



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

вошел 16⁴²
вернулся 16⁴⁶

Вариант _____

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

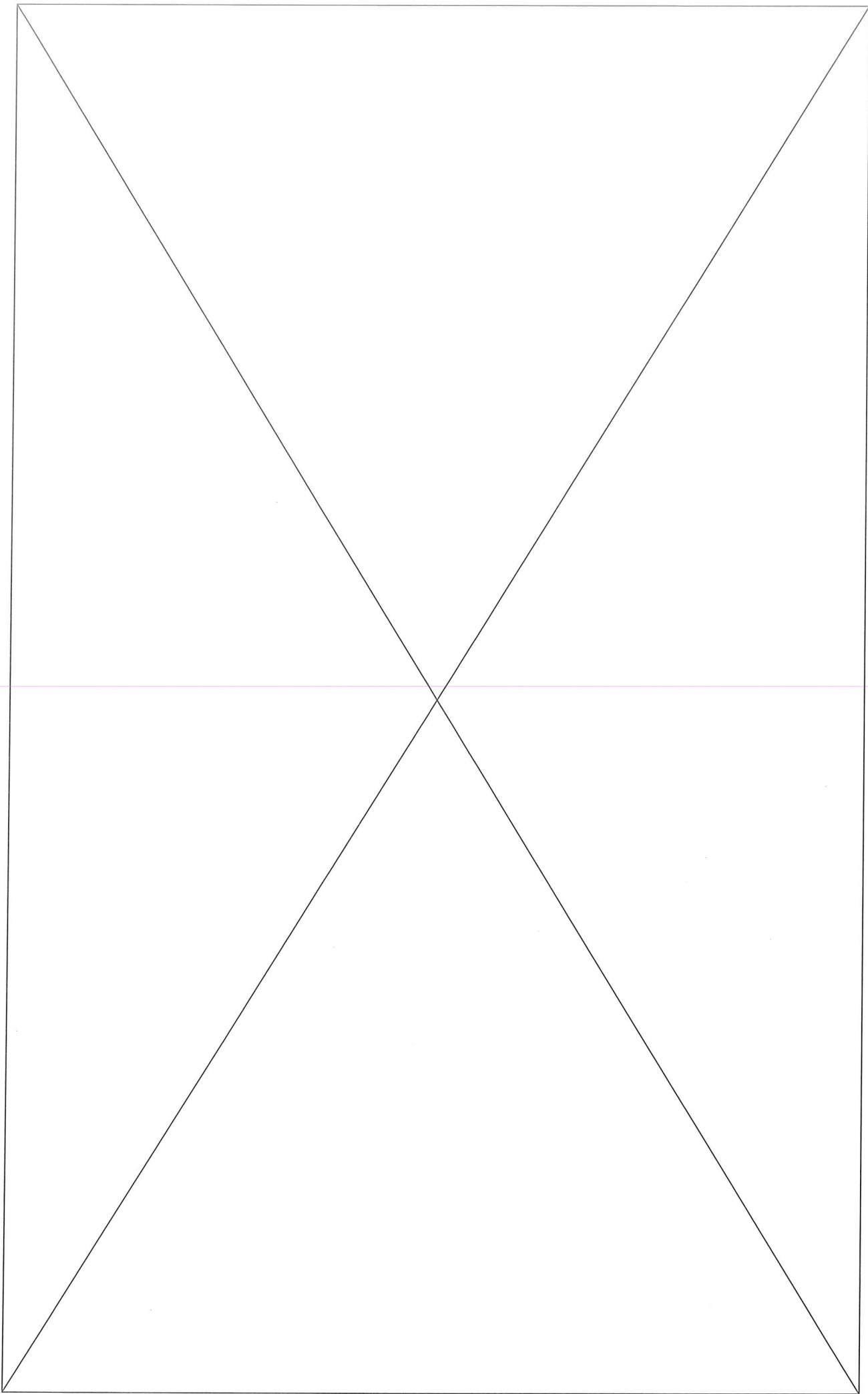
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

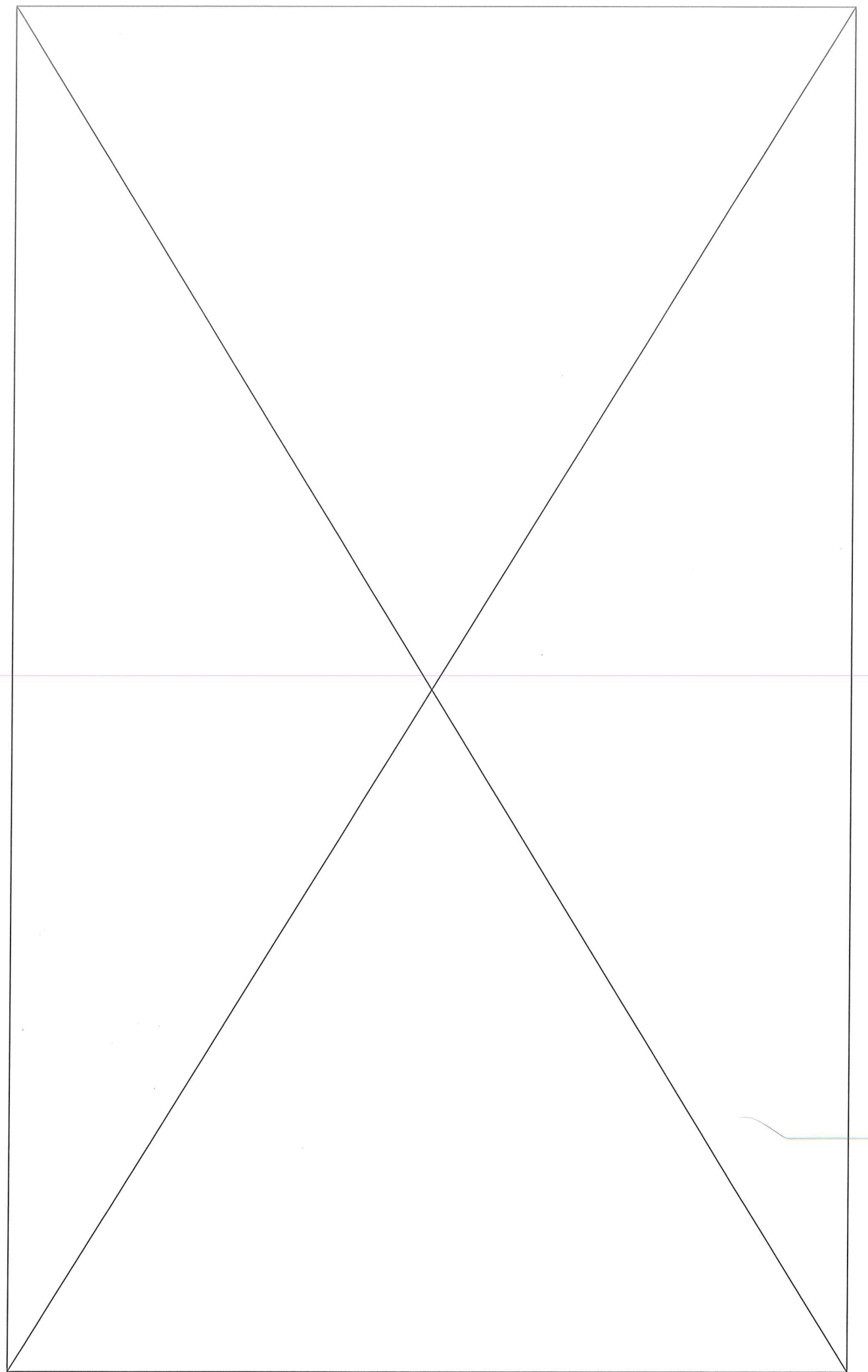
Самутина Степана Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
СФ



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



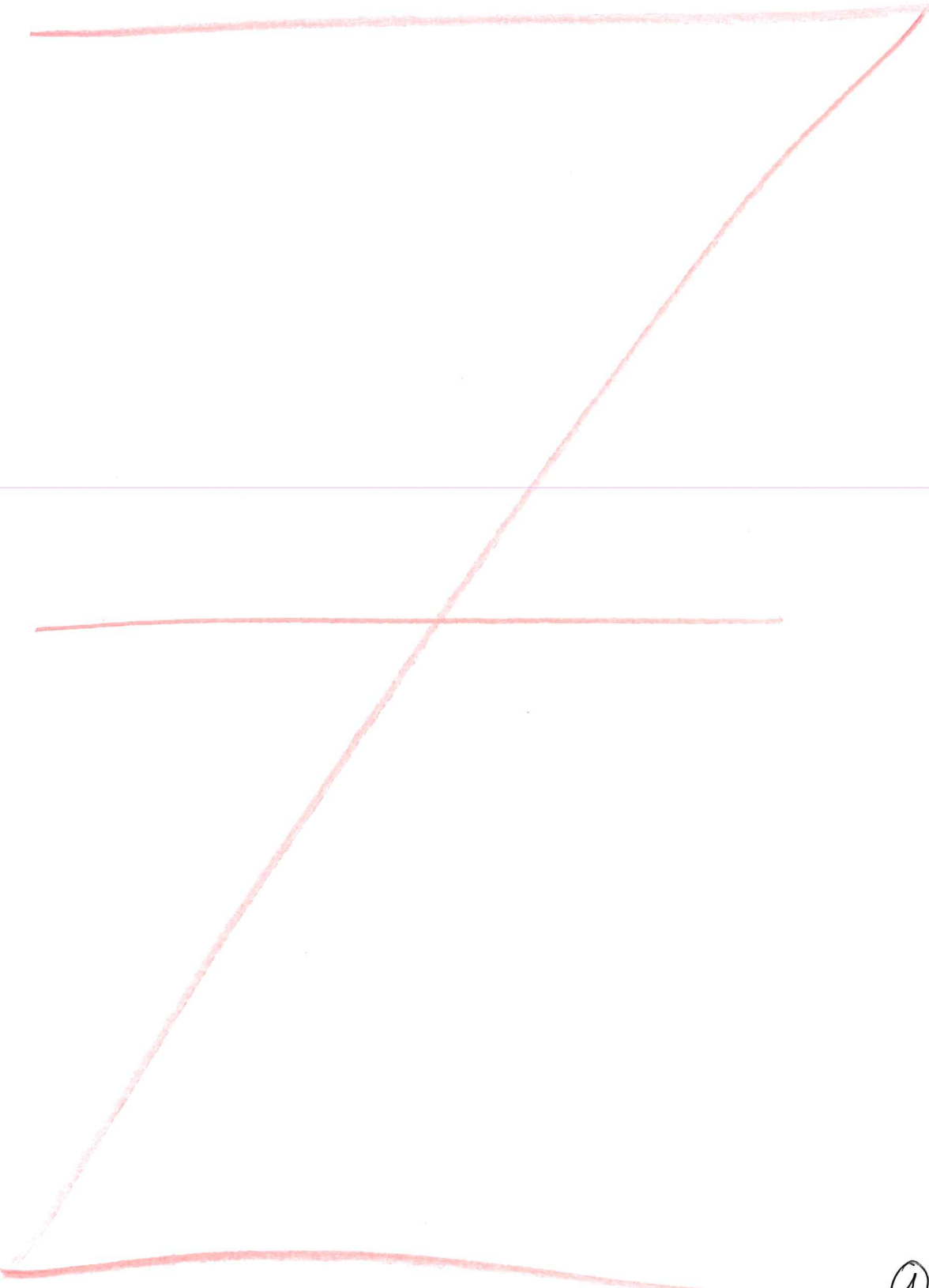
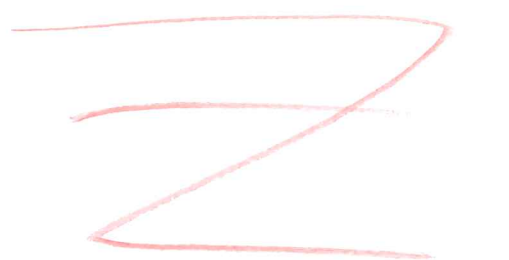
Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$$\begin{array}{r} 1740 \\ 2 \\ \times 15 \\ \hline 175 \\ + 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 41 \\ \times 41 \\ \hline 41 \\ + 164 \\ \hline 1681 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 42 \\ \hline 84 \\ + 168 \\ \hline 1764 \end{array}$$

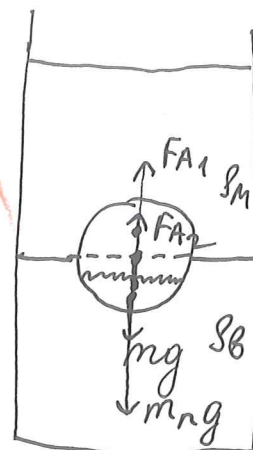


①

Чистовик

50-64-69-67
(512)

N2



$$V = 100 \text{ см}^3$$

$$m = 20 \text{ г}$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_M = 920 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Условие плавания:
 $mg = FA$ (т здесь не из условия)

тело можно разделить на 2 равные части, та, которая в масле и та, которая в воде. Будут действовать две силы Архимеда (на 1-ую и вторую половинку)

Тогда по II закону Ньютона (система в равновесии) (на вертикальную ось):

$$mg + m_n g = FA_1 + FA_2; \text{ где } m_n - \text{масса песка}$$

$$FA = \rho_B g V_{\text{погр}};$$

$$FA_1 = \rho_M g \frac{V}{2} \quad \left(\frac{V}{2} \text{ по условию}\right)$$

$$FA_2 = \rho_B g \frac{V}{2}$$

Подставим:

$$mg + m_n g = \rho_M g \frac{V}{2} + \rho_B g \frac{V}{2}$$

$$m + m_n = \rho_M \frac{V}{2} + \rho_B \frac{V}{2}$$

$$m + m_n = (\rho_M + \rho_B) \frac{V}{2}$$

$$m_n = (\rho_M + \rho_B) \frac{V}{2} - m$$

$$m_n = (1 + 0,92) \frac{100}{2} - 20 =$$

$$= \frac{1,92 \cdot 100}{2} - 20 = 0,96 \cdot 100 - 20 = 96 - 20 = 76 \text{ г}$$

Ответ: 76 г

$$\rho_B = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$\rho_M = 0,92 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

Всплывает часть
 Остаток в воде
 Всплывает часть
 Остаток в воде
 Всплывает часть
 Остаток в воде
 Всплывает часть
 Остаток в воде

①

N3

УТБ для 1-ого действия:

$$m_{\phi} c_{\phi} (t_1 - t_{\phi}) = m_1 c_b (t_{22} - t_1)$$

УТБ для 2-ого

; где t_{ϕ} - начальная температура гайника, t_{22} - температура горячего газа.

УТБ для 2-ого действия:

$$m_3 c_b (t_1' - t_3) = m_{\phi} c_{\phi} (t_1 - t_1') + m_1 c_b (t_1 - t_1')$$

где t_1' - установившаяся температура после 2-ого действия.

УТБ для 3-его действия:

здесь у воды масса $m_1 + m_3$ и она при температуре t_1' ; лёд сначала нагревается, потом тает, потом образовавшаяся вода нагревается; $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ - лёд плавится.

$$m_2 c_l (t_0 - t_2) + m_2 \lambda + m_2 c_b (t_k - t_0) = (m_1 + m_3) c_b (t_1' - t_k) + m_{\phi} c_{\phi} (t_1' - t_k)$$

Из УТБ 2-ого действия преобразовываем и вычисляем t_1' :

$$m_3 c_b (t_1' - t_3) = (t_1 - t_1') (m_{\phi} c_{\phi} + m_1 c_b)$$

$$m_3 c_b t_1' - m_3 c_b t_3 = t_1 m_{\phi} c_{\phi} + t_1 m_1 c_b - t_1' m_{\phi} c_{\phi} - t_1' m_1 c_b$$

$$m_3 c_b t_1' + m_{\phi} c_{\phi} t_1' + m_1 c_b t_1' = m_3 c_b t_3 + t_1 m_{\phi} c_{\phi} + t_1 m_1 c_b$$

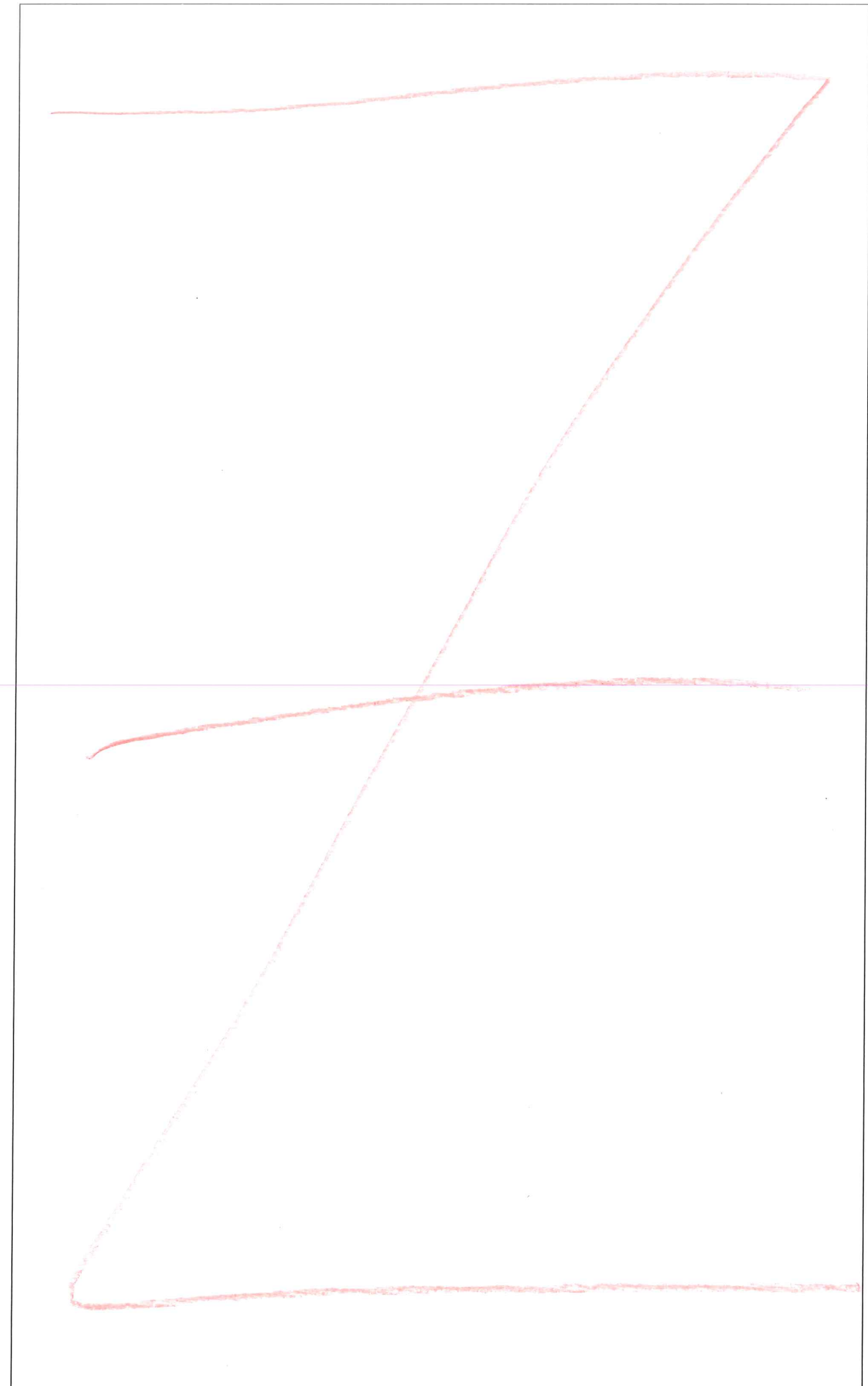
$$t_1' (m_3 c_b + m_{\phi} c_{\phi} + m_1 c_b) = m_3 c_b t_3 + t_1 m_{\phi} c_{\phi} + t_1 m_1 c_b$$

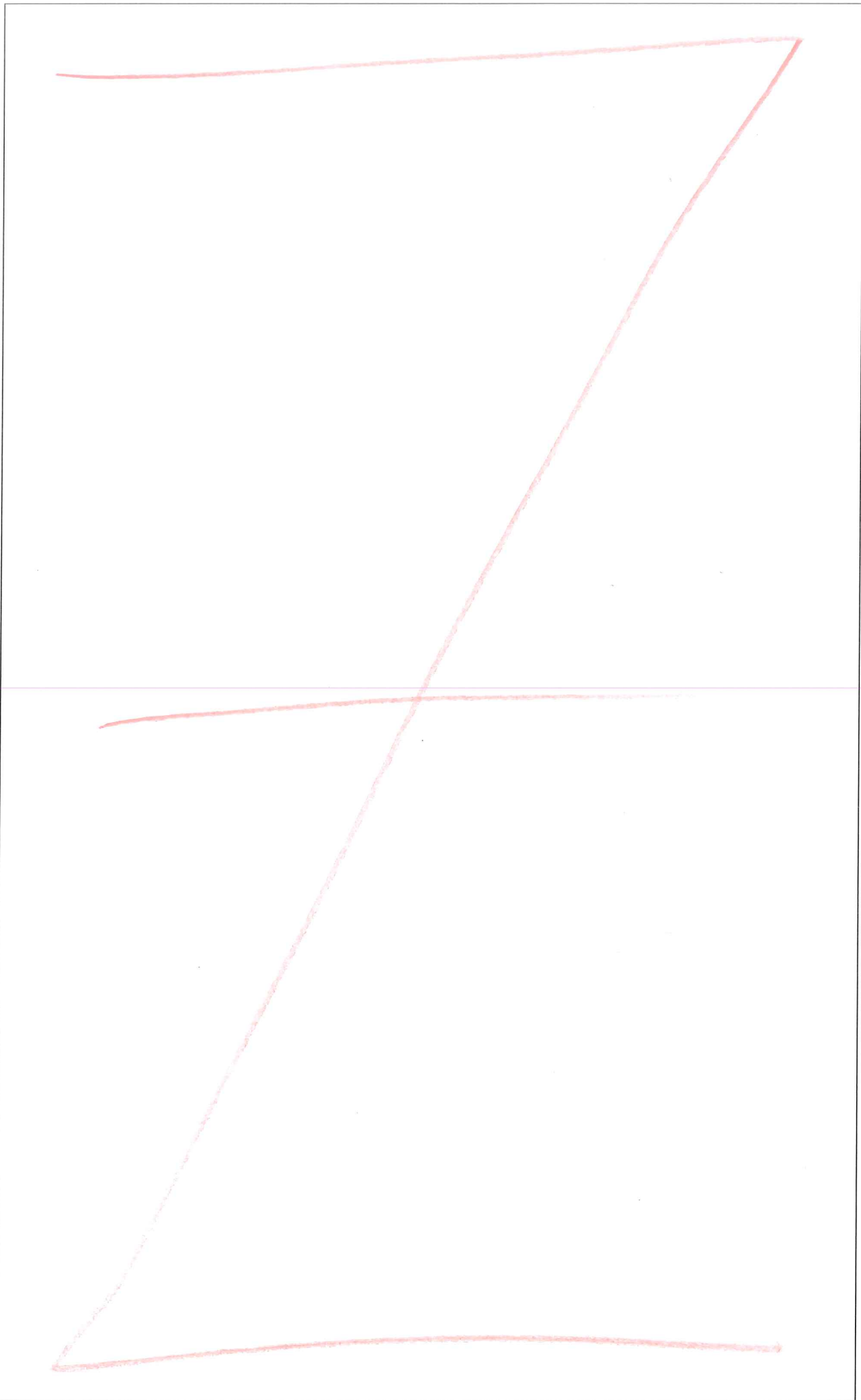
$$t_1' = \frac{m_3 c_b t_3 + t_1 m_{\phi} c_{\phi} + t_1 m_1 c_b}{m_3 c_b + m_{\phi} c_{\phi} + m_1 c_b}$$

- $m_{\phi} = 500 \text{ г}$
- $m_1 = 300 \text{ г}$
- $t_1 = 90^{\circ}\text{C}$
- $m_3 = 400 \text{ г}$
- $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$
- $m_2 = 250 \text{ г}$
- $t_2 = -10^{\circ}\text{C}$
- $c_{\phi} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$
- $c_l = 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$
- $c_b = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$
- $\lambda = 340 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Установив

конечная темп.





50-64-69-67
(5.12)

$$t_1' = \frac{0,4 \cdot 4200 \cdot 5 + 90 \cdot 0,5 \cdot 500 + 90 \cdot 0,3 \cdot 4200}{0,4 \cdot 4200 + 0,5 \cdot 500 + 0,3 \cdot 4200} = \text{Чистовик}$$

$$= \frac{8400 + 22500 + 113400}{1680 + 250 + 1260} = \frac{144300}{3190} = 45 \frac{75}{319}$$

$$\begin{array}{r} 1 \sqrt{4200} \\ \times 27 \\ \hline 29400 \\ 84 \\ \hline 113400 \\ + 18400 \\ + 22500 \\ \hline 144300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1260 \\ \times 90 \\ \hline 113400 \\ + 1260 \\ \hline 3190 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4200 \\ \times 4 \\ \hline 16800 \\ + 4200 \\ \hline 12600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4200 \\ \times 3 \\ \hline 12600 \\ + 113400 \\ \hline 113400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14430 \overline{) 319} \\ 1276 \quad 145,23 \\ \hline 1670 \\ 1595 \\ \hline 750 \\ 638 \\ \hline 1120 \\ 957 \\ \hline 163 \end{array}$$

Теперь преобразуем 3-е равенство:

$$m_2 c_1 t_0 - m_2 c_1 t_2 + m_1 \lambda + m_2 c_1 v t_k - m_2 c_1 v t_0 =$$

$$= ((m_1 c_1 v + m_3 c_1 v) + m \varphi c \varphi) (t_1' - t_k) = m_1 c_1 v t_1' + m_3 c_1 v t_1' +$$

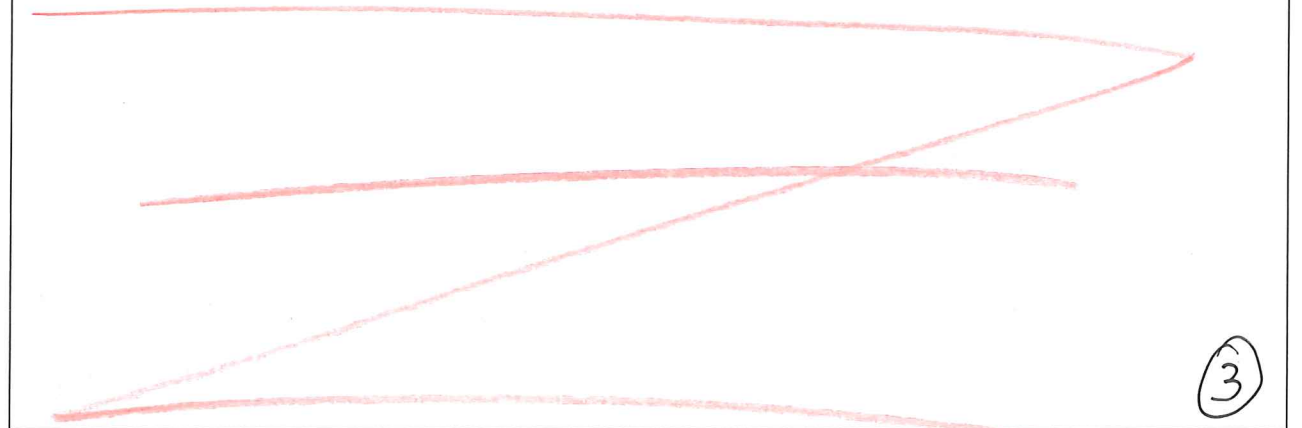
$$+ m \varphi c \varphi t_1' - m_1 c_1 v t_k - m_3 c_1 v t_k - m \varphi c \varphi t_k$$

$$m_2 c_1 v t_k + m_1 c_1 v t_k + m_3 c_1 v t_k + m \varphi c \varphi t_k =$$

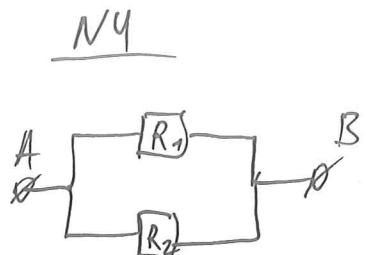
$$= m_1 c_1 v t_1' + m_3 c_1 v t_1' + m \varphi c \varphi t_1' - m_2 c_1 t_0 + m_2 c_1 t_2 -$$

$$- m_1 \lambda + m_2 c_1 v t_0$$

$$t_k = \frac{m_1 c_1 v t_1' + m_3 c_1 v t_1' + m \varphi c \varphi t_1' - m_2 c_1 t_0 + m_2 c_1 t_2 - m_1 \lambda + m_2 c_1 v t_0}{m_2 c_1 v + m_1 c_1 v + m_3 c_1 v + m \varphi c \varphi}$$



Чистовик



Каждый квадратик - это спираль.

Если между A и B

$U = 200\text{ В}$, то на R_1 и

R_2 , которые равны между собой ($R_1 = R_2 = R$), на каждом 200 В

По закону Джоуля-Ленца:

$$Q = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \rho \frac{L/2}{\pi d^2/4} = \rho \frac{L}{\pi d^2/4} \left(\frac{L}{2}, \text{ т.к. проводки и в сумме } L \right)$$

$$Q = \frac{U^2}{\rho \frac{L}{\pi d^2/4}} = \frac{U^2 \cdot \pi d^2/4}{\rho L} \cdot 2, \text{ но нам нужно } 2Q, \text{ это было на одной спирали.}$$

$$2Q = \frac{U^2 \pi d^2/2}{\rho L} \text{ - это величина времени.}$$

Чтобы температурный режим оставался постоянным, надо, чтобы Q поделенное на Q нагревателя.

$$\tau \cdot \frac{U^2 \pi d^2/2}{\rho L} = m \cdot c \cdot v \cdot (t_2 - t_1) \cdot \tau \text{ - где } \tau \text{ - время}$$

$$4\text{ л} \Leftrightarrow 4\text{ кг} (\rho_0 \cdot 4\text{ л} = 4\text{ кг})$$

Но 4 л в мин - это не 4 л , нужно разделить на 60 , т.к. в 1 мин 60 сек , т.е. расематриваем нагрев за 1 сек :

$$\frac{U^2 \pi d^2/2}{\rho L} = \frac{m \cdot c \cdot v \cdot (t_2 - t_1)}{60} \Rightarrow \frac{U^2 \pi d^2/2}{\rho L} = \frac{m \cdot c \cdot v \cdot (t_2 - t_1)}{30} \quad (4)$$

$$t_1 = 8,6^\circ\text{C}$$

$$U = 200\text{ В}$$

$$N = 2$$

$$d = 4\text{ мм}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

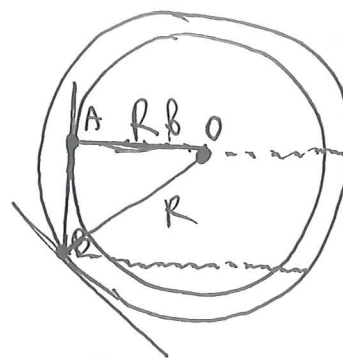
$$d = 0,6\text{ мм}$$

$$\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Чистовик



$$AB = L$$

$$AO = R/5$$

$$OB = R$$

По теореме Пифагора:

$$OB^2 = AB^2 + AO^2$$

$$AB^2 = OB^2 - AO^2$$

$$L^2 = R^2 - R/5^2$$

$$L^2 = R^2 - \left(\frac{R}{5} \right)^2$$

$$L = \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{5} \right)^2}$$

$$L = \sqrt{30^2 - \left(\frac{30}{5} \right)^2} = \sqrt{900 - \left(\frac{6 \cdot 24}{5} \right)^2} =$$

$$= \sqrt{900 - \left(\frac{144}{5} \right)^2} = \sqrt{900 - \frac{144 \cdot 144}{5 \cdot 5}} =$$

$$= \sqrt{\left(30 - \frac{144}{5} \right) \left(30 + \frac{144}{5} \right)} = \sqrt{(30 - 28,8)(30 + 28,8)} =$$

$$= \sqrt{1,2 \cdot 58,8} = \sqrt{1 \frac{1}{5} \cdot 58 \frac{4}{5}} =$$

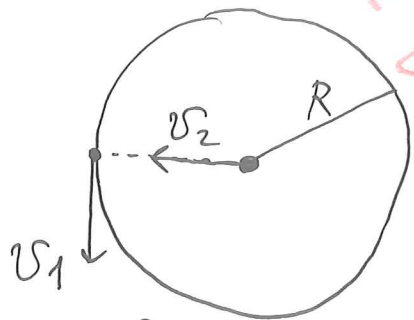
$$= \sqrt{\frac{6}{5} \cdot \frac{290}{5}} = \sqrt{\frac{1740}{25}} \approx \frac{42}{5} = 8,4\text{ м}$$

Ответ: $8,4\text{ м}$

50-64-69-67
(5.12)

N1

$v_1 = 25 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ Чистовик
 $R = 30 \text{ м}$
 $v_2 = 24 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$
 $t \Rightarrow 2\pi R / v_1$

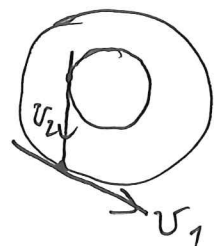


Рано или поздно волк выйдет на окружность радиуса $\frac{24}{25}R$, т.к. как логично, что волк сначала будет приближаться к зайцу, т.к. выбирает кратчайшее расстояние до него, но догнав не сможет, ведь скорость зайца больше чем у волка. Но бесконечности по времени расстояние будет фиксированным \Rightarrow

$\Rightarrow t = \text{const}$ для каждого \Rightarrow расстояние должно относиться, как скорости ($\frac{v_2}{v_1} = \frac{24}{25}$). Если заяц движется по окружности, то волк, постоянно бегущий за ним, тоже будет бежать по окружности. Из формулы $2\pi R$ и отношения расстояний получаем:

$$\frac{R}{R_{\text{волка}}} = \frac{25}{24}$$

Чтобы волк бежал по окружности, он должен на своей траектории всегда смотреть на зайца (т.е. его скорость по касательной к его окружности, заяц равнона продолжении)



(8)

$S L m v c v (t_2 - t_1) = \dots u^2 d^2 \pi \cdot 30$ Чистовик $\frac{2}{36} \times \frac{36}{4} = 144$
 $L = \dots u^2 d^2 \pi \cdot 30$

$$L = \frac{200^2 \cdot 0,6^2 \cdot 3,14 \cdot 30}{1,1 \cdot 4 \cdot 4200 (40 - 8,6)} = \frac{0,36 \cdot 40000 \cdot 3,14 \cdot 30}{1,1 \cdot 4 \cdot 4200 \cdot 31,4}$$

$$= \frac{0,36 \cdot 400 \cdot 30 \cdot 1}{1,1 \cdot 4 \cdot 42 \cdot 10} = \frac{0,36 \cdot 400 \cdot 3}{1,1 \cdot 4 \cdot 42} = \frac{0,36 \cdot 400}{1,1 \cdot 4 \cdot 14}$$

$$= \frac{144}{61,6} \approx 2 \text{ м}$$

зайца не может обогнать по ходу времени и равняется потерям \pm $\frac{1}{2} \pi R$

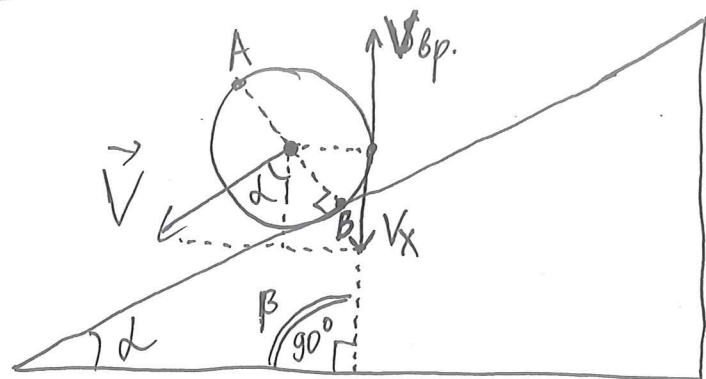
$$\begin{array}{r} 144 \\ \times 14 \\ \hline +176 \\ \hline 44 \\ \hline 616 \end{array} \quad \begin{array}{r} 440 \\ +176 \\ \hline 616 \end{array} \quad \begin{array}{r} 61,6 \\ \times 1,2 \\ \hline 123,2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 144 \\ -123 \\ \hline 21 \end{array}$$

Ответ: 2 м

(5)

N5

Чистовик



Нужно выбрать, как должна оторваться капля. У любой оторвавшейся капли есть скорость центра (т.к. тело твердое). Нам нужно максимизировать скорость отрыва как скорость вращения, т.к. не можем прибавить к скорости самого центра колеса. Для максимальной высоты нужно, чтобы проекция скорости вращения на вертикальную ось была наибольшей. Соответственно, капля должна оторваться по касательной, как показано на рисунке (вертикально вверх). $V_{вр}$ - скорость вращения.

$$H_{max} = \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin \beta = 1 = \sin^2 \beta, \text{ т.к. } \beta = 90^\circ$$

V_0 складывается из проекции V (V_x) на вертикаль. ось и $V_{вр}$. $\Rightarrow V_0 = V_{вр} - V_x$

$$V_x = V \cos \alpha$$

$V_{вр} = V$, т.к. например скорость точки B равна нулю при движении без проскальзывания ($V - V_{вр} = 0 \Rightarrow V_{вр} = V$). Такая же скорость (6)

распространяется по всему обору. Чистовик

$$V_0 = V_{вр} - V_x = V - V \cos \alpha$$

Подставляем в формулу H_{max} :

$$H_{max} = \frac{(V - V \cos \alpha)^2}{2g}$$

$$\sin^2 \beta = 1, \text{ т.к. } \beta = 90^\circ$$

Скорость капли будет направлена по векторной сумме (не вертикально), но мы берём скорость только по вертикальной оси, т.к. именно она влияет на H_{max} .

H_{max} .

$$H_{max} = \frac{(10 - 10 \cdot \cos(30))}{2 \cdot 10} = \frac{(10 - 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})}{2 \cdot 10} =$$

$$= \frac{10^2 (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})^2}{2 \cdot 10} = \frac{10 \cdot (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})^2}{2} = 5 \cdot (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})^2 =$$

$$= 5 \cdot (1 - \sqrt{3} + \frac{3}{4}) = 5 \cdot (1\frac{3}{4} - \sqrt{3}) = 5 \cdot (\frac{7}{4} - \sqrt{3}) =$$

$$= \frac{35}{4} - 5\sqrt{3} = 8\frac{3}{4} - 5\sqrt{3} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 8\frac{3}{4} - 5\sqrt{3} \text{ м}$$



(7)