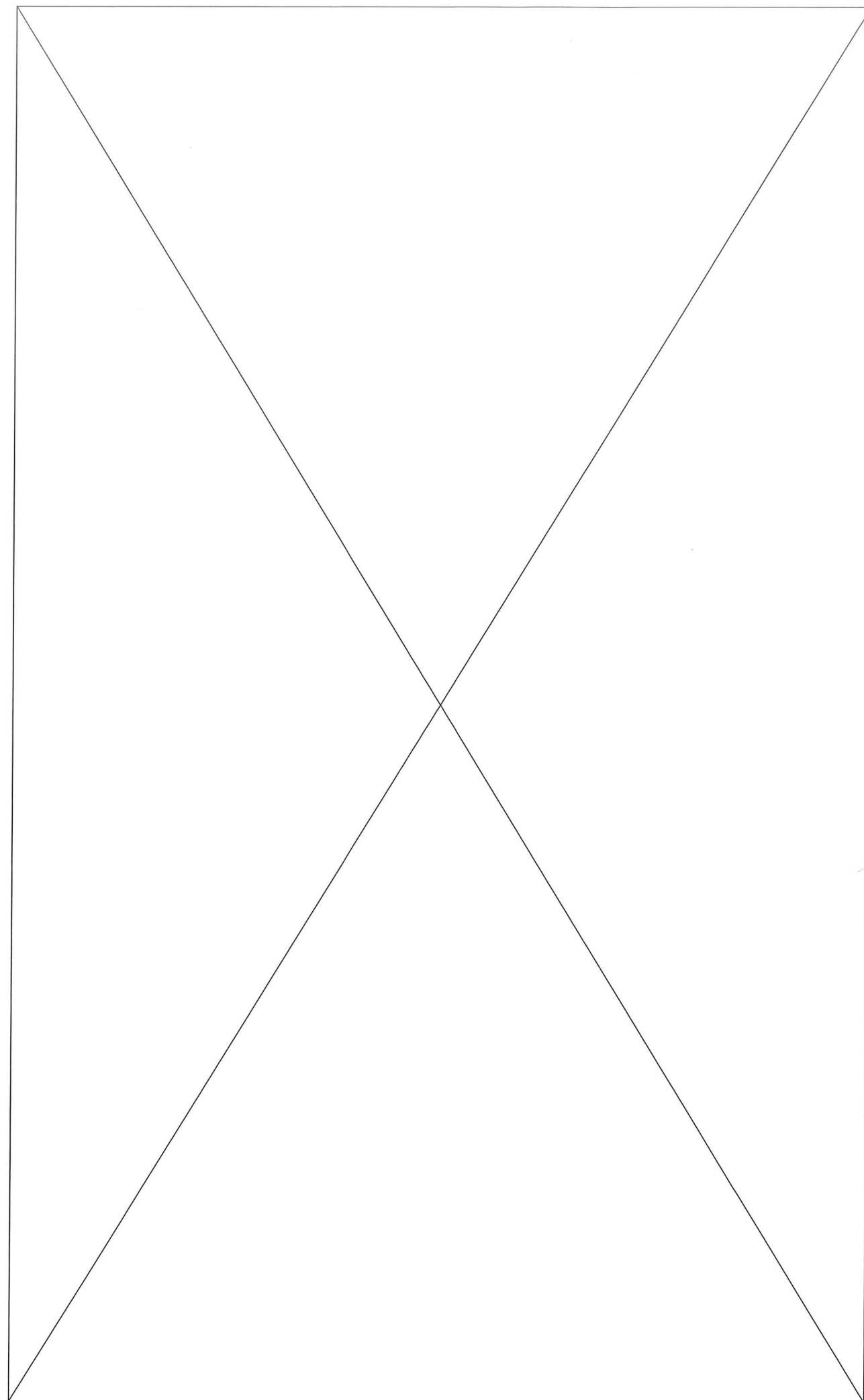
Маркелова Артёма Олеговича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«4» апреля 2026 года

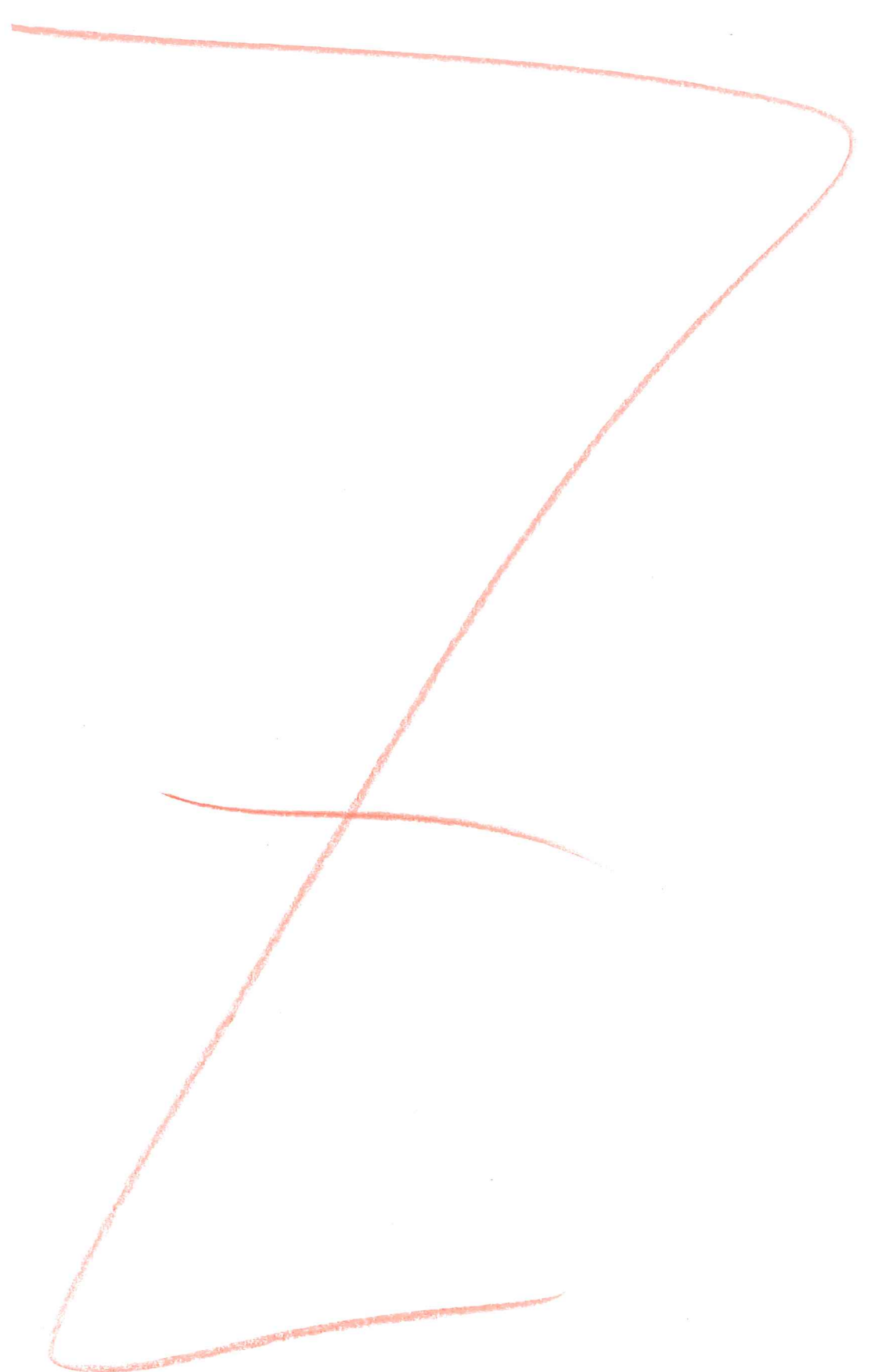
Подпись участника
Марк



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



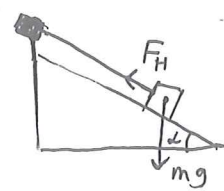
93-85-010-82 (1512)

Оценки за мер. тур - 39
Школьная олимпиада - 46
65 (Семидесяти пять)

4	10	3	14	Вохник
3	10	6	16	
2	10	0	10	
1	15	25		
0	3	2		

Задача 2. Тормоз. электровоз.

из условия F_H - сила натяжения троса
 $\oplus F_H = k \cdot I$, где k - коэф. пропорциональности.



полезная мощность \rightarrow то механическая мощность, идущая на подъем груза:

$$P = F \cdot v = F \cdot S \cdot \sin \beta, \quad \beta = 90^\circ - \alpha$$

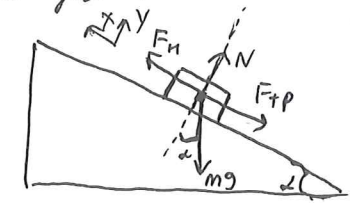
$$P = \frac{A}{t} \quad \left. \begin{array}{l} P = F \cdot \frac{S}{t} \\ v = \frac{S}{t} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P = F \cdot v \\ F = k \cdot I \end{array} \Rightarrow$$

$\Rightarrow P = k I U$

где ϵ - ЭДС источника, R - сопр. цепи ротора, I - сила тока в роторе, тогда составим уравнение мощностей:

$\epsilon \cdot I = k I U + I^2 R \quad \oplus$

по II зако. Ньютона для:



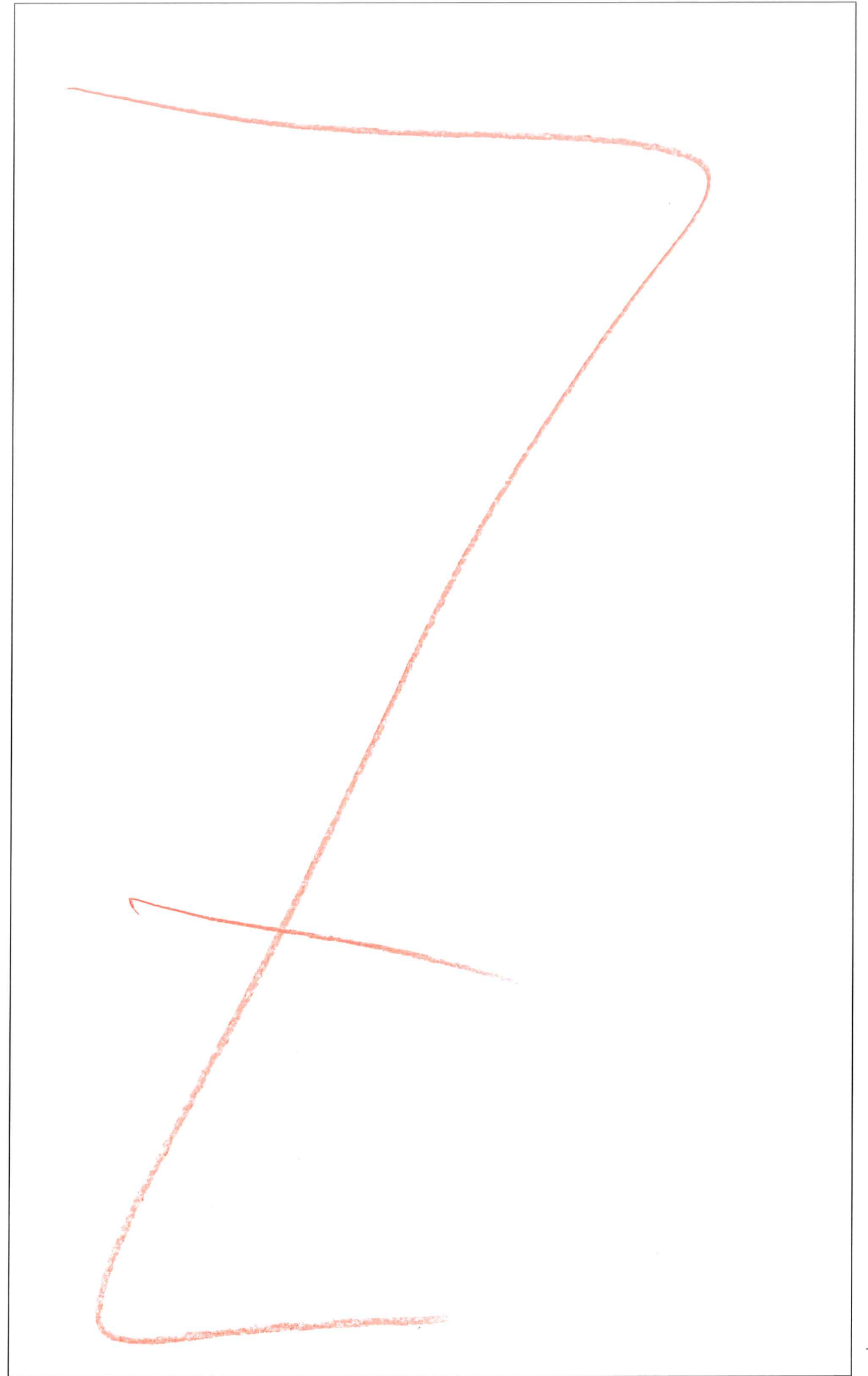
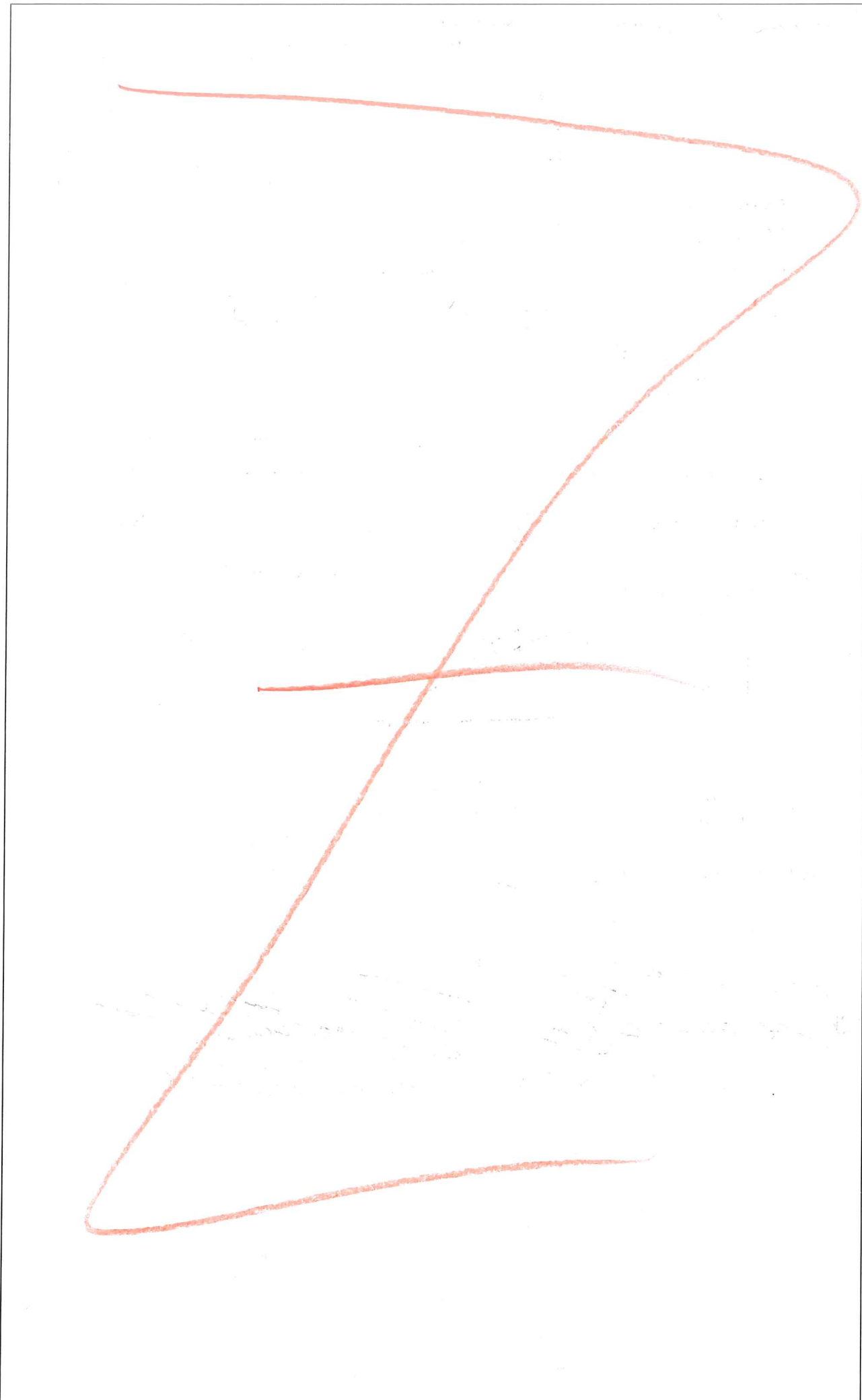
X: $F_H - F_{тр} - mg \sin \alpha = 0$
 Y: $N - mg \cos \alpha = 0$
 $F_{тр} = \mu N \quad \oplus$
 $F_H = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \quad \oplus$
 $F_H = mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

~~$P_H = F_H \cdot v = v mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$~~

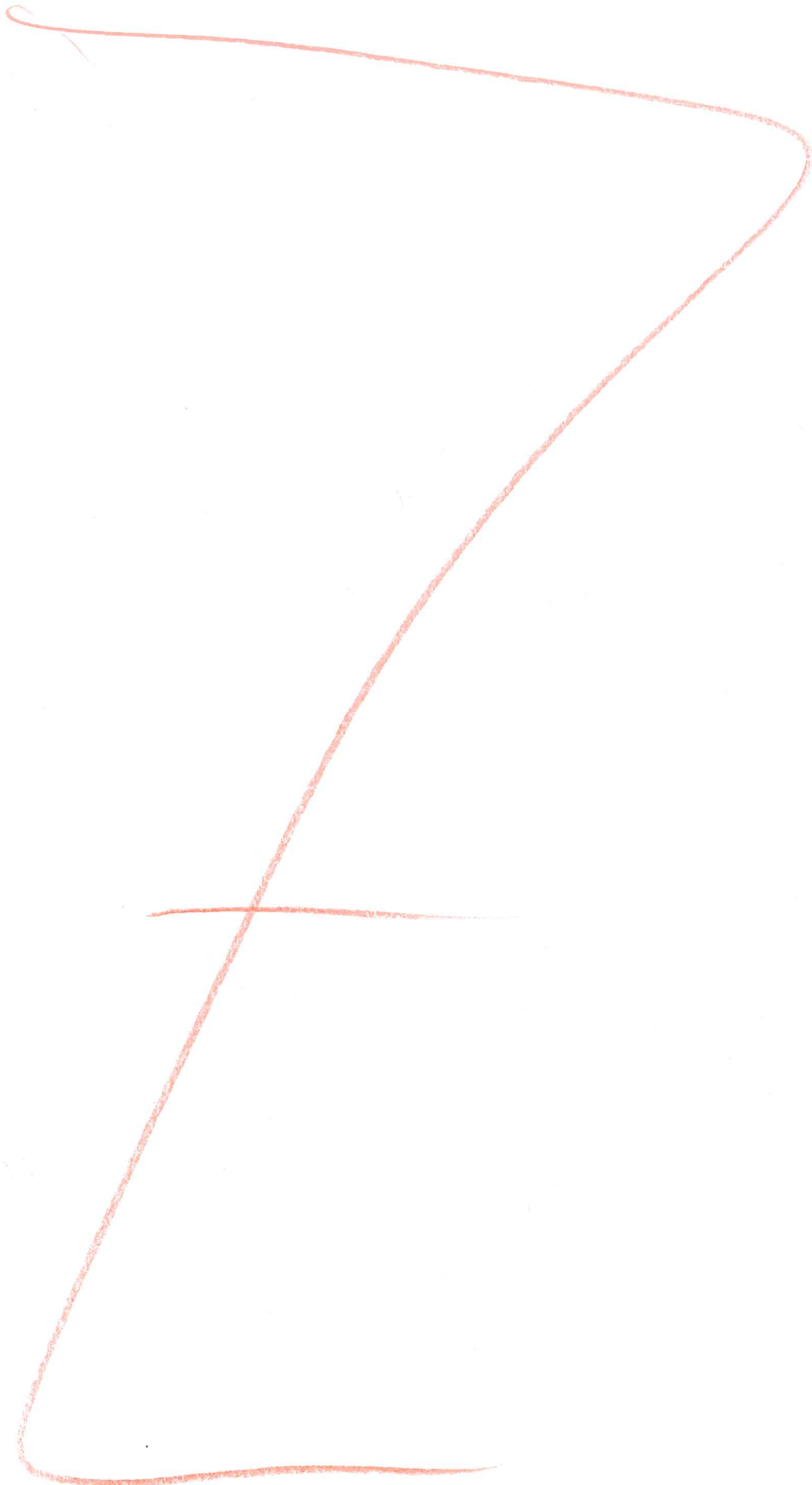
~~$P_H = v g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot m$~~

~~$v g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$ - постоянная величина для данного груза.~~

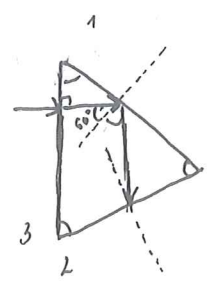
~~графиком является парабола $y = ax + b$, где $a = v g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$, $b = 0$~~
 графиком является перевернутая парабола.



93-88-36-82
(151.2)



Задача 4. Вопрос. Чистый свет падает нормально, т.е. перпендикулярно на грань 1 призмы. Призма равнобедренная \Rightarrow все углы 60° .



Из равнобедренной треугольной призмы, что угол падения света на грань 1 равен 60° .

Условие полного внутреннего отражения (ПВО):
 $\sin i \geq \frac{n_2}{n_1}$
 где n_2 - показ. прелом. воздуха, n_1 - показ. прелом. материала призмы.

$\sin 60^\circ \geq \frac{1}{1,4}$
 $\frac{\sqrt{3}}{2} \geq \frac{5}{7}$

~~Угол падения $0,660 \geq 0,714$ - неверно, т.е. ПВО не происходит, т.е. луч выйдет из призмы.~~

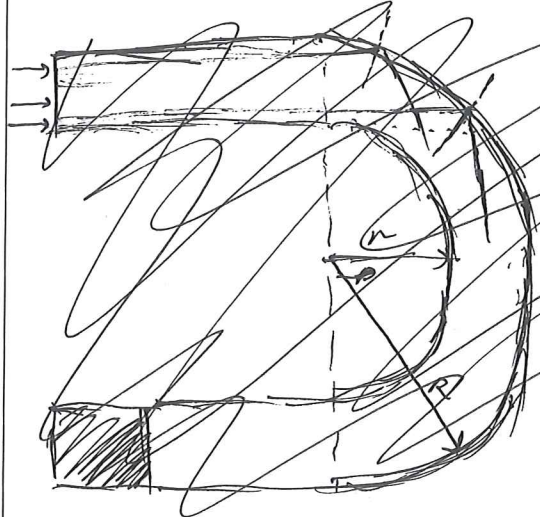
луч не выйдут из призмы. Угол падения равен углу отражения, т.е. $\angle YZD = 90 - 60 = 30^\circ$; углы в треугольнике равны 180° , т.е.



$\angle ZDY = 180 - 30 - 60 = 90^\circ$, т.е. угол падения света на грань 2 равен $90 - 90 = 0^\circ$.

Условие ПВО: $\sin 0^\circ \geq \frac{1}{1,4}$ $0 \geq 0,714$ - неверно, т.е. ПВО не происходит, т.е. луч выйдут.

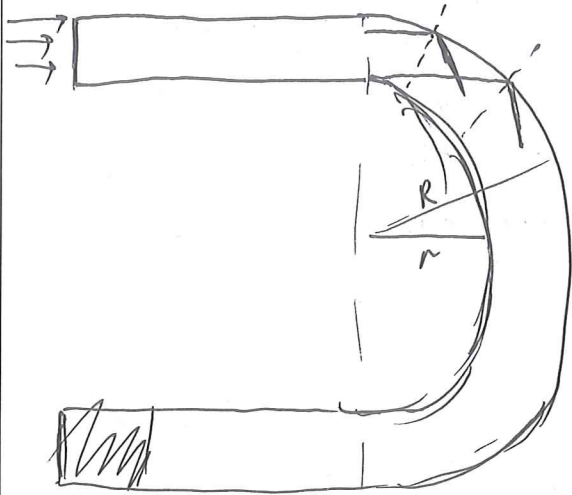
Ответ: лучок выйдут из второй грани. (2) $\oplus 100$



так как плотности излучений распределены равномерно, то можно считать, что по всей площади поверхности излучения со всеми углами равномерно распределены.



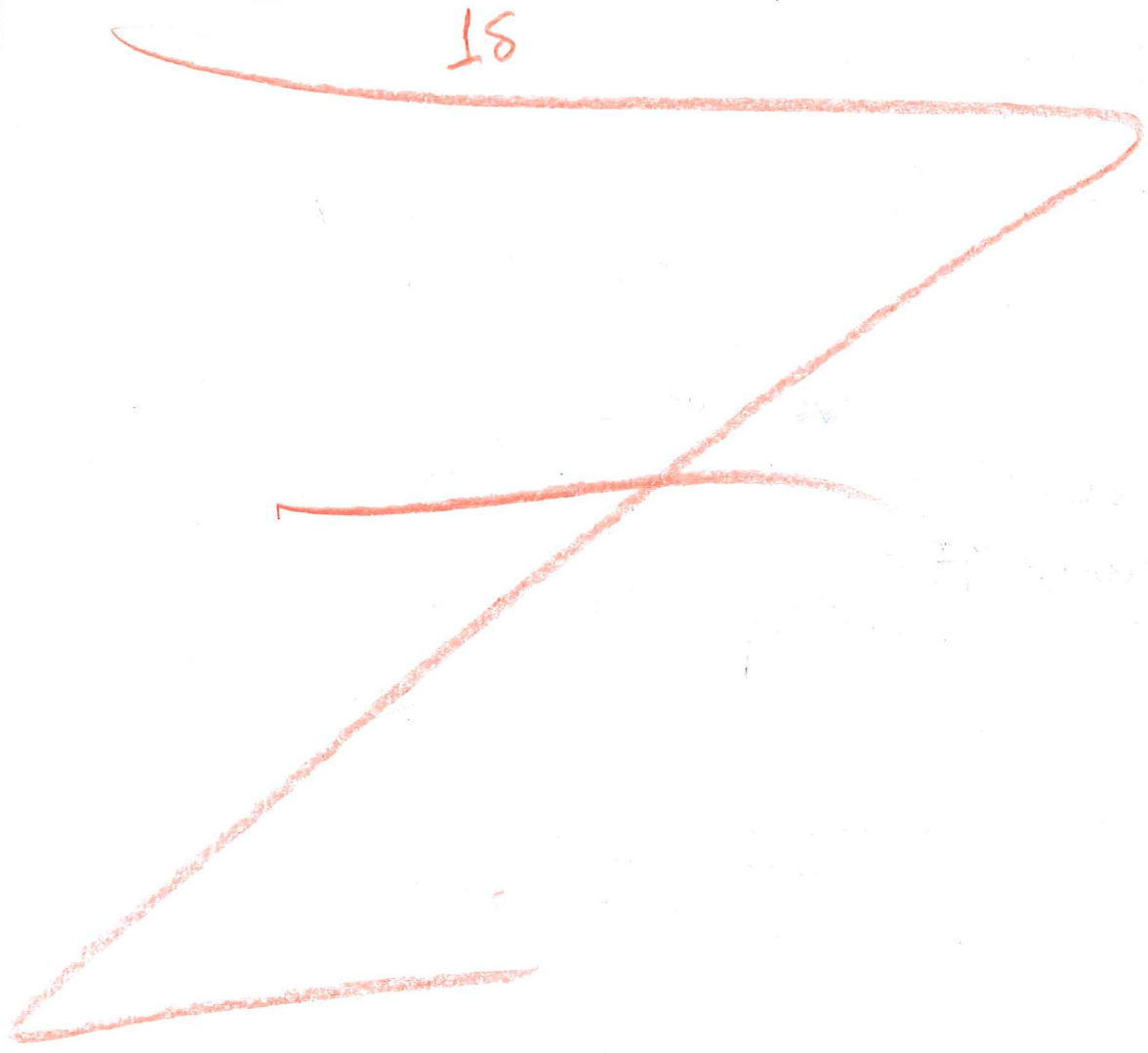
Задача 4. Задача Шестовик:



при входе лучи не преломляются, т.е. падают нормально. из условия равномерности излучения поперечного сечения, з.н. можно считать что по всей площади внутреннего поперечного сечения излучение с равными размерами волн. поперечники равномерно:

Условие полного внутреннего отражения (ПВО)

$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}$ где α - угол пог., n_2 - показатель преломления воздуха, n_1 - показатель преломления поперечника.



Задача 3. Второе Шестовик

Пусть считаем тогда синусоидальными $\sin(\omega t + \varphi) = \sin \omega t \cdot \cos \varphi + \sin \varphi \cdot \cos \omega t$

$P = I U$

$I = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$
 $U = U_m \cdot \sin(\omega t)$

нужно тогда опережает напряжение на φ ; тогда:

$P = U_m \cdot I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \cdot \sin(\omega t) = U_m \cdot I_m \cdot \sin \omega t (\sin \omega t \cdot \cos \varphi + \sin \varphi \cdot \cos \omega t)$

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

Мы ищем среднюю мощность цепи, а среднее значение $\sin \omega t$ и $\cos \omega t$ равны 0 (график симметричен). Среднее значение $\sin^2 \omega t$ равно $\frac{1}{2}$; получаем:

$\langle P_{cp} \rangle = U_m \cdot I_m (\frac{1}{2} \cdot \cos \varphi + 0 \cdot 0 \cdot \sin \varphi) = \frac{1}{2} \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi$

~~средняя мощность цепочки цепи равна сумме симметричной точки з.н. ответ можно дать в терминах мощности.~~

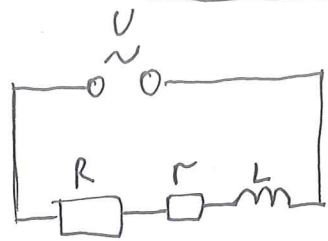
$U_g = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad I_g = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \langle P_{cp} \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi = I_g \cdot U_g \cdot \cos \varphi$

получается мощность выделяется с керкой коэффициентом, зависящим от разности фаз. Если привести пример идеальной катушки и идеальной конденсатора то у них разность фаз равна $\frac{\pi}{2}$, т.е. $\cos \frac{\pi}{2} = 0$, это означает что в идеальной катушке и конденсаторе тепло не выделяется. у резистора нет разности фаз тока и напряжения, у него $\cos 0^\circ = 1$ то есть $P = I_g U_g$, что согласуется с определением.

Ответ: $\langle P_{cp} \rangle = \frac{1}{2} U_m \cdot I_m \cdot \cos \varphi$, (единица)



Задача 3. Задача. Числовик

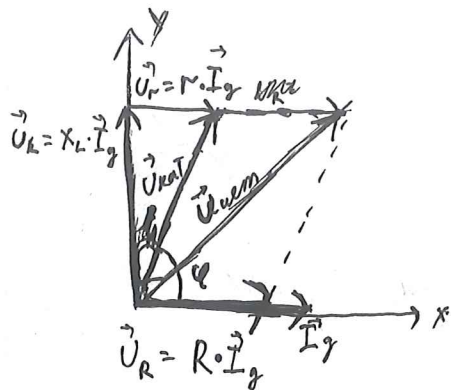


катушка не идеальна на схеме
представим её как идеальную
катушку и омическое сопротивление
последовательно (r - омическое сопр.
катушки)

R - сопротивление резистора.

элементы подключены последовательно, $I_{\text{кат}} = I_{\text{рез}} = I_{\text{л}} = I_{\text{ср}}$
у них одинаковая сила тока = $I_{\text{ср}}$

воспользуемся методом векторных диаграмм:



на катушке U опережает I на 90° .
вектор катушки представляет
собой два вектора - идеальной катушки
и омического сопр. r.
связь между U и I по R - нет.

получаем:

$$U_{\text{кат}} = U_L^2 + U_R^2$$

$$U_{\text{кат}} = I_{\text{ср}}^2 \cdot X_L^2 + I_{\text{ср}}^2 \cdot R^2$$

Угол - гипотенуза
попарно перпендикулярна со
сторонами $U_{\text{кат}}$ и U_R ,
зн. угол между
 $U_{\text{кат}}$ и U_R равен $\frac{\varphi}{2}$

теорема Пифагора

$$U_R^2 = U_{\text{кат}}^2 + U_L^2 - 2 U_{\text{кат}} U_L \cos \frac{\varphi}{2}$$

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{U_{\text{кат}} + U_L^2 - U_R^2}{2 U_{\text{кат}} U_L}$$

$$U_{\text{кат}} = U_{\text{кат}} + U_R^2 - U_{\text{кат}} \cdot R \cdot \cos \frac{\varphi}{2}$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ср}}}{R} = \frac{120}{30} = 4$$

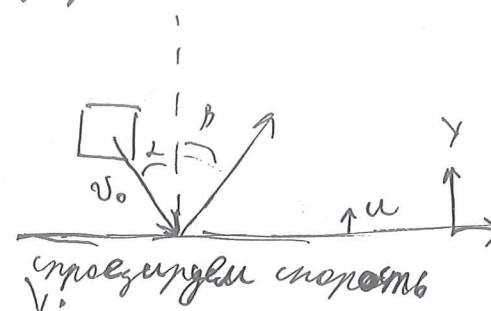
$$\sin \beta = \frac{U_R}{U_{\text{кат}}} = \frac{30}{40} = 0.75$$

$\angle P_{\text{ср}}$ - средняя мощность
потребляемая
катушкой

$\angle P_{\text{ср}} = I_{\text{ср}} \cdot U_{\text{кат}} \cdot \cos \varphi$, где φ - угол сдвига
Между $I_{\text{ср}}$ и $U_{\text{кат}}$

φ - нарисован на диаграмме, это
угол между $I_{\text{ср}}$ и $U_{\text{кат}}$

Задача 1. Вопрос. Числовик



перейдем в СО
перейдем в СО
перейдем в СО

спроецируем скорость

$$v_{0y1} = -v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0x1} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

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

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

угол β - угол между v_{0x} и v_{0y}
угол β - угол между v_{0x} и v_{0y}
угол β - угол между v_{0x} и v_{0y}

$$v_{0x} = v_{1x}$$

$$v_{0y} = -v_{1y}$$

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

$$v_{1x3} = v_{1x} \quad v_{1y3} = v_{1y} + u = v_0 \cdot \cos \alpha + 2u$$

β - угол отражения

$$\tan \beta = \frac{v_{1x3}}{v_{1y3}} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{v_0 \cdot \cos \alpha + 2 \cdot \frac{v_0}{2}} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} = \frac{\sin 40^\circ}{\cos 40^\circ + 1}$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{\sin 40^\circ}{\cos 40^\circ + 1} \right) = 20^\circ$$

Ответ: угол отражения равен 20°

93-88-36-82
(1512)

Задача 1. Задача. Числовик.

по условию кубик отразился перпендикулярно ~~к~~ направлению движения



угол удара, т.е. угол отражения равен $90^\circ - \alpha = 90^\circ - 53,13^\circ = 36,87^\circ$

$u = \frac{v_0}{5}$ - по усл.

~~по условию~~ ~~используем~~

используем закон сохранения энергии

спроецируем скорости на ось:

X: $v_{0x3} = v_0 \cdot \sin(\alpha)$

перейдем в СО плиты:

Y: $v_{0y3} = -v_0 \cdot \cos \alpha$

$v_{0xп} = v_{0x3}$; $v_{0yп} = v_{0y3} - u = -v_0 \cdot \cos \alpha - u$

время удара $t \rightarrow 0$, т.е. ~~нельзя использовать закон сохранения энергии~~

~~нельзя использовать закон сохранения энергии~~

пути использовать $\Delta p = \int F \cdot dt$

по условию

$\Delta p_y = m v_{1yп} - m v_{0yп}$
 т.к. столкновение упругое: $v_{1yп} = -v_{0yп}$
 $\Delta p_y = -2m v_{0yп} = 2m(v_0 \cdot \cos \alpha + u)$

по оси X на кубик действует сила трения, сила трения направлена против осей X, и перемещим кубик, т.е.:

$\Delta p_x = - \int_0^t F_{тр} \cdot dt$; $\Delta p_y = \int_0^t N \cdot dt$
 $\Delta p_x = - \int_0^t \mu N \cdot dt = - \mu \int_0^t N \cdot dt = - \mu \Delta p_y$

$m v_{1xп} - m v_{0xп} = - \mu 2m(v_0 \cdot \cos \alpha + u) \quad | : m$

~~$v_{1xп} = v_0 \cdot \sin \alpha - 2\mu(v_0 \cdot \cos \alpha + u)$~~
 $v_{1xп} = v_0 \cdot \sin \alpha - 2\mu v_0 (\cos \alpha + \frac{1}{5})$

перейдем в систему отсчета земли:

$v_{1xп} = v_{1x3}$ $v_{1yп} = v_{1yп} + u = -v_{0yп} + u = v_0 \cdot \cos \alpha + u$

и продолжим по следующей странице.

Задача 1. Задача. Числовик.

$\tan \beta = \frac{v_{1y3}}{v_{1x3}} = \frac{v_0 (\sin \alpha - 2\mu (\cos \alpha + \frac{1}{5}))}{v_0 (\cos \alpha + \frac{1}{5})} = \frac{\sin \alpha - 2\mu (\cos \alpha + \frac{1}{5})}{\cos \alpha + \frac{1}{5}}$

$\cos \alpha = 0,6$

$\sin \alpha = 0,8$

$\tan \beta = 0,75 (\beta = 36,87^\circ)$

$\tan \beta \cdot (\cos \alpha + \frac{1}{5}) - \sin \alpha = -2\mu (\cos \alpha + \frac{1}{5})$

$\mu = \frac{\sin \alpha - \tan \beta \cdot (\cos \alpha + \frac{1}{5})}{2(\cos \alpha + \frac{1}{5})} = \frac{0,8 - 0,75 \cdot (0,6 + \frac{2}{5})}{2(0,6 + \frac{1}{5})} = \frac{1}{32} = 0,03125$

$\mu = \frac{1}{32} = 0,03125$

при $\beta = 0$: $\tan \beta = 0 (\beta = 0^\circ)$

$\mu = \frac{\sin \alpha - \tan \beta \cdot (\cos \alpha + \frac{1}{5})}{2(\cos \alpha + \frac{1}{5})} = \frac{0,8 - 0 \cdot (0,6 + \frac{2}{5})}{2(0,6 + \frac{1}{5})} = \frac{1}{2} = 0,5$

Ответ: при угле отражения $\beta = 36,87^\circ$
 $\mu = \frac{1}{32} = 0,03125$

при $\mu = 0,5$ угол отражения $\beta = 0^\circ$ (+)

