



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

Место проведения г. Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

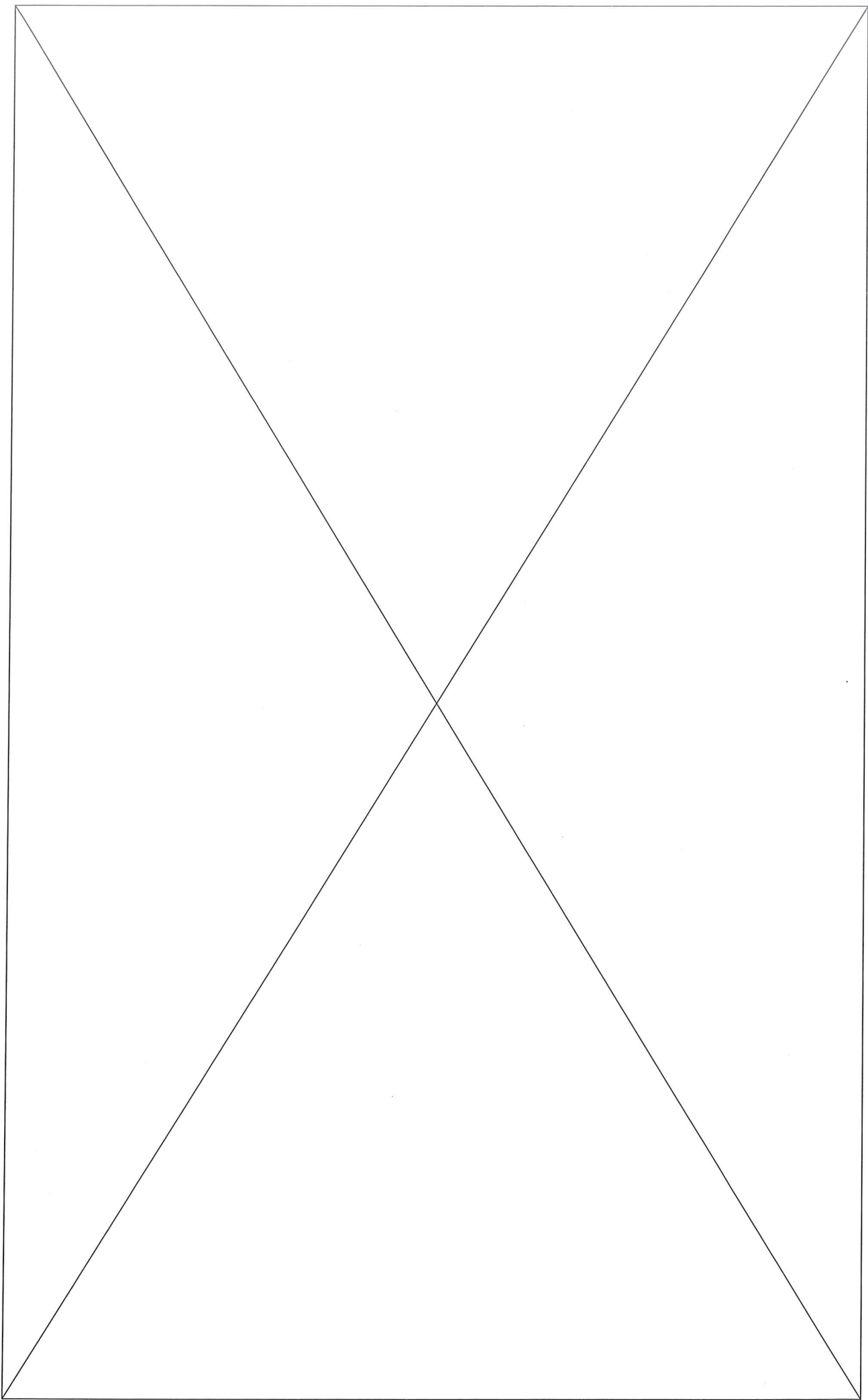
Олимпиада школьников РОБОФЕСТ  
наименование олимпиады

по ФИЗИКЕ  
профиль олимпиады

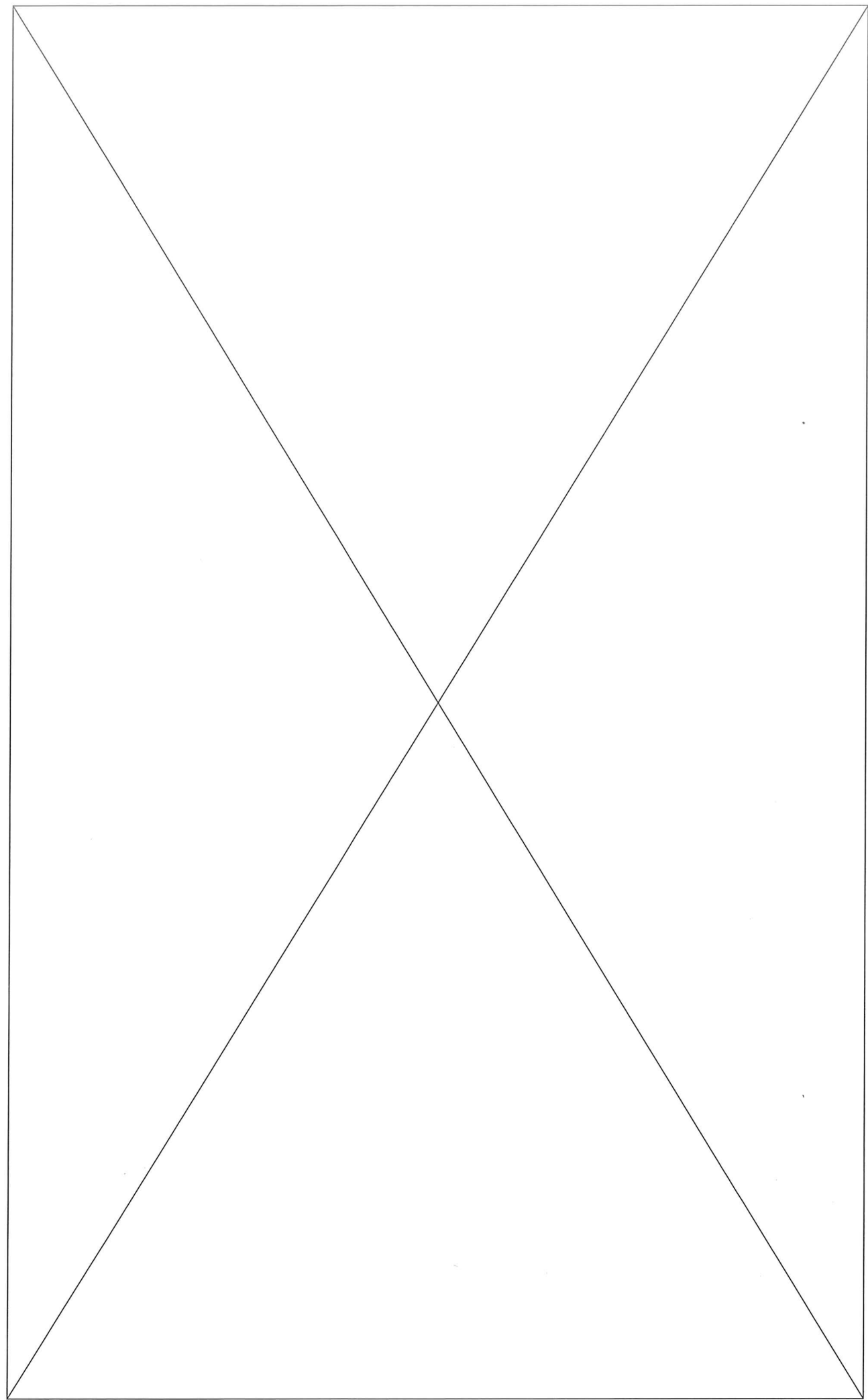
Гурьевой Анны Андреевны  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«04» апреля 2026 года

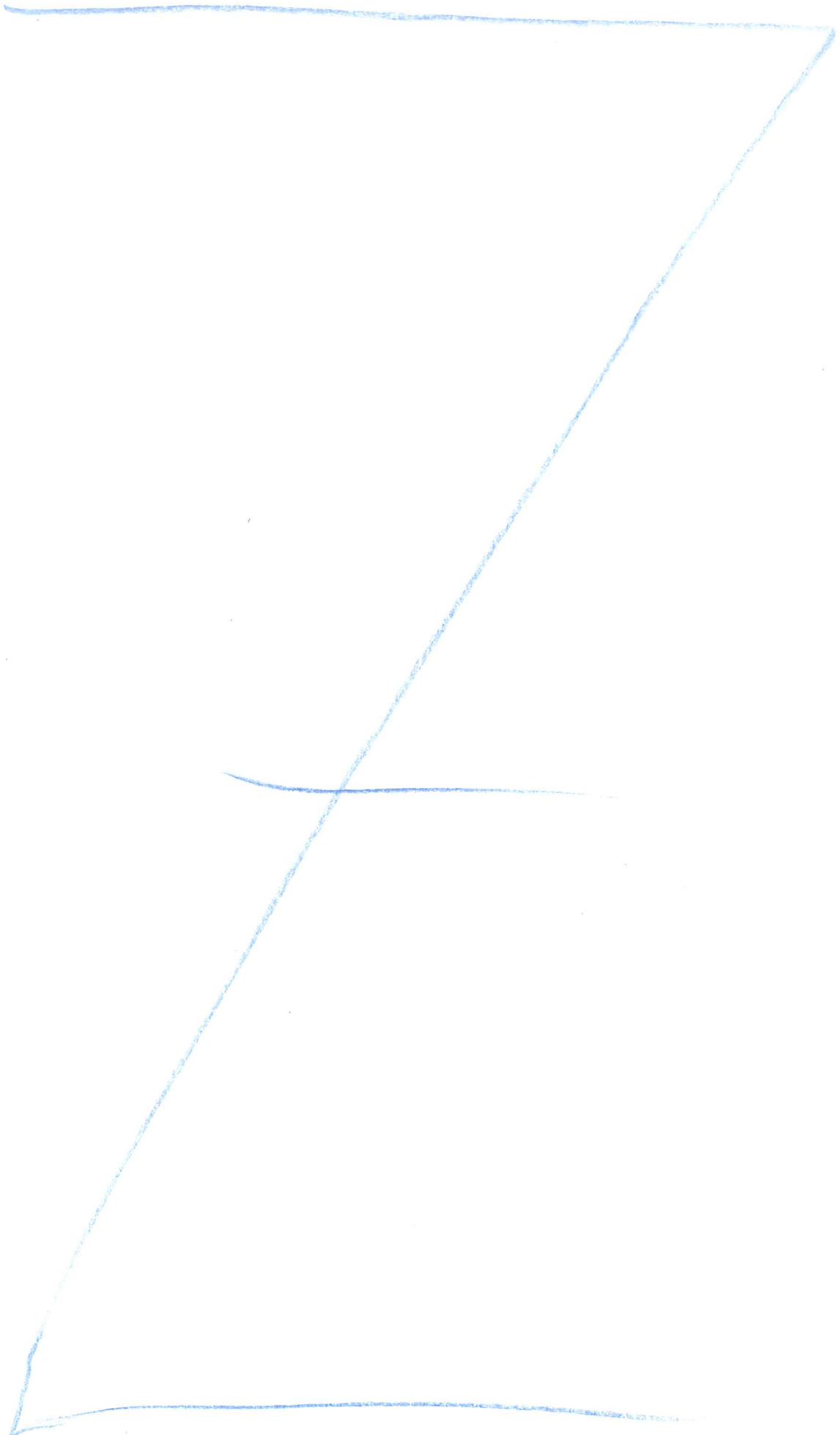
Подпись участника



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

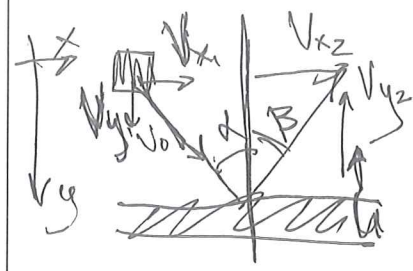


Выполнять задания на титульном листе запрещается!



30-32-45-01  
(151.4)

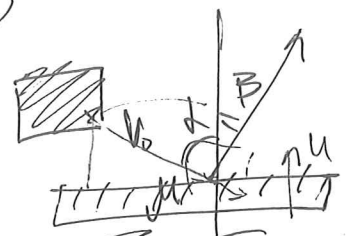
ЧЕРТОВИК



$V_{y1} = \cos \alpha \cdot V_0$   
 $V_{x1} = \sin \alpha \cdot V_0$   
 $V_{y2} = \cos \alpha \cdot V_0 + 2U = \cos \alpha \cdot V_0 + V_0$   
 $V_{x2} = \sin \alpha \cdot V_0$   
 $\tan \beta = \frac{V_{x2}}{V_{y2}} = \frac{\sin \alpha \cdot V_0}{\cos \alpha \cdot V_0 + V_0} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} = 0,36$

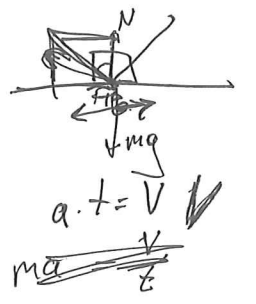
$\beta = 20$

$\alpha = \arcsin(0,36)$   
 $\sin \alpha = \frac{4}{5} \cos \alpha = \frac{3}{4}$   
 $U = \frac{V_0}{5}$   
 $\beta + \alpha = 90^\circ$   
 $\beta = 90 - 53,13 = 36,87$



$N = m g \cos \alpha$   
 $F_{fp} = \mu N$   
 $N = m g \cdot \sin \alpha$

$V_{y1} = \cos \alpha \cdot V_0$   
 $V_{y2} = \cos \alpha \cdot V_0 + 2U$   
 $V_{x1} = \sin \alpha \cdot V_0$   
 $V_{x2} = \dots$



$N = m g \cdot \cos \alpha$   
 $F_{fp} = \mu N$   
 $N = m t (V_{y2} - V_{y1})$

$\tan \beta = \frac{V_{x2}}{V_{y2}}$   
 $V_{x2} = \tan \beta \cdot V_{y2}$   
 $N = m t \cdot 2U$   
 $N = m t (2U + 2V_{x2})$

$F_{top} - F_{fp} = m V_{x2} \Delta t$   
 $F_{fp} = F_{top} \Delta t = m V_{x1} \Delta t - m V_{x2} \Delta t$   
 $U m \Delta t \cdot 2U = m \Delta t (V_{x1} - V_{x2})$

$U = \frac{V_{x1} - V_{x2}}{2U} = \frac{\sin \alpha \cdot V_0 - \tan \beta (\cos \alpha \cdot V_0 + 2U)}{2U}$   
 $= \frac{\sin \alpha \cdot V_0 - \tan \beta \cdot \cos \alpha \cdot V_0 - 2U \tan \beta}{2U} = \frac{\frac{3}{4} V_0 - \frac{4}{5} V_0 - 2U \cdot \frac{3}{4}}{2U}$   
 $= \frac{\frac{3}{4} V_0 - \frac{4}{5} V_0 - \frac{3}{2} U V_0}{2U} = 0,125$   
 $= 0,04$

Оценки за Теор.ур 30  
 Итоговая оценка: 70  
 (Самостоятельно)

задача  
 Каленов  
 Новикова

ЧЕРНОБИЛ

$$N = m \cdot \Delta t \cdot z \cdot U$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = m \Delta t (V_{x1} - V_{x2})$$

$$m \Delta t \cdot \frac{2}{5} V_0 = m \Delta t (V_{x1} - V_{x2})$$

$$\mu = \frac{\Delta t (V_{x1} - V_{x2})}{\frac{2}{5} V_0 \Delta t} = \frac{\Delta t}{t} \cdot \sinh \alpha - \frac{1}{5} \cosh \alpha$$

$$\beta = 0 \Rightarrow V_{x2} = 0 \quad V_{y2} > 0$$

$$F_{\text{тр}} = m \Delta t \cdot V_{x1}$$

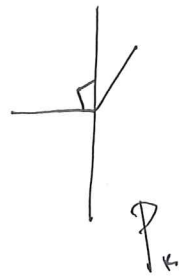
$$\mu N = m \Delta t \cdot V_{x1}$$

$$m \Delta t \cdot \frac{2}{5} V_0 = m \Delta t \cdot \frac{4}{5} V_0$$

$$\mu = \frac{4}{5}$$

$$\mu \leq 1 \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta t}{t} \leq \frac{1}{2}$$



$$n_1 \sin 90^\circ = n_2 \sin \alpha$$

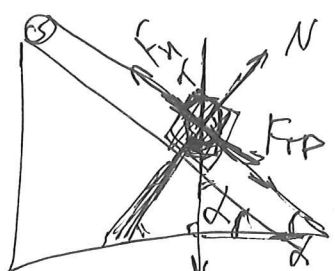
$$1 \cdot 1 = 1,4 \sin \alpha$$

$$m \Delta t (V_{x1} - V_{x2}) = 0$$

$$F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}} = \mu N \Rightarrow \mu = \frac{4}{5}$$

$n_{\text{max}} = 500 \text{ кг}$

$$F_H = k y + \dots$$



$$P = \epsilon \cdot y = V \cdot y + F \Delta t$$

$$= V \cdot y + k y \Delta t$$



$$F_{\text{тр}} = F_H \sin \alpha$$

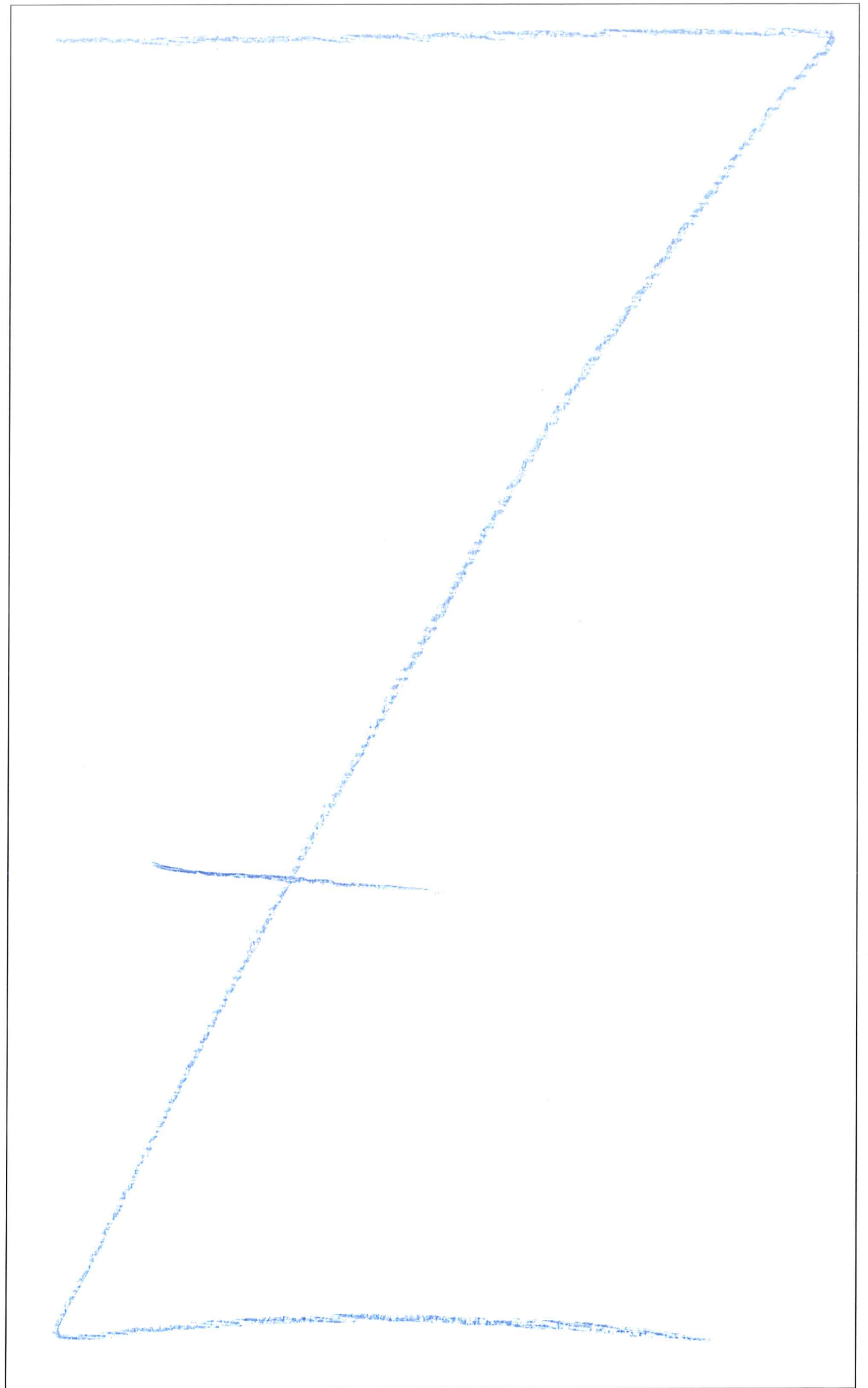
$$P_{\text{полезная}} = F_H \cdot \Delta t$$

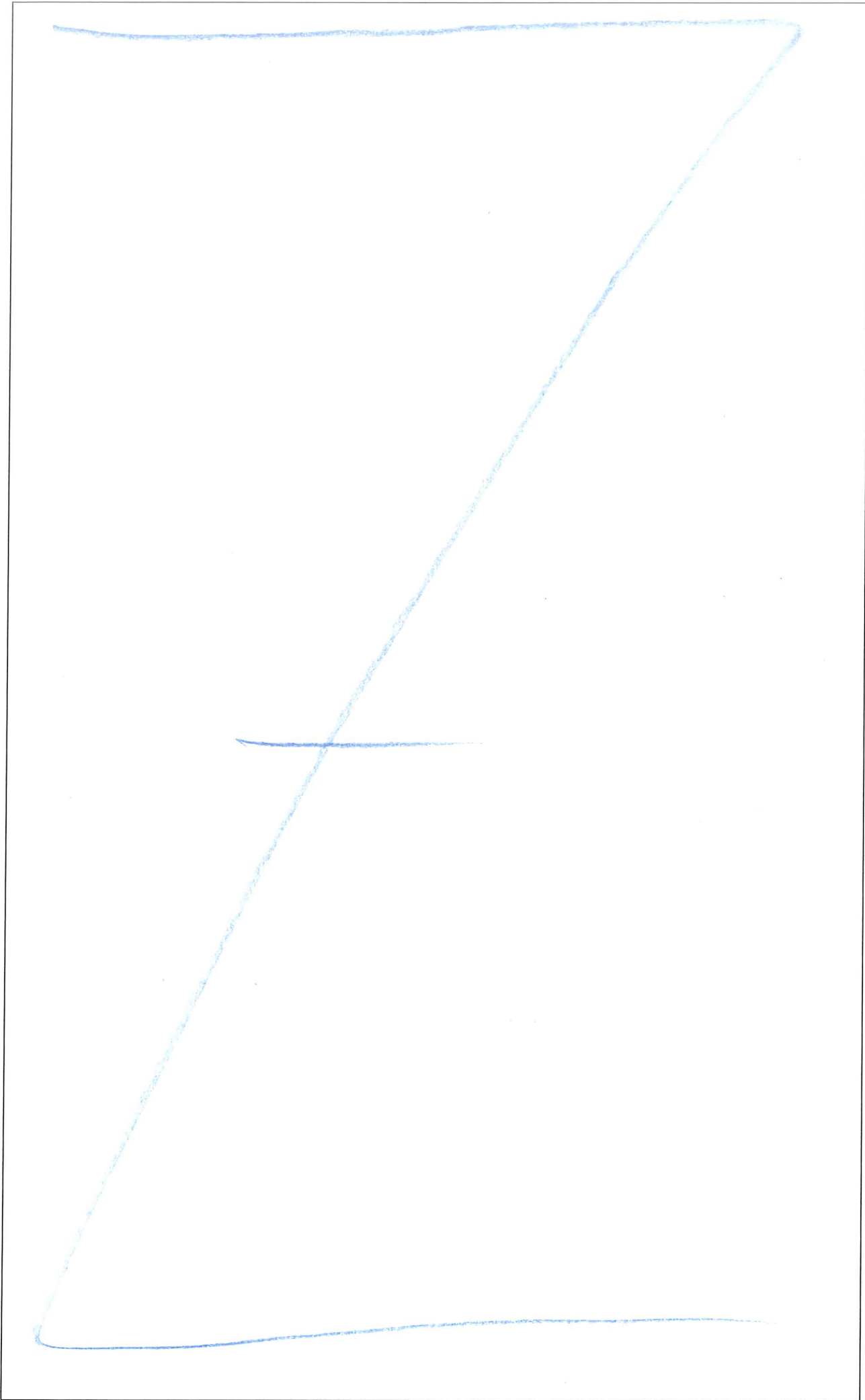
$$F_H = F_{\text{тр}} + F_{\text{г}} \cos \alpha$$

$$F_H = \mu N + m g \sin \alpha$$

$$N = m g \cos \alpha$$

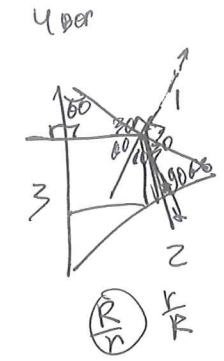
$$F_H = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$$





30-32-45-01  
(151.4)

ЧЕФНОБИК



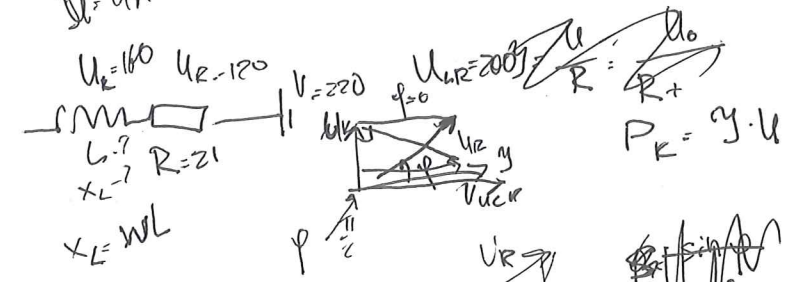
$\sin \alpha \cdot n = 1$   
 $\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{n} = 45 \cdot 0,71 = \frac{1}{7}$   
 $\sin \alpha_{\max} \cdot n = \sin 60 \cdot n = \lambda = 45 \cdot 585$

$n(\lambda) \approx \frac{a}{\lambda} = \frac{1000}{\lambda}$   
 $\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{n} = \frac{\lambda}{1000}$   
 $\sin 45 = \frac{\lambda}{1000} = 0,7$   
 $\sin 60 = 0,86 = 0,86$

400 500 600 700 800

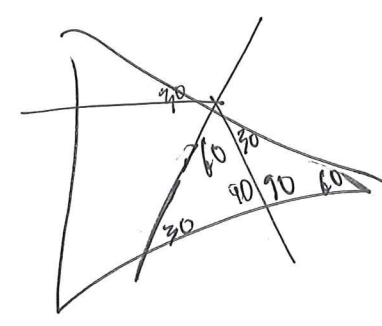


$y = y_m \cos(\omega t + \varphi)$   
 $U = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

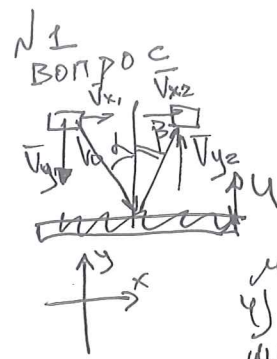


$n_B \sin 90 = n \sin \alpha$   
 $\sin 60 = \frac{1}{n} \sin 30$

$\sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{R}{R'}$



ЧИСТОВИК



Дано:  $U = V_0$ ,  $\alpha = 40^\circ$  Пайтаф.  
 1) перейдем в СД относительно осей y и x.  
 2) нить гладкая  $\Rightarrow \mu = 0 \Rightarrow F_{тр} = \mu N = 0$   
 3) т.к кубик однородный, рассмотрим его как материальную точку.  
 4) т.к кубик скользит без вращения по шероховатой поверхности, то движение равномерное.

5) т.к  $F_{тр} = 0$  и нить упругая, то соударение кубика и нити полностью упругое.  
 6) приближим  $\Rightarrow U$  и разложим скорости по векторам:

$$\vec{V}_0 = \vec{V}_{y1} + \vec{V}_{x1}$$

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_{y2} + \vec{V}_{x2}$$

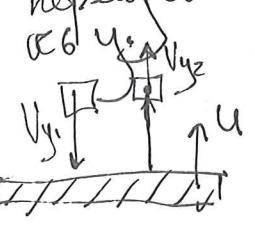
$$V_{y1} = \cos \alpha \cdot V_0$$

$$V_{x1} = \sin \alpha \cdot V_0$$

по оси x не происходит никаких изменений скорости, т.к  $F_{тр} = 0$   
 $V_{x2} = V_{x1} = \sin \alpha \cdot V_0$

по оси y происходит соударение двух тел. т.к нить очень массивная, то скорость нити кубиком ~~не~~ ~~повышается~~ на ее скорость. можно пренебречь

$\vec{P} = m \vec{V}$  перейдем в СД относительно осей y, x и кубика. Рассмотрим СД yz



$$V_{y1} + V_{y2} = U \Rightarrow V_{y1} = V_{y1} + U$$

$$U - V_{y1} = -U + V_{y2}$$

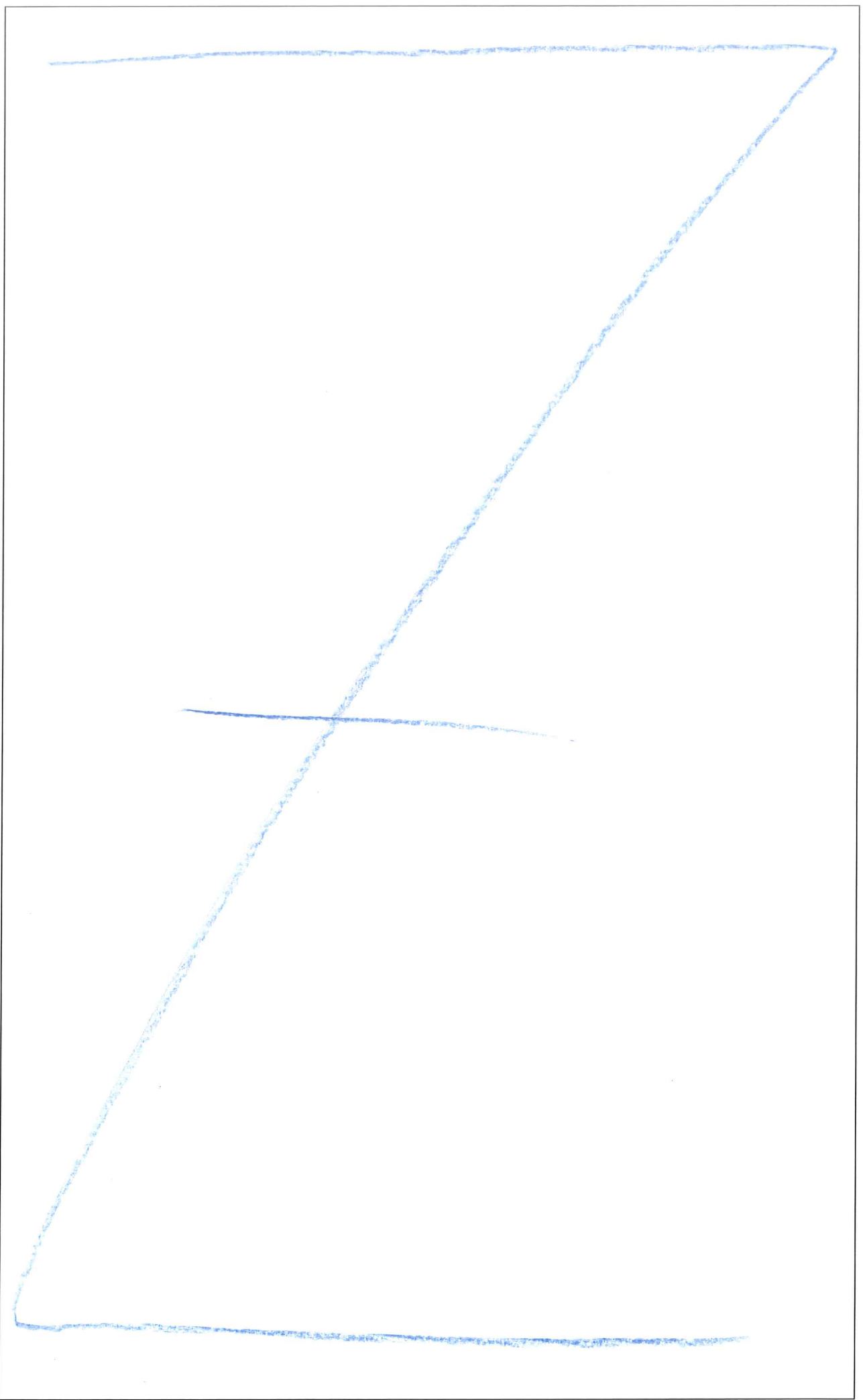
$$V_{y2} = (-V_{y1}) - (-U)$$

$$V_{y2} = (U) - (V_{y1}) = 2U + V_{y1}$$

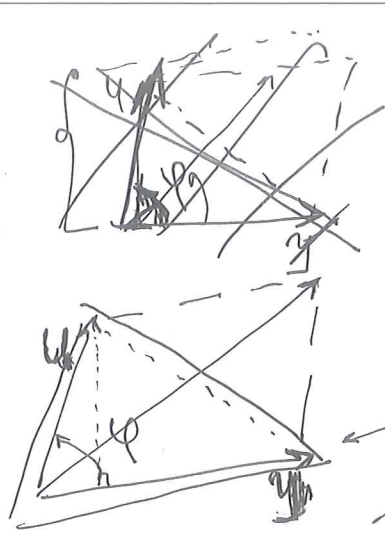
$$V_{y2} = V_{y1} + 2U = \cos \alpha \cdot V_0 + 2 \cdot \frac{V_0}{2} = (\cos \alpha + 1) \cdot V_0$$

$$\tan \beta = \frac{V_{x2}}{V_{y2}} = \frac{\sin \alpha \cdot V_0}{(\cos \alpha + 1) \cdot V_0} = \frac{\sin 40}{\cos 40 + 1} \approx 0,364$$

$\beta = 20^\circ$   
 Ответ:  $20^\circ +$



N3  
вопрос  
 $y = y_m \cos(\omega t + \varphi)$   
 $u = u_m \cos(\omega t + \varphi)$



Чистовик

+

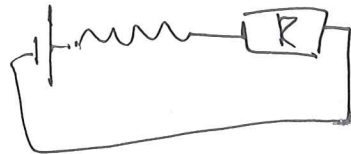
$\tan \varphi = \frac{u}{y}$  или  $\frac{y}{u}$

$P = y \cdot u$

$P = \sin \varphi \cdot y \cdot u$

$P = \sin \varphi \cdot y_m \cdot u_m \cos \varphi$

$U_0 = 220$   
 $U_L = 160$   
 $U_R = 120$



$P = y \cdot u$

$y = \text{const}$

~~$R_{\text{ген}} = R + X_L$~~

$R_{\text{ген}} = R + X_L$

$R_{\text{ген}} = R + W_L$

$y = \frac{u}{R} = \frac{120}{21} = \frac{40}{7} \text{ A}$



$y_{\text{кат}} = \frac{u}{R_{\text{ген}}} = \frac{u}{R + W_L}$

+ к y ирелюкой катушке  
 $R = 0, W_L$

$P = y_R \cdot u = \frac{40}{7} \cdot 160$  ?

где u кат  
и u рез?

из геом. соображ.  
P-Sa средняя линия  
равна площади  
треугольника

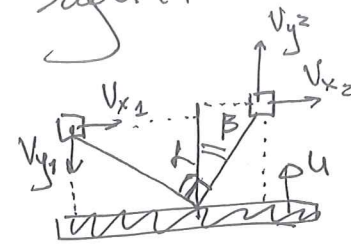
Ответ:  $P = \sin \varphi \cdot y_m \cdot u_m \cdot \cos \varphi$

$P = \frac{1}{2} U \cos \varphi$

N2  
Задача

Чистовик

Дано:  $k = \arcsin(0,8) \approx 53,13^\circ$ ,  $u = \frac{V_0}{5}$ , найти  $\mu_1, \mu_2$ ?



- 1) перейдем в ЧСД относительно осей y и x
- 2) нитка шероховатая  $\Rightarrow \mu > 0$ .  $\mu_{\text{max}} = 1$
- 3) т.к. кубик однородный, рассмотрим его как материальную точку
- 4) т.к. кубик скользит без вращения по шероховатой нитке  $\Rightarrow$  движение равномерное

т.к. поверхность кубика и шероховатая нитка прилегают друг к другу  $\Rightarrow$  рассмотрим ось y: скорость по x будет уменьшаться  $\Rightarrow$   $F_{\text{тр}}$  рассмотрим ось y: применим ЗСЧ и воспользуемся  $F_{\text{тр}} = \mu N$  из вопроса.

$V_{y2} = V_{y1} + a t$ ,  $V_{y1} = \cos d \cdot V_0$ ,  $V_{x1} = \sin d \cdot V_0$

применим З закон Ньютона при обеих осях.

по y:  $m(V_{y2} - V_{y1}) = N t$

по x:  $F_0 - F_{\text{тр}} = m \frac{V_{x2}}{\Delta t}$

$\frac{m V_{x1} - m V_{x2}}{\Delta t} = \mu N$

$F_{\text{тр}} = \mu N$ , т.к.  $\beta = 90 - d > 0$ , то  $t = \Delta t$ , сила трения скольжения по оси x растет тогда же малый отрезок времени, что и соизмеримо.

$\frac{m}{\Delta t} (V_{x1} - V_{x2}) = \mu \frac{m V_0}{\Delta t} (\cos d + \frac{1}{5})$

$V_{x2} \tan \beta = \frac{V_{x2}}{V_{y2}} \Rightarrow V_{x2} = \tan \beta \cdot V_{y2}$

$\sin d \cdot V_0 - \tan \beta \cdot (\cos d \cdot V_0 + \frac{1}{5} V_0) = \mu$

$\tan \beta = \tan(90 - d)$   
 $\tan \beta = \frac{1}{\tan d}$   
 $\cos d = \sqrt{1 - \sin^2 d}$   
 $\cos d = \frac{3}{5}$

$\mu_1 = \frac{\frac{4}{5} - \frac{3}{4} \cdot (\frac{3}{5} + \frac{1}{5})}{2(\frac{3}{5} + \frac{1}{5})} = \frac{1}{32} \approx 0,03125$

при каком  $\mu_2$   $\beta_2 = 0$   
 $\tan \beta_2 = \tan 0 = 0$

$\mu_2 = \frac{\frac{4}{5}}{2(\frac{3}{5} + \frac{1}{5})} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{8}{5}} = \frac{1}{2} = 0,5$

$1 \geq \mu_2 \geq 0,5$ , т.к.  $\mu_{\text{max}} = 1$

Ответ:  $\mu_1 \approx 0,03$ ,  $\mu_2 \in [0,5; 1]$

30-32-45-01  
(51.4)

Чистовик  
 Вопрос: Дано:  $n=1,4$ . Найти:  $1, 2, 3$ ?  
 1) т.к.  $\triangle$  - правильный, все стороны равны и все углы равны  $60^\circ$   
 2) лучок лучей отражен перпендикулярно зеркалу  $\Rightarrow$  угол падения  $= 90^\circ \Rightarrow$  лучок лучей не меняет направления. ситуация (А)  
 3) угол между  $z$  и плоскостью зеркала и лучом  $\Rightarrow$  ситуация (Б)  
 равен  $\alpha = 180 - (90 + 60) = 30$

4) угол  $\beta$  - угол падения луча, или угол к нормали, равен  $90 - \alpha \Rightarrow \beta = 60$   
 крайний угол максимального полого внутреннего отражения

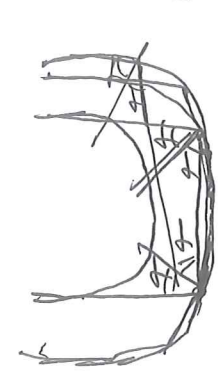
$\sin \varphi_{\min} \cdot n = \sin 90 \cdot n_2$   $\sin \varphi_{\min} \cdot n = 1$   
 $\sin \varphi_{\min} = \frac{1}{n}$   
 $\varphi_{\min} = \arcsin \left( \frac{1}{1,4} \right) = 45,585^\circ \approx 45,6^\circ$   
 $\beta > \varphi_{\min} \Rightarrow$  луч отражается.  
 угол падения равен углу отражения,  $\beta = \beta_2 \Rightarrow$   
 $\alpha_2 = 90 - \beta_2 = \alpha = 30^\circ$

ситуация (Б)  $\sigma$ -угол падения находится по сумме  $\alpha_2$  и угла  $\alpha = 60^\circ$   
 $\sigma = 180 - (60 + 30) = 90$   
 лучок вылетает через  $z$  грань

Вопрос: 2  
 Дано:  $R=2r$ ,  $n(A) \neq n(B)$ ,  $a=1000$  нм. лучок от  $400$  до  $700$  нм  $\lambda = 15$  ВТ  
 Найти: у каких лучей вблизи источника, Приемника -?

Найдем угол  $\alpha$   
 $\sin \varphi_{\min} = n = \frac{1}{n}$   
 $\sin \varphi_{\min} = \frac{1}{1,4} = \frac{\lambda}{a}$   
 $\sin \alpha = \frac{r}{R} = \frac{r}{2r} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30$   
 $\alpha$  - самый маленький из углов при первом отражении  
 $\sin \alpha \Rightarrow \alpha = \varphi_{\min} \Rightarrow \lambda_{\min}$  - минимальная длина волны  
 $\sin \varphi_{\min} = \sin \alpha$   
 $\frac{r}{R} = \frac{\lambda_{\min}}{a} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{r}{R} \cdot a = \frac{1}{2} \cdot 1000 = 500$  нм

Чистовик  
 только лучи от  $500$  до  $700$  нм испытывают полное внутреннее отражение.  
 т.е.  $\Delta \lambda \in [500; 700]$  нм



из геометрических соображений можно показать, что  $\alpha$  - самый маленький из углов отражения

$\Downarrow$   
 Приемник получает лучи от  $500$  до  $700$  нм  
 составим уравнение

$\Delta \lambda_1 = R \cdot \beta$   $\Rightarrow (700 - 400) \text{ нм} = 15 \cdot \beta$   
 $\Delta \lambda_2 = x \cdot \beta$   $\Rightarrow (700 - 500) \text{ нм} = x \cdot \beta$   
 $x = \frac{\Delta \lambda_2}{\Delta \lambda_1} \cdot R = \frac{(700 - 500) \text{ нм} \cdot 15 \text{ ВТ}}{(700 - 400) \text{ нм}} = \frac{2}{3} \cdot 15 \text{ ВТ}$

$x = 10$  ВТ.  $x$  - Приемника  
 Ответ: 1) от  $500$  нм до  $700$  нм. включительно  
 2) Приемника =  $10$  ВТ.

задание 2  
 Вопрос  
 $P = \epsilon \dot{y} = u \dot{y} + F_H \dot{y} = u \dot{y} + k y \dot{y} = y (y R + k \dot{y})$   
 $F_H = k y$ , где  $k$  - некая константа  $u = y \cdot R$   
 $\epsilon = y R + k \dot{y}$

$\frac{P_H}{m g y} = ?$   
 $N = m g \cos \alpha$   
 $F_H = \mu N$   $F_{HP} = \mu N$   
 $F_H = F_{HP} + m g \sin \alpha$   
 $F_H = \mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha$   
 $F_H = m g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$   
 $\frac{P_H}{m g y} = \frac{F_H \cdot \dot{y}}{m g y} = \frac{F_H}{m g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \Delta t \cdot g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$