



Время: 15:16.
Тренинг: 15:24
Сдача: 16:45

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 06 (11 класс)

Место проведения Санкт-Петербург
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Рекорд Вершины
наименование олимпиады

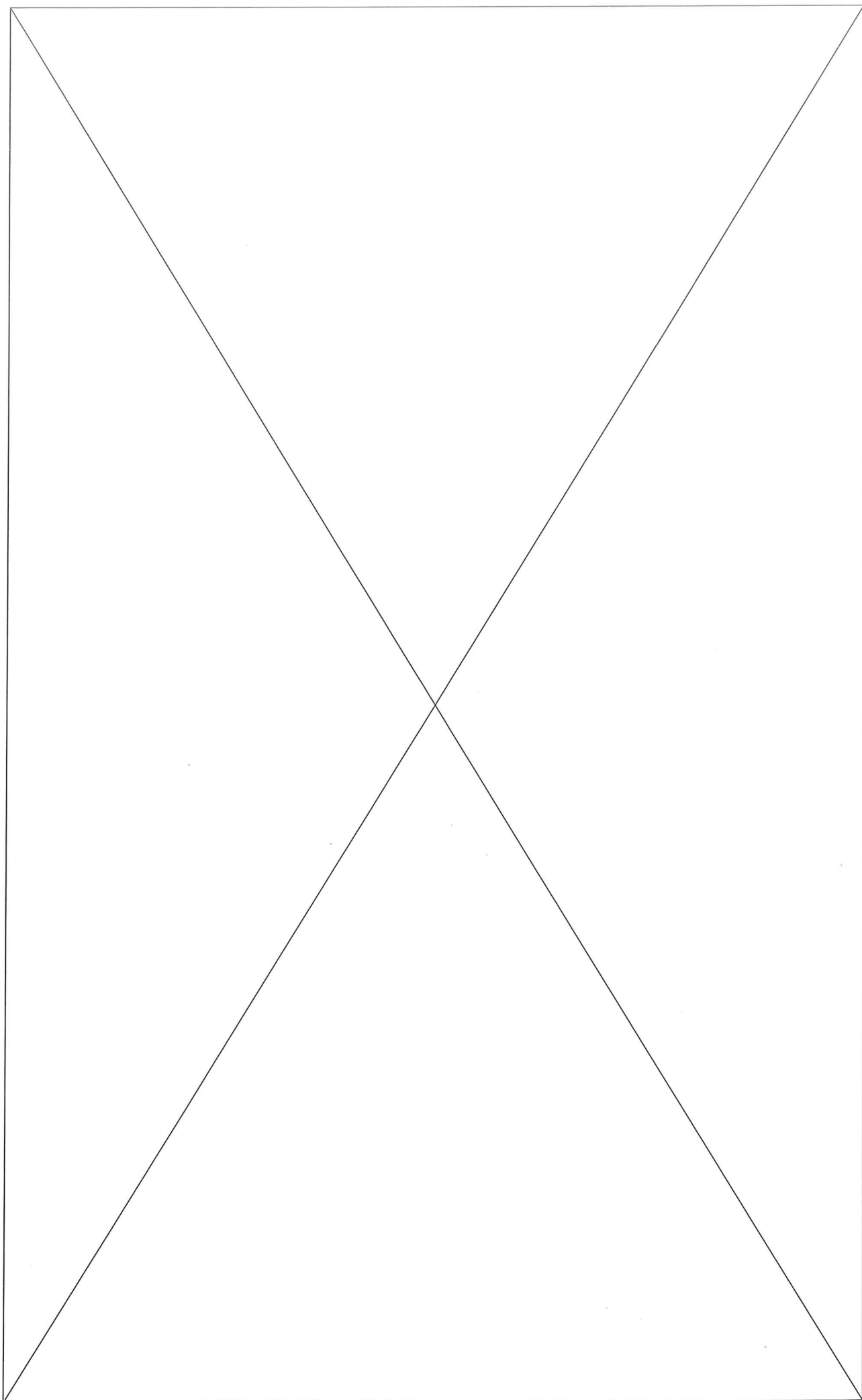
спорт
ПО физике
профиль олимпиады

Делья Андрей Владимирович
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

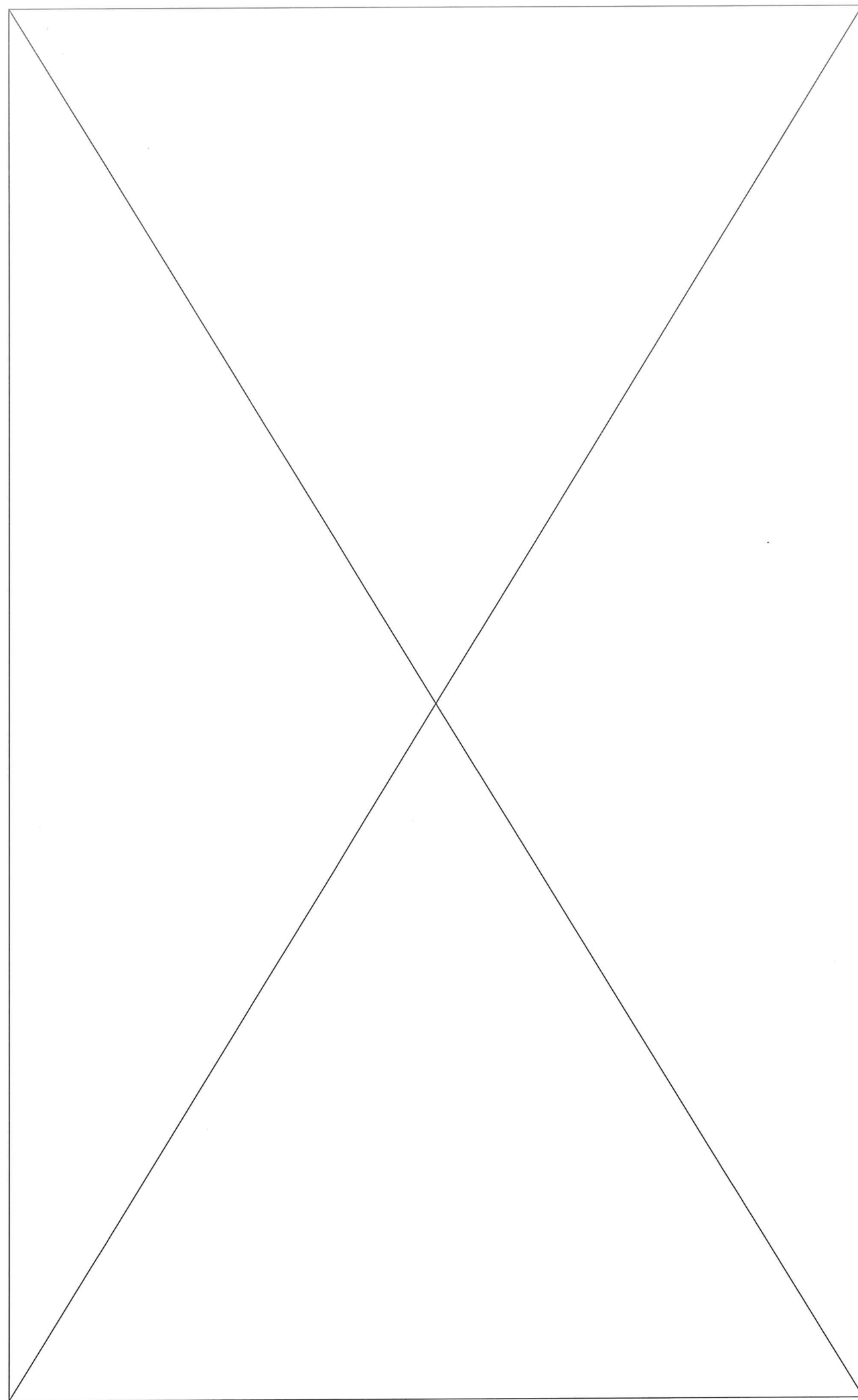
Дата
«23» апреля 2026 года

Подпись участника

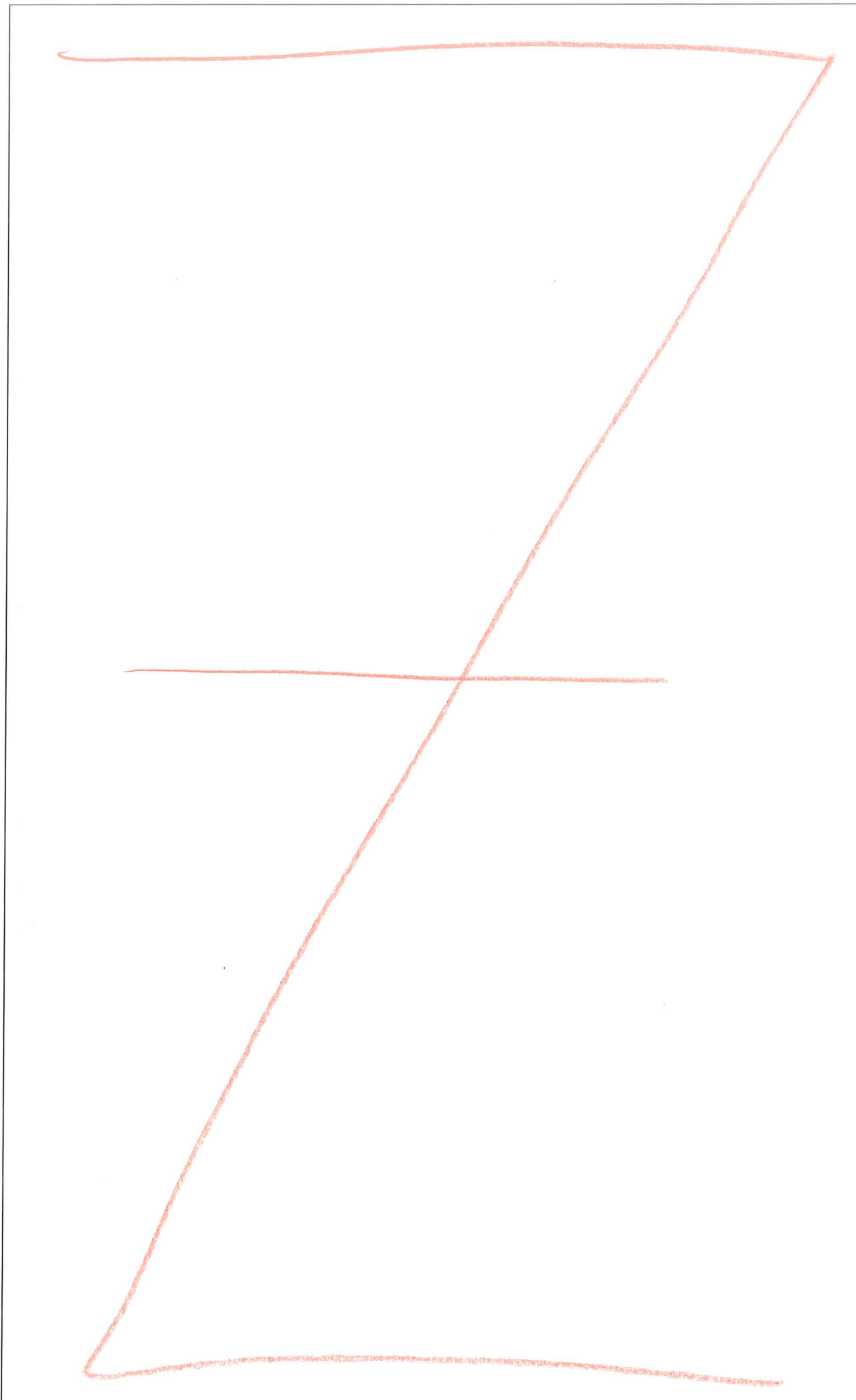
Делья



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



45-62-91-10
(167.4)

69 Место гусей
 гусиный
 Расчеты напоры, моменты

N	1	2	3	4
B	0	5	5	4
3	19	7	9	20

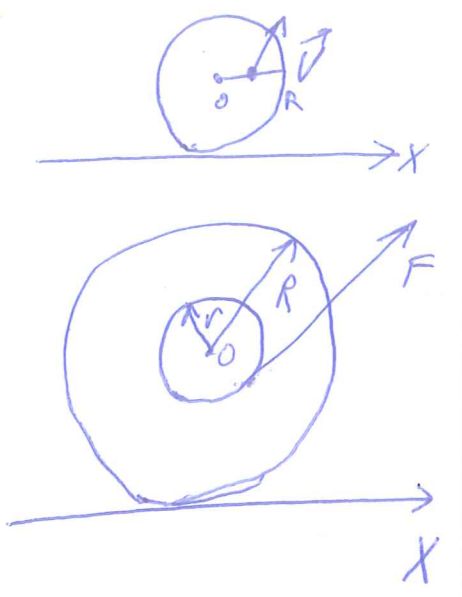
$r = 0,48R$
 $F = 58Mg$
 $\alpha = 43,44^\circ$
 Уг.?
 Ускл.?
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $a = ?$

1) ВОПРОС-ОТВЕТ:

$$\begin{cases} F \cos \alpha - F_{TP} = Ma \\ F_{TP} \cdot R - F \cdot r = I \cdot \epsilon \\ I = \frac{1}{2} MR^2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\epsilon = \frac{a}{R}$$

Условик



$$\Rightarrow \begin{cases} F \cos \alpha - F_{TP} = Ma \\ F_{TP} \cdot R - F \cdot r = \frac{1}{2} MR \cdot \frac{a}{R} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F \cos \alpha - F_{TP} = Ma \\ F_{TP} \cdot R - F \cdot r = \frac{1}{2} Ma \end{cases}$$

$$\Rightarrow F \cdot \left(\cos \alpha - \frac{r}{R} \right) = \frac{3}{2} Ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{2F \left(\cos \alpha - \frac{r}{R} \right)}{3M} \Rightarrow a = -0,83 \left(\frac{m}{c^2} \right) -$$

Ускорение отрицательное \Rightarrow об каргеме гусицыя
 против оси x, т.е влево; $F_{TP} = F \cdot \cos \alpha - Ma$

$$\Rightarrow F_{TP} = F \cdot \cos \alpha - \frac{2}{3} F \left(\cos \alpha - \frac{r}{R} \right) \Rightarrow F_{TP} = \frac{1}{3} F \left(\cos \alpha + \frac{2r}{R} \right)$$

$$\begin{cases} N + F \sin \alpha = Mg \\ N = Mg - \frac{5}{8} Mg \cdot \sin \alpha = Mg \left(1 - \frac{5}{8} \sin \alpha \right) \Rightarrow F_{TP} = \frac{5}{24} Mg \left(\cos \alpha + \frac{2r}{R} \right) \end{cases}$$

$$+ \frac{2r}{R}; F_{TP} \leq \mu N; \mu \geq \frac{F_{TP}}{N} = \frac{\left(\frac{5}{24} Mg \left(\cos \alpha + \frac{2r}{R} \right) \right)}{Mg \left(1 - \frac{5}{8} \sin \alpha \right)} \Rightarrow$$

$$\geq 0,65$$

Ответ: $\mu \geq 0,65$

Решо:
 $R = 4 \text{ см}$
 $\delta = 0,04 \text{ м}$
 $P_A = 100 \text{ кПа}$
 $T = \text{const}$
 $A_{\text{min}} = ?$
 $\Delta P = ?$

№2 ЧИСТОВИК

1) ВОПРОС - ОТВЕТ:

1) Разность давлений: у мыльного пузыря 2 поверхности: внешняя и внутренняя, каждая дает вклад по формуле Лапласа $\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$ (на сечение пузыря или изгибаемого фронта $\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$)
 поверх мыльной действует по окружности сила $F = 4\pi R \delta$

$\Delta P = P_{\text{внут}} - P_{\text{внеш}} = \frac{4\delta}{R}$

2) Минимальная работа: при сжатии пузыря радиуса от $r=0$ до $r=R$ на каждую шаг нужно преодолеть воздух внутри против избыточного давления $\Delta P(r) = \frac{4\delta}{r}$

Работа элементарного шага $\Delta W = \Delta P(r) \cdot dV = \frac{4\delta}{r} \cdot 4\pi r^2 dr = 16\pi \delta r dr$

4) Интегрирование: $W = \int_0^R 16\pi \delta r dr = 16\pi \delta \cdot \frac{R^2}{2} = 8\pi \delta R^2$

Это равно поверхностной энергии двух сторон мембраны: $W = 2\delta \cdot 4\pi R^2 = 8\pi \delta R^2$

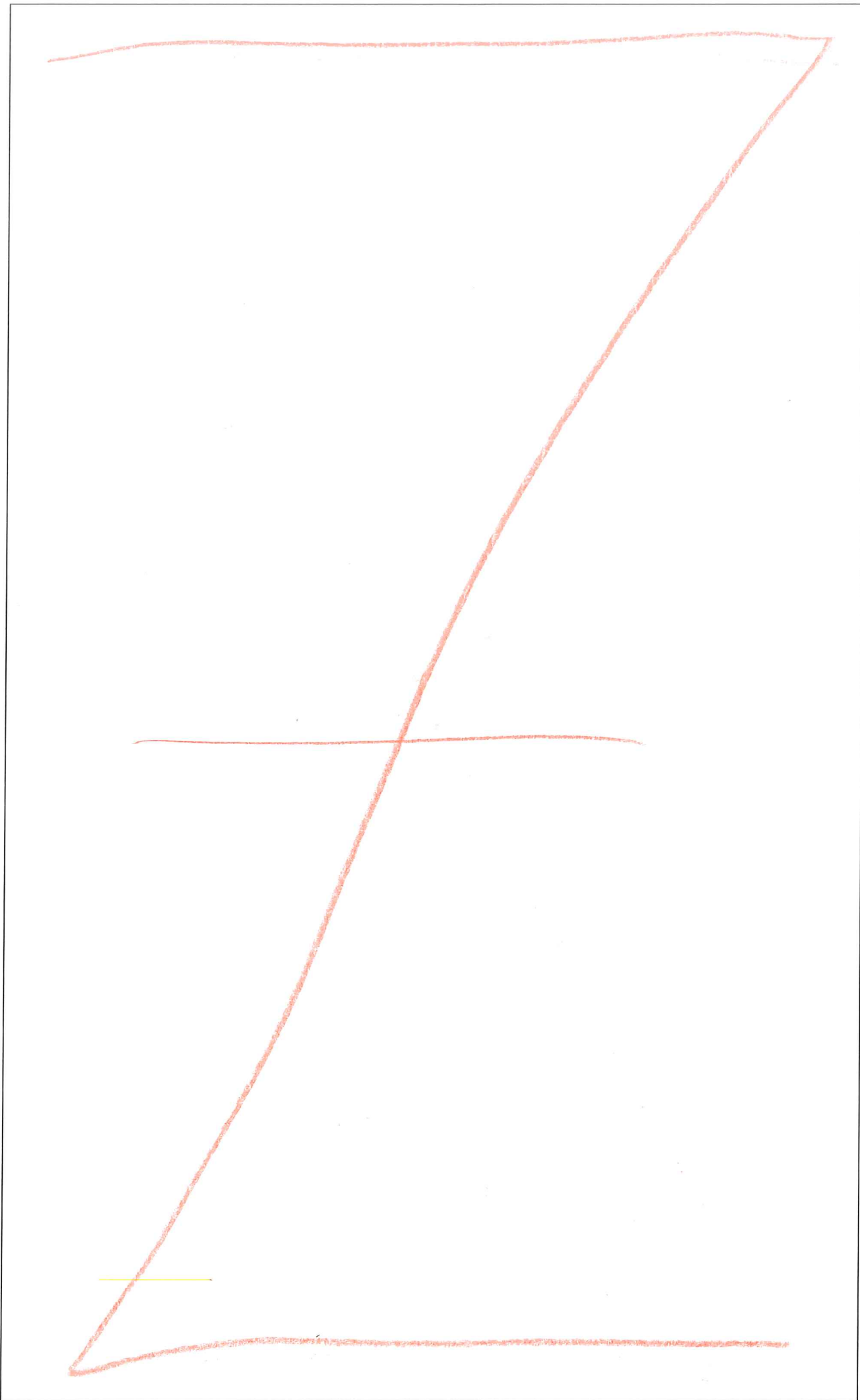
$W = 8\pi \cdot 0,04^2 \approx 1,6 \text{ (мДж)}$

* Примечание: Запомним о статии воздуха — избыточное давление $\Delta P = \frac{4\delta}{R} = 4 \text{ (Па)}$

ничтожно мало по сравнению с $P_A = 100 \text{ кПа}$, поэтому дополнительная работа изотермического сжатия воздуха $\approx \frac{\Delta P^2 \cdot V}{2P_A} \approx 10^{-8} \text{ (Дж)}$ — пренебрежимо мала

Ответ: $W = 1,6 \text{ (мДж)}$





45-62-91-10
(167.4)

нет времени в области выдел

№3 Чистовик

1) Вопрос-ответ: 1) скорость пылинки в центре кольца: $U_{max} = 0$, U_0 от центра (высота R) верт. ↑
толку

$U_0 = \sqrt{2gR}$

2) Индукция магнитного поля в центре круглого кольца радиуса a : $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$ (пот. о циркуляции)

3) Индукция силы Лоренца: B центра кольца поле направлено перпендикулярно плоскости кольца, скорость пылинки — вертикально (горизонтально), каковы силы, поэтому сила Лоренца направлена горизонтально в плоскости кольца.

4) Индукция тока — короткий (3 мс), вертикальная скорость практически не меняется, горизонтальная скорость U появляется из: $mU = |q| \cdot U_0 \cdot \mu_0 \cdot Q$

$\int I(t) dt = \frac{|q| \cdot U_0 \cdot \mu_0 \cdot Q}{2R}$; отсюда:

$\frac{|q|}{m} = \frac{2R U}{\mu_0 \cdot Q \cdot U_0}$ ($\frac{кл}{кг}$); 5) направление зор. скорости U_0 — вверх от центра кольца, U — горизонтально в плоскости кольца.

6) Для точки x на высоте h от центра кольца в точке на высоте h от центра кольца $R-h$ ниже центра. 7) Время полета: $t = \sqrt{\frac{2(R-h)}{g}} - \sqrt{\frac{2R}{g}}$

$x = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$; 7) Время полета: $t = \sqrt{\frac{2(R-h)}{g}} - \sqrt{\frac{2R}{g}}$

$\frac{x}{t} = U$; $\begin{cases} U_0 \approx 3,58 \frac{м}{с} \\ x \approx 0,16 м \\ t \approx 0,14 с \end{cases} \Rightarrow U = \frac{0,16}{0,14} = 1,1 \frac{м}{с}$; $B = \frac{\mu_0 I}{2a}$

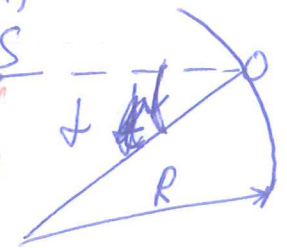
$\frac{|q|}{m} = 1,3 \cdot 10^8 \frac{кл}{кг}$ ← **ответ**

Дано:
 $\nu = 8 \text{ кГц}$
 $R = 30 \text{ м}$
 $d = 1,5 \text{ м}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $c = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

1) Вопрос - ответ: ЧИСТОВИК

$h = c/\nu = \frac{340}{8000} = 0,0425 \text{ (м)}$

$d \gg h \Rightarrow$ применима геометрическая оптика:



~~Решение~~

~~Ответ: 13 м~~

Z

Z

$l = \frac{R \cdot \cos \alpha}{2} = \frac{30 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \approx 13 \text{ (м)}$

* Ключевая идея решения; волновая цилиндрическая оптика работает как волновое зеркало, источник далеко \Rightarrow лучи параллельны. После отражения лучи попадают в фокус (где амплитуда максимальна). При падении параллельного луча на волновое цилиндрическое зеркало геометрическая оптика применима, т.к.

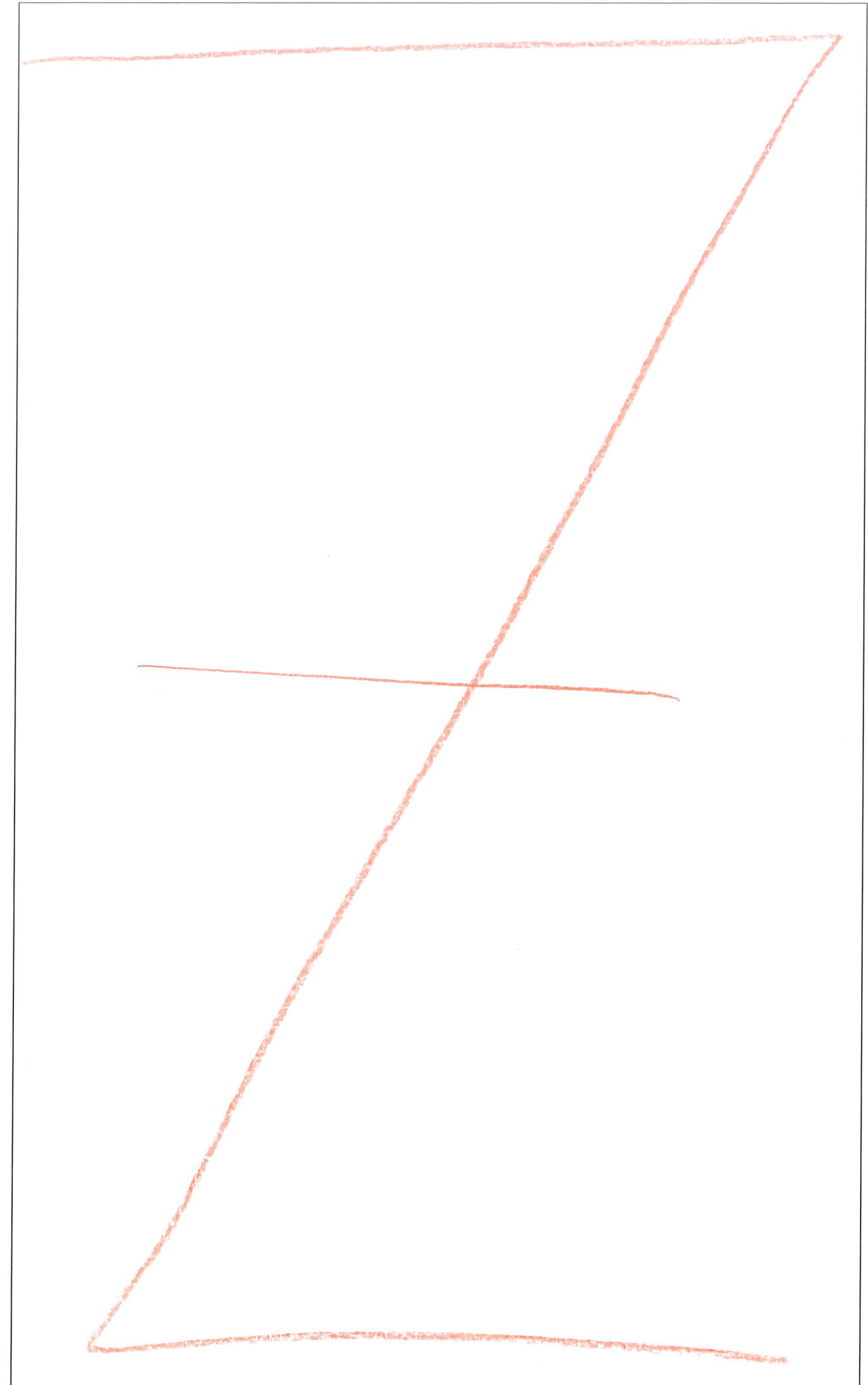
$d \gg h$ (это означает, что число Френеля: $N = \frac{a^2}{h \cdot l} \gg 1$)

(a - радиус апертуры, l - расстояние до наблюдателя)

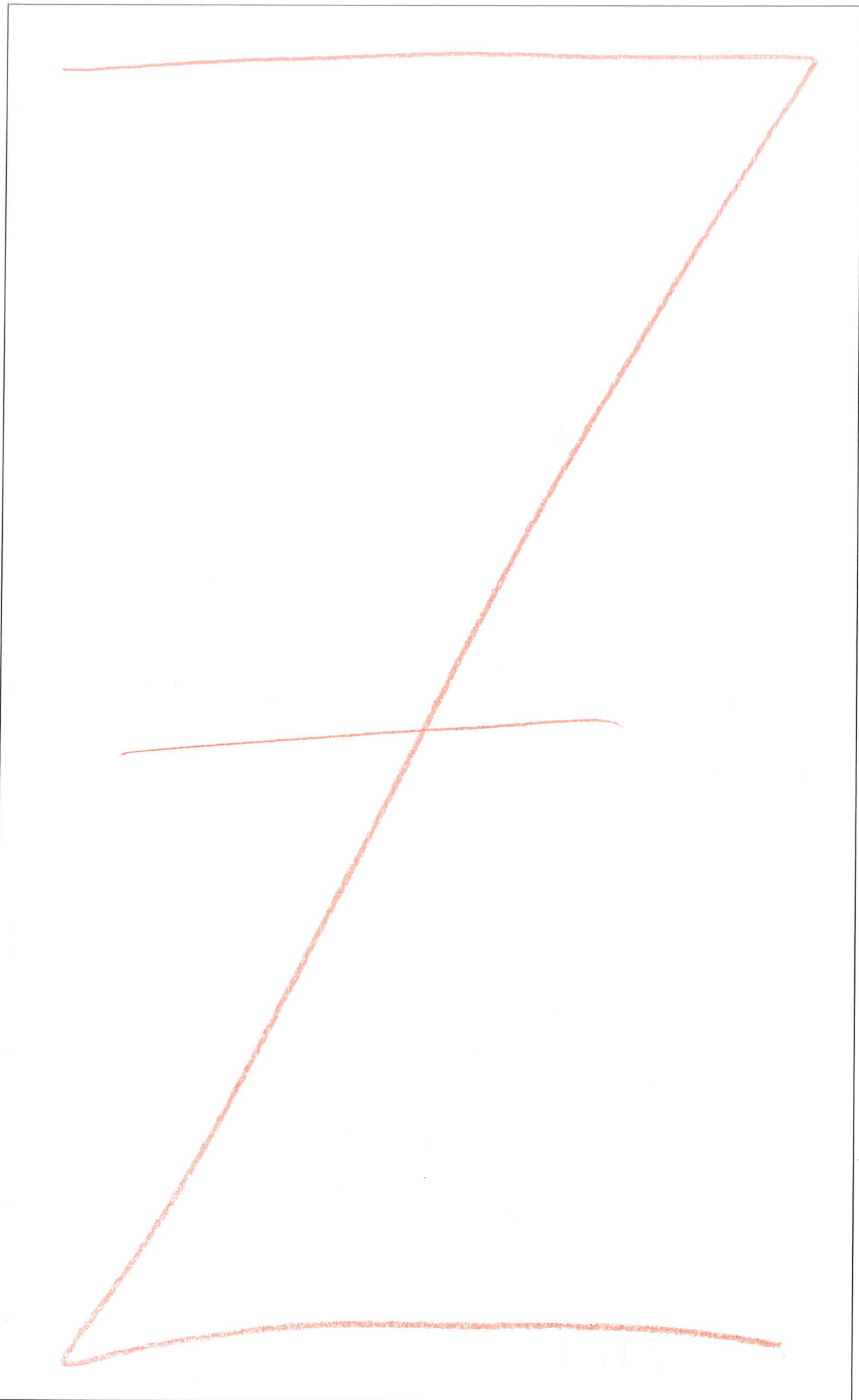
Мы получили $l = 13 \text{ м}$, при этом:

$N = \frac{1,5^2}{0,0425 \cdot 13} \approx 4 \Rightarrow$ геом. приближение работает - ответ очевиден верен.

Ответ: 13 (м)

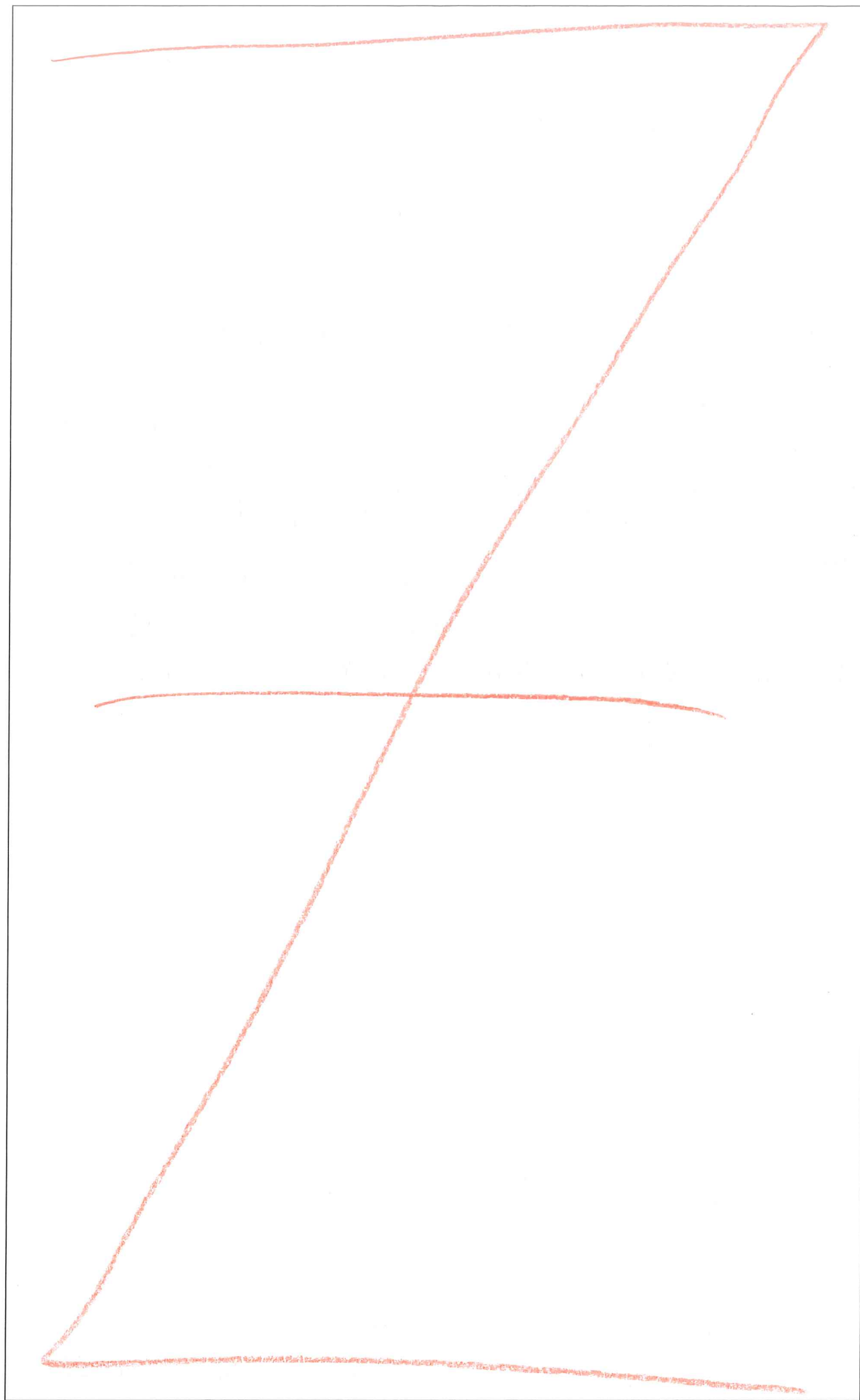


ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ



Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!