



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

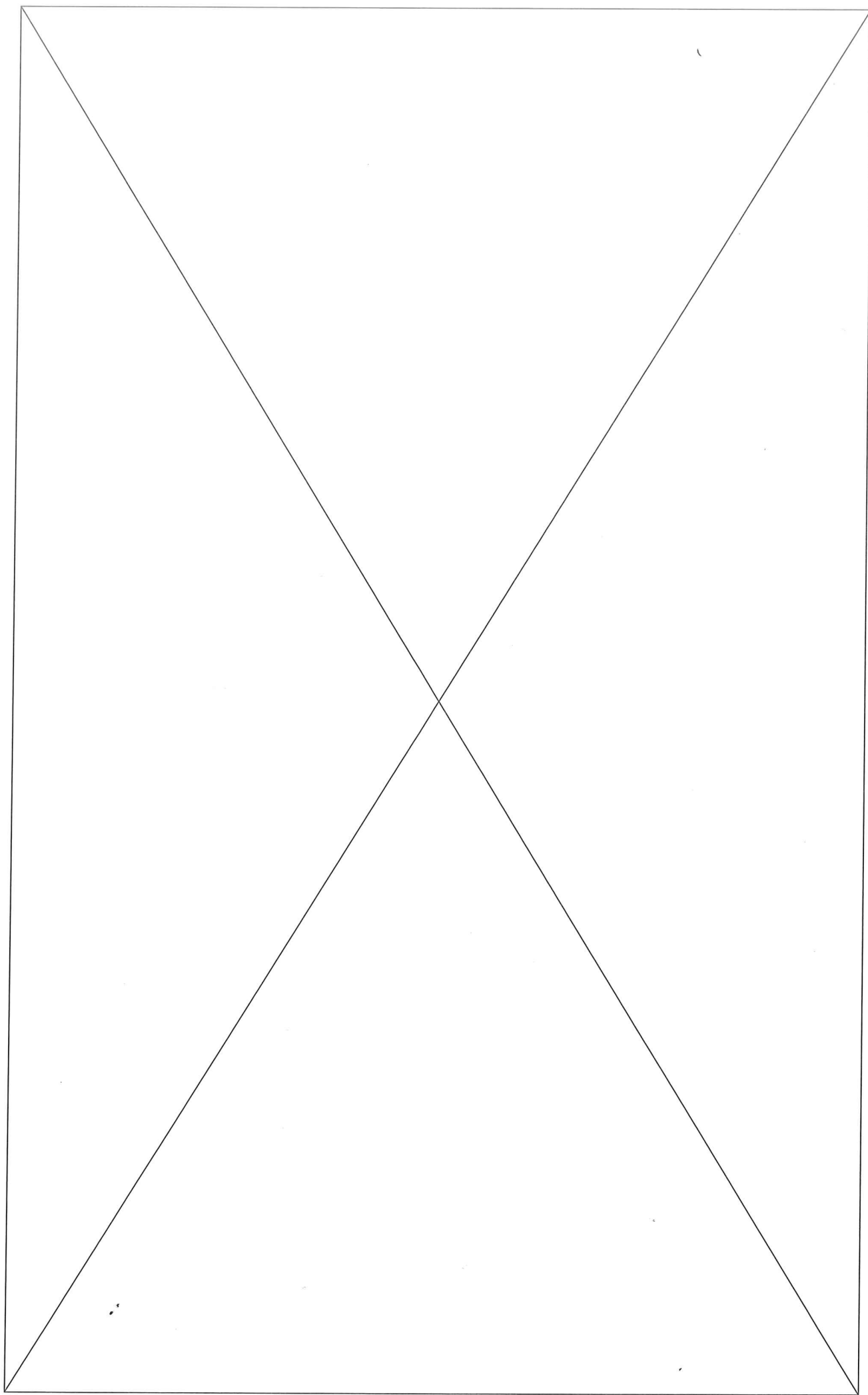
по физике
профиль олимпиады

Черкушаевой Полины Сергеевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

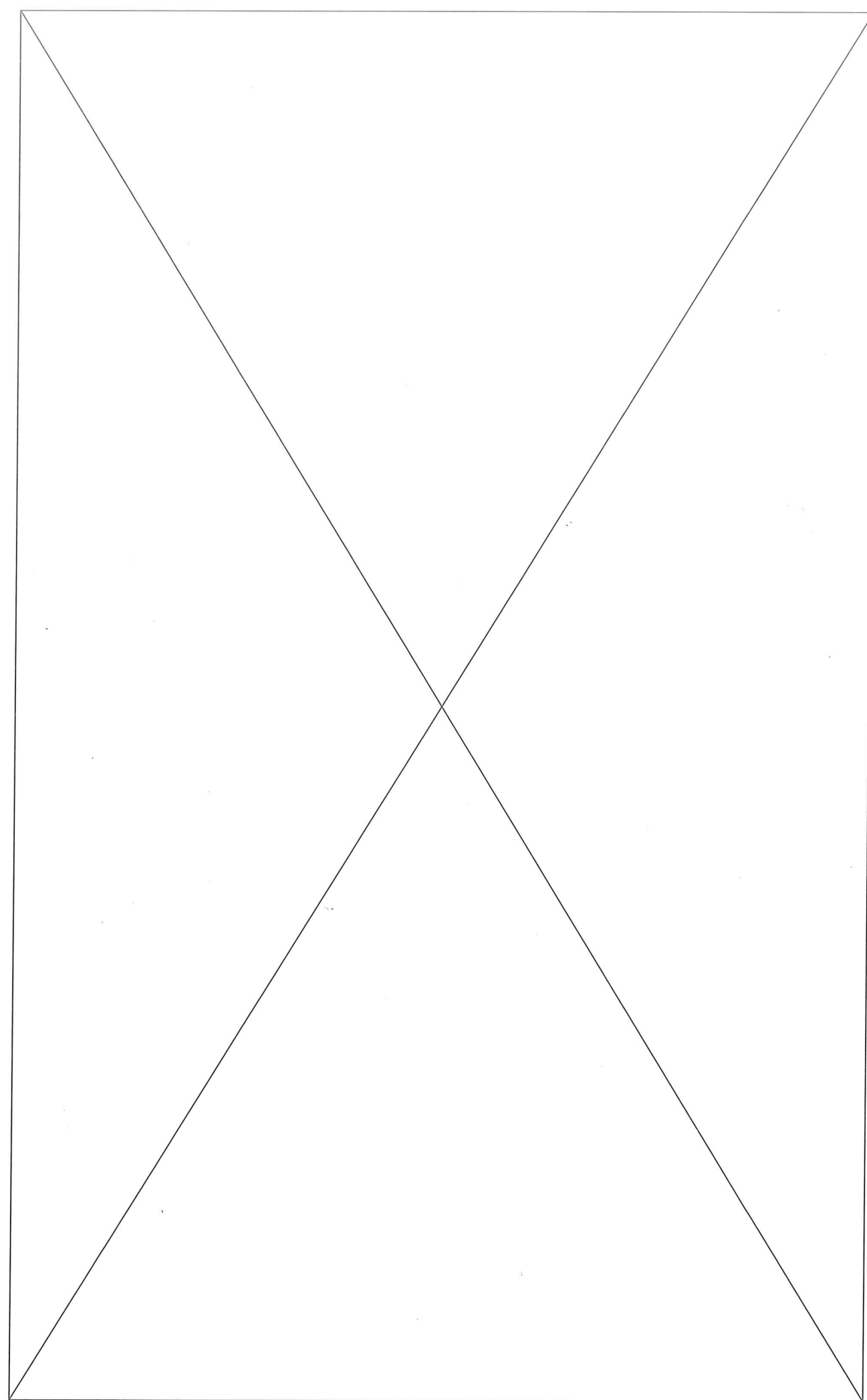
сдала 17²⁶

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Мен.



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

2.3.3. ЧИСТОВИК Дано:

- $V = 30 \text{ м}^3$
- $T = 273 \text{ К}$
- $\Delta M = 1 \text{ кг}$
- $\lambda_k = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$
- $r_n = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
- $M = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
- $R = 8,3 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$

Уравнение теплового баланса (равновесие)

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$-\lambda_k \cdot \Delta M + m r_n = 0$$

$$m n = \frac{\lambda_k \Delta M}{r_n}$$

$Q_1 = -\lambda_k \Delta M$ кристаллизация
 $Q_2 = m r_n$ испарение

Т.к. углы обильно равновесие, значит, давление $p = p_n$ (насыщенное)

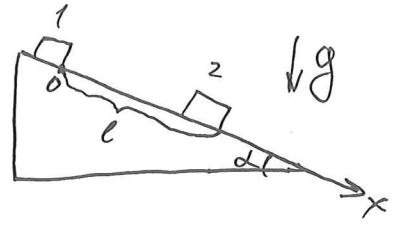
$$p_n \cdot V = \frac{m_0}{\mu} R T \Rightarrow p_n = \frac{m_0 R T}{\mu V}$$

$$p_n = \frac{\lambda_k \Delta M R T}{r_n \mu V} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot 3 \cdot 273}{10 \cdot 2,3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 30} \approx 59,5 \text{ Па}$$

Ответ: 59,5 Па

1.5.3. Дано:

- $\alpha = 30^\circ$
- $\tau = 0,5 \text{ с}$
- $\tau_1 = 2 \text{ с}$
- $\tau_2 = 1 \text{ с}$
- $g = 10 \text{ м/с}^2$



кагда отсчитывается момент, когда брусок начал перекрывать первый фотозащелку этот момент соотв. положению 1 на рис.

положение 2 - начало перекрывания бруском второго фотозащелки

$$a_x = g \sin \alpha$$

Пусть v_1 - начальная скорость (в начале положения 1)
 v_2 - скорость в конце перекрывания первого фотозащелки
 v_1' - скорость в нач. перекрывания второго фотозащелки
 v_2' - ск. в конце перекр. второго фотозащ.

$$v_1' = v_1 + a_x \tau ; \quad b = v_1 \tau + \frac{a_x \tau^2}{2} \text{ - у первого щелки.}$$

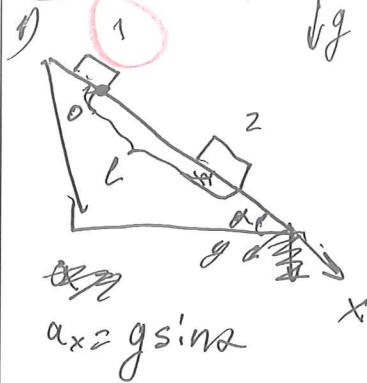
$$l = v_1 \tau + \frac{a_x \tau^2}{2} ; \quad b = v_1' \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2} \text{ - у второго щелки.}$$

$$v_1 \tau + \frac{a_x \tau^2}{2} = (v_1 + a_x \tau) \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

$$v_1 (\tau_1 - \tau_2) = a_x \tau \tau_2 - \frac{a_x \tau^2}{2} + \frac{a_x \tau_2^2}{2} = \frac{a_x}{2} (2\tau \tau_2 - \tau^2 + \tau_2^2)$$

$$v_1 = \frac{a_x (2\tau \tau_2 - \tau^2 + \tau_2^2)}{2(\tau_1 - \tau_2)}$$

Чертовик



пусть в начале перекрывается первым щ. в конце v_2 в начале перекр. второго щ. в конце v_2'

$$v_1' = v_1 + a_x \tau$$

$$v_2 = v_1 + a_x \tau_1$$

$$v_2' = v_2 + a_x \tau_2$$

$$b = v_1 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} ; \quad b = l + v_1' \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

$$l = v_1 \tau + \frac{a_x \tau^2}{2}$$

$$v_1 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = v_1 \tau + \frac{a_x \tau^2}{2} + (v_1 + a_x \tau) \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

$$v_1 \tau_1 - v_1 \tau - v_1 \tau_2 = -\frac{a_x \tau_1^2}{2} + \frac{a_x \tau^2}{2} + a_x \tau \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

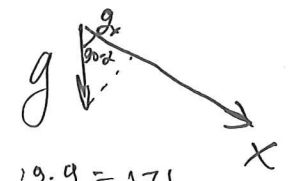
$$v_1 (\tau_1 - \tau - \tau_2) = \frac{a_x}{2} (\tau^2 - \tau_1^2 + 2\tau \tau_2 + \tau_2^2)$$

$$v_1 = \frac{a_x ((\tau + \tau_2)^2 - \tau_1^2)}{2(\tau_1 - \tau - \tau_2)}$$

$$b = v_1 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = \frac{a_x \tau_1 ((\tau + \tau_2)^2 - \tau_1^2)}{2(\tau_1 - \tau - \tau_2)} + \frac{a_x \tau_1^2}{2}$$

$$= \frac{g \sin \alpha \tau_1}{2} \left(\frac{(\tau + \tau_2)^2 - \tau_1^2}{\tau_1 - \tau - \tau_2} + \tau_1 \right) = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2}{2} \left(\frac{(0,5+1)^2 - 4}{2 - 0,5 - 1} + 2 \right) =$$

$$= 5 \left(\frac{2 \cdot 2761 - 4}{0,49} + 2 \right)$$



$$g_x = g \sin \alpha$$

$$10 \cdot g = 171$$



$$\begin{array}{r} 4,35 \\ \times 4,35 \\ \hline 2175 \\ 1305 \\ \hline 1740 \\ \hline 189225 = 19 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,51 \\ \times 1,51 \\ \hline 751 \\ 151 \\ \hline 22761 \\ \hline 320 \overline{) 171} \\ \underline{171} \\ \hline 1490 \\ \underline{1490} \\ \hline 320 \end{array}$$

Черновик

$$b = v_1 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} \quad v_1' = v_1 + a_x \tau$$

$$b = v_1' \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

$$v_1 \tau_1 + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = (v_1 + a_x \tau) \tau_2 + \frac{a_x \tau_2^2}{2}$$

$$v_1 (\tau_1 - \tau_2) = a_x \tau \tau_2 - \frac{a_x \tau_1^2}{2} + \frac{a_x \tau_2^2}{2} = \frac{a_x}{2} (2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2)$$

$$v_1 = \frac{a_x (2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2)}{2(\tau_1 - \tau_2)}$$

$$b = \frac{a_x \tau_1 (2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2)}{2(\tau_1 - \tau_2)} + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = \frac{g \sin \alpha \tau_1}{2} \left(\frac{2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2}{\tau_1 - \tau_2} + \tau_1 \right)$$

$$= \frac{10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2}{2} \left(\frac{2 \cdot 0,51 \cdot 1 - 4 + 1}{2 - 1} + 2 \right) = 5 \cdot (1,02 + 1 - 4 + 2) = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ м}$$

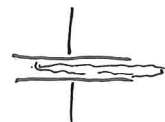
5.2.3. $U_0 = 100 \text{ В}$, $d = 1 \text{ мм}$, $m = 10 \text{ г}$, $x_0 = 0,1 \text{ мм}$, $\epsilon = 4$, $T = 4,35 \text{ с}$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$a = -\omega^2 x$$

$$S = l^2$$

$$S' = (l^2 - lx)$$



$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$F = qE$$

$$q = const$$

$$A_{\text{мех}} + A_{\text{эц}} = W_2 - W_1 + Q$$

$$A_{\text{мех}} = F \cdot x = W_2 - W_1$$

$$W_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U_0^2}{2}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S'}{d}$$

$$W_1 = \frac{C U_0^2}{2}, W_2 = \frac{C_2 U_0^2}{2}$$

$$q = C U_0 \Rightarrow U_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{C_1}{C_2} U_0$$

$$W_2 = \frac{C_2 \cdot C_1^2 U_0^2}{2 C_2^2} = \frac{C_1^2 U_0^2}{2 C_2}$$

$$m a = F$$

$$F = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d} \left(\frac{l}{x(l-x)} - \frac{1}{x} \right) = \frac{l - 11x}{x(1-x)}$$

$$F = m a$$

$$\frac{8 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 10^4}{19 \cdot 9} = \frac{32 \cdot 10^{-6}}{19 \cdot 9} = 2 \cdot 10^{-5}$$

68-94-60-97

Черновик

$$b = \frac{a_x \tau_1 (2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2)}{2(\tau_1 - \tau_2)} + \frac{a_x \tau_1^2}{2} = \frac{g \sin \alpha \tau_1}{2} \left(\frac{2\tau \tau_2 - \tau_1^2 + \tau_2^2}{\tau_1 - \tau_2} + \tau_1 \right) =$$

$$= \frac{10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2}{2} \left(\frac{2 \cdot 0,51 \cdot 1 - 4 + 1}{2 - 1} + 2 \right) = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ м}$$

Ответ: 1 м

5.2.3. Дано:

$$U_0 = 100 \text{ В}$$

$$d = 1 \text{ мм}$$

$$m = 10 \text{ г}$$

$$x = 0,1 \text{ мм}$$

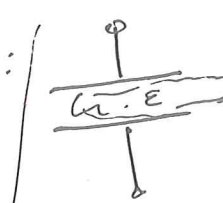
$$x \ll d \ll l$$

$$T = 4,35 \text{ с}$$

$$\epsilon = 4$$

$$\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

$l = ?$



$$A_{\text{эц}} + A_{\text{мех}} = W_2 - W_1 + Q$$

$$A_{\text{мех}} = F \cdot x$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad S = l^2$$

← диэлектрик полностью в конденс.

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S'}{d} \quad S' = (l^2 - lx)$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$q = const$$

т.к. откл. от нул.

$$q = C U_0$$

$$W_1 = \frac{q^2}{2 C_1} = \frac{C_0^2 U_0^2}{2 C_1}$$

$$W_1 = \frac{\epsilon_0^2 S^2 U_0^2 \cdot d}{d^2 \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S} = \frac{\epsilon_0 S \cdot U_0^2}{2 \epsilon d} = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d}$$

$$W_2 = \frac{q^2}{2 C_2} = \frac{\epsilon_0^2 S^2 U_0^2 \cdot d}{d^2 \cdot 2 \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S'} = \frac{\epsilon_0 S^2 U_0^2}{2 \epsilon d S'} = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d \cdot l(l-x)} = \frac{\epsilon_0 l U_0^2}{2 \epsilon d (1-x)}$$

$$A_{\text{мех}} = F \cdot x = \frac{\epsilon_0 l^3 U_0^2}{2 \epsilon d (1-x)} - \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d} = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d} \left(\frac{l}{1-x} - 1 \right)$$

$$F \cdot x = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d} \left(\frac{l}{1-x} - 1 \right) \quad \frac{l}{1-x} \approx l$$

$$F = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{x \cdot 2 \epsilon d} \left(\frac{l}{1-x} - 1 \right)$$

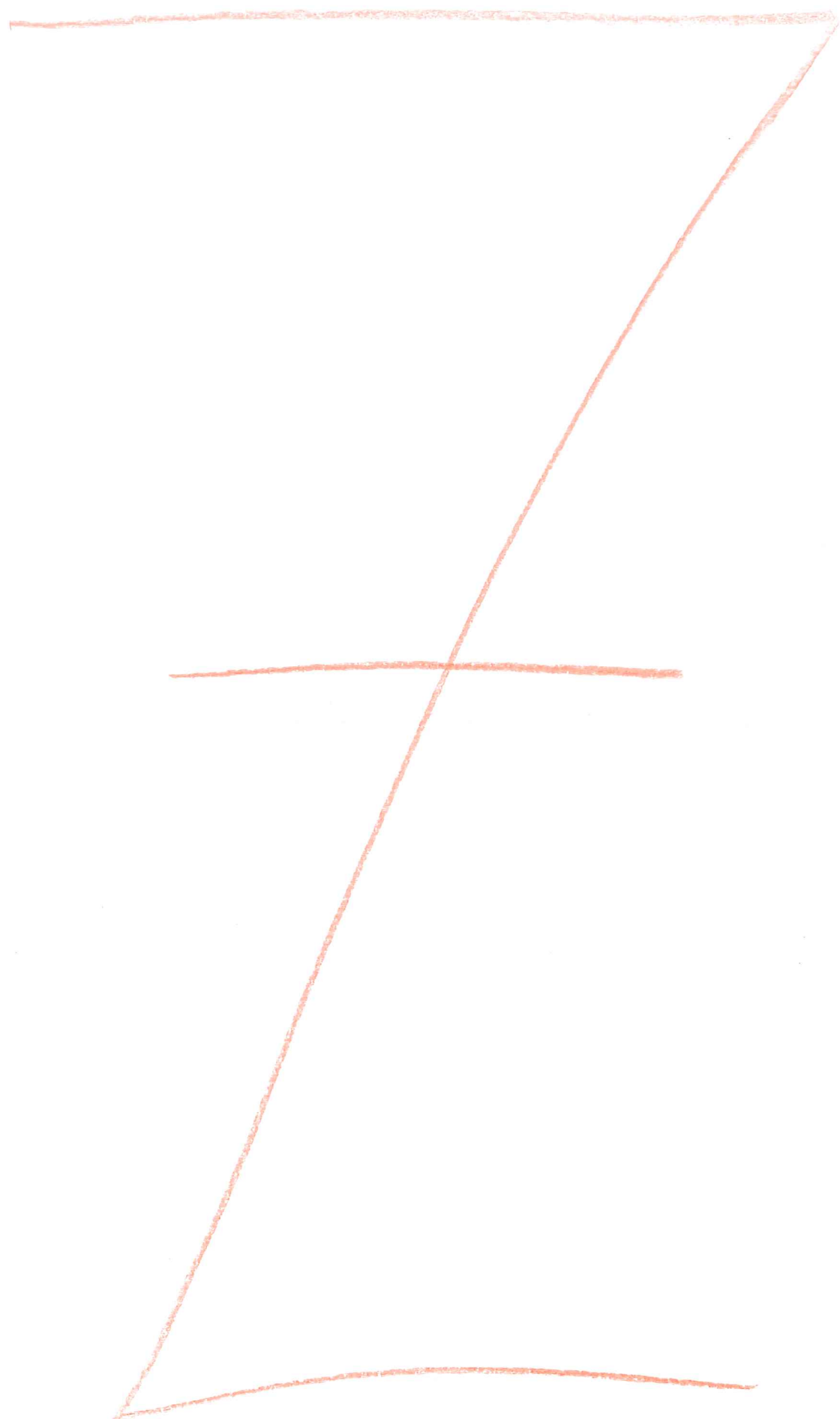
$$F = m a \quad ; \quad a = -\omega^2 x = -\frac{4\pi^2}{T^2} x = \frac{F}{m} \Rightarrow \frac{4\pi^2 x m}{T^2} = \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d x} \left(\frac{l}{1-x} - 1 \right)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{4\pi^2 m x^2}{T^2} \approx \frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2 \epsilon d} (1-l)$$

$$l^2(1-l) = \frac{8\pi^2 \epsilon d x^2 m}{T^2 \epsilon_0 U_0^2} = 2 \cdot 10^{-4}$$

$l^2 - l^3 = 2 \cdot 10^{-4} \rightarrow l^3$ очень мало $l \approx \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} = 0,014 \text{ м}$



Черновик

$$\frac{A_{\text{мех}}}{xM} = -\omega^2 x$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2\epsilon d} \left(\frac{l}{1-x} - 1 \right) = -\omega^2 x^2 M$$

$$\frac{\epsilon_0 l^2 U_0^2}{2\epsilon d} \left(1 - \frac{l}{1-x} \right) = \omega^2 x^2 M$$

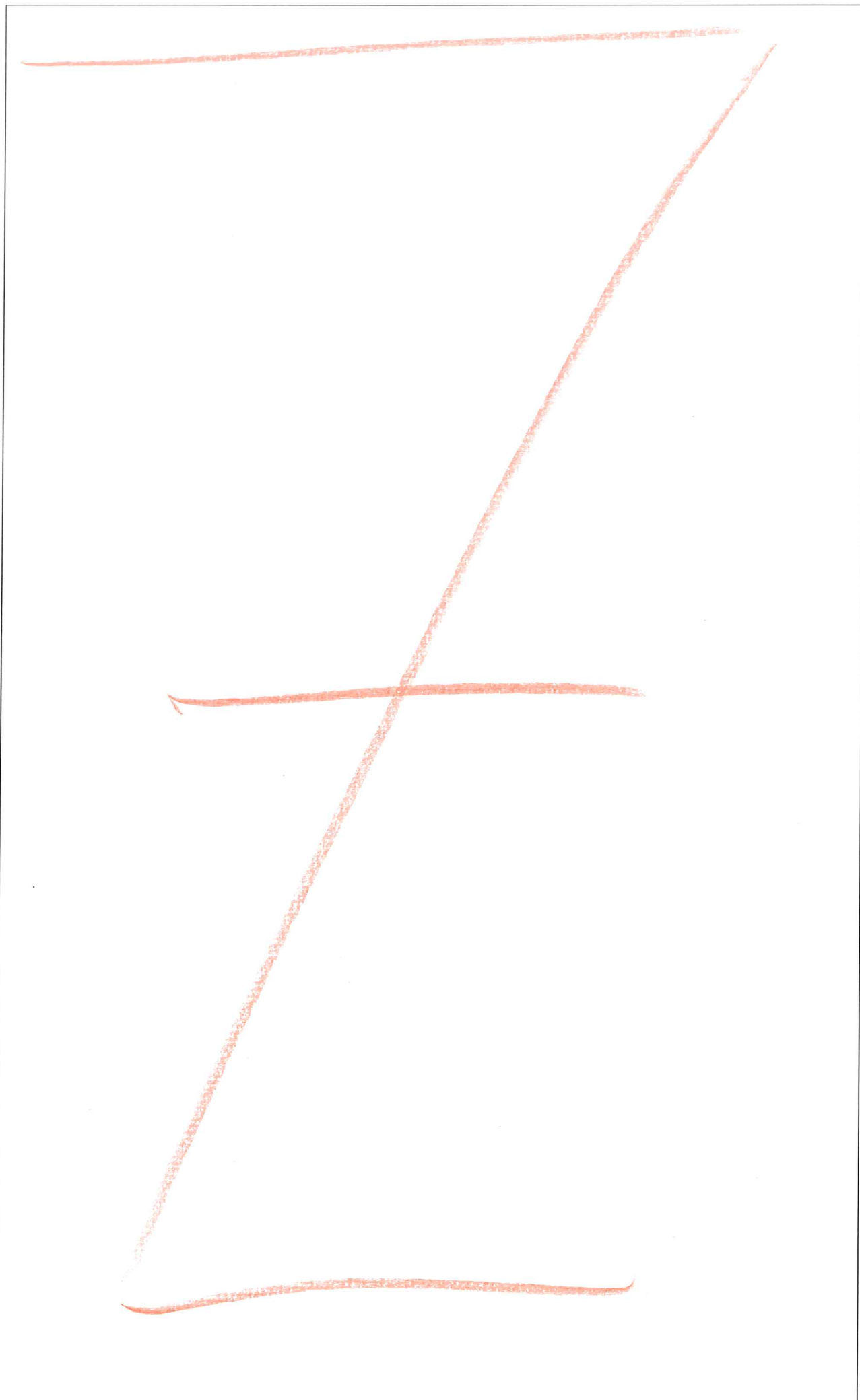
$$\frac{2\epsilon d \cdot 4\pi^2 x^2 M}{\epsilon_0 d_0 \cdot \tau^2} = \frac{2\epsilon d \omega^2 x^2 M}{\epsilon_0 U_0^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^{-12} \cdot 10000 \cdot 4,35^2} =$$

$$= \frac{32}{19 \cdot 9} \cdot 10^{-4} \approx 2 \cdot 10^{-4}$$

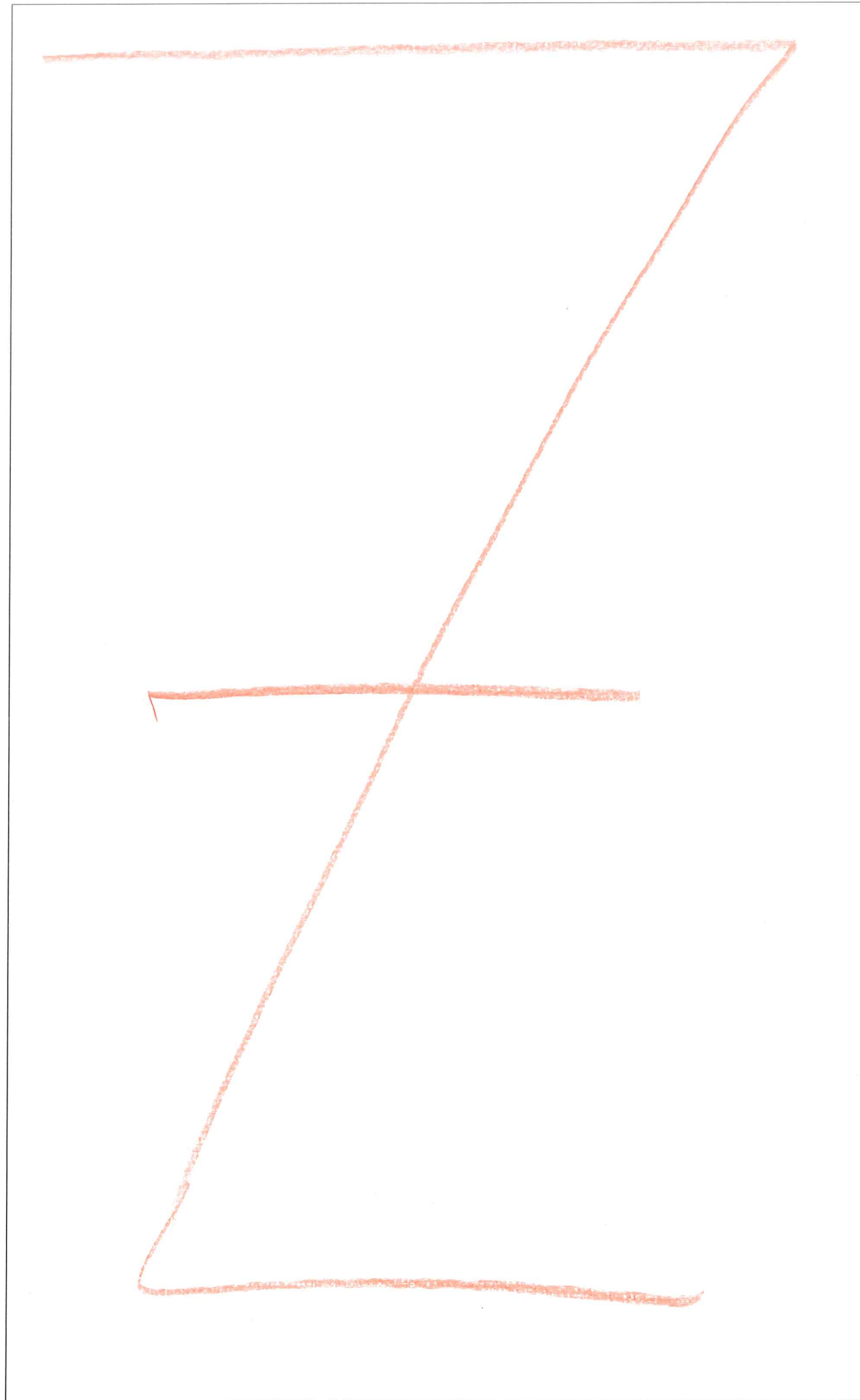
$$l^2 - l^3 = 2 \cdot 10^{-4}$$

~~Handwritten scribble~~

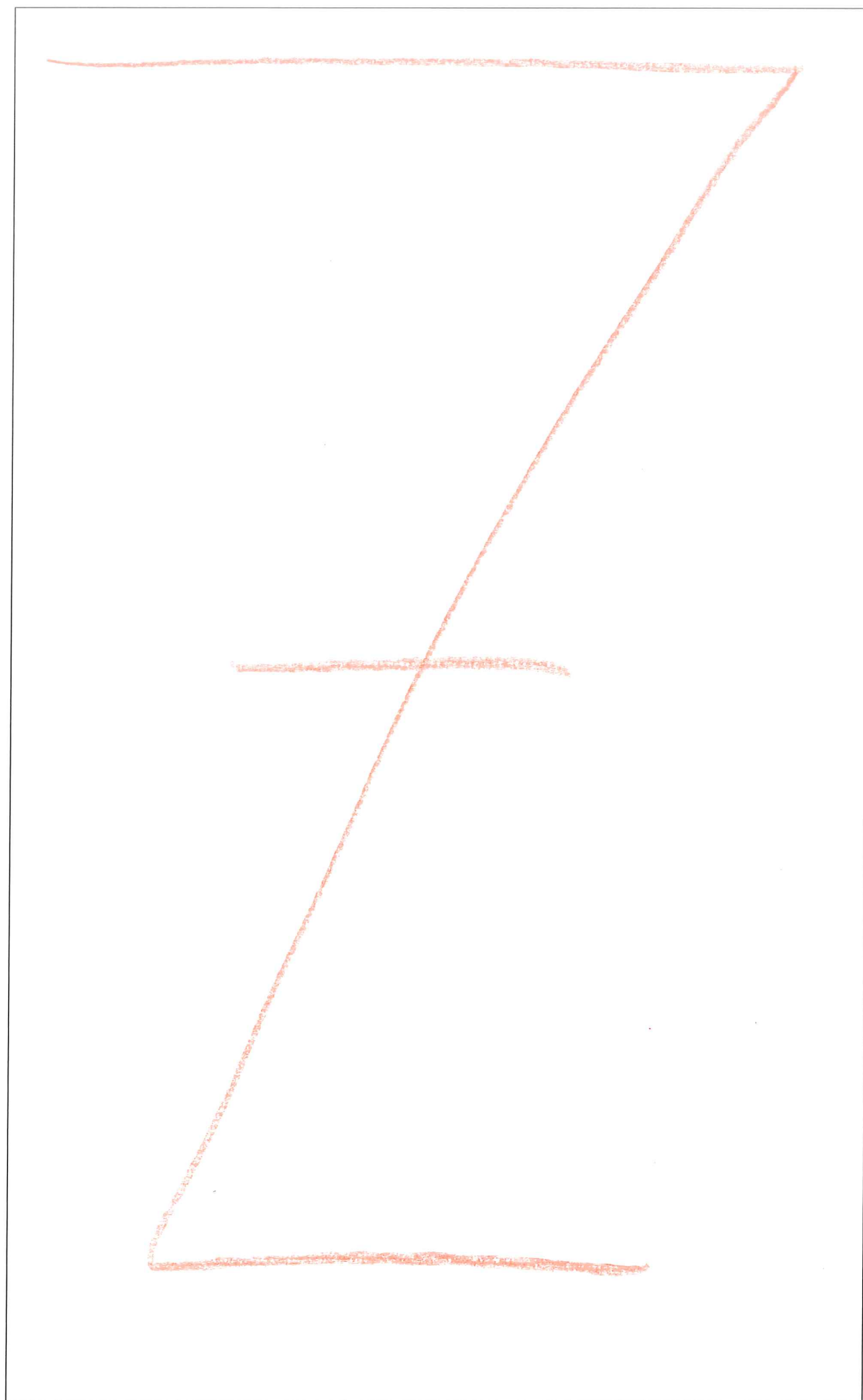
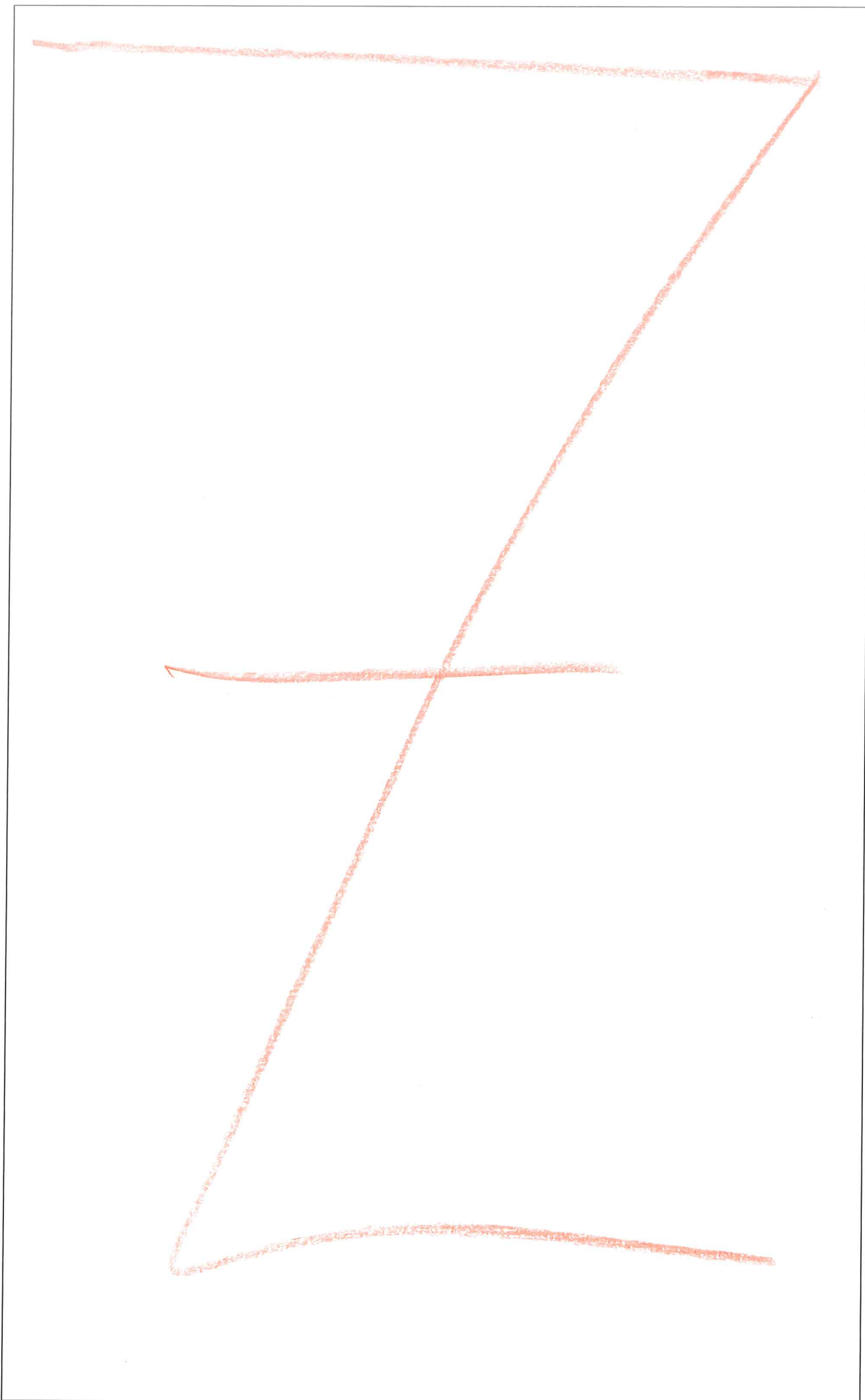


Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

68-94-60-97
(3.6)



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



Оценка
улучшена
с 56 до 82

В тематическую комиссию
олимпиады "Ломоносов"
по физике
от Чекулаевой Тамиры
Сергеевны

Апелляция

Прошу вас поднять выставленные мне
баллы за следующие задачи 3-го варианта:

- за задачу №3: с 15 до 17 баллов, так как основные
физические законы были сформулированы
правильно, задача доведена до ответа, в котором
только не было учтено внутреннее сопротивление
"источника";
- за задачу №4: с 10 до 24 баллов, так как
был получен правильный ответ в алгебраическом
виде, но допущена незначительная ошибка
при получении численного значения;
- за задачу №5: с 2 до 12 баллов, т.к. основные
уравнения, необходимые для решения задачи,
были записаны правильно.

Много: прошу поднять оценку за мою работу
с 56 до 82 баллов.

МЧК.

1608042