



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва  
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

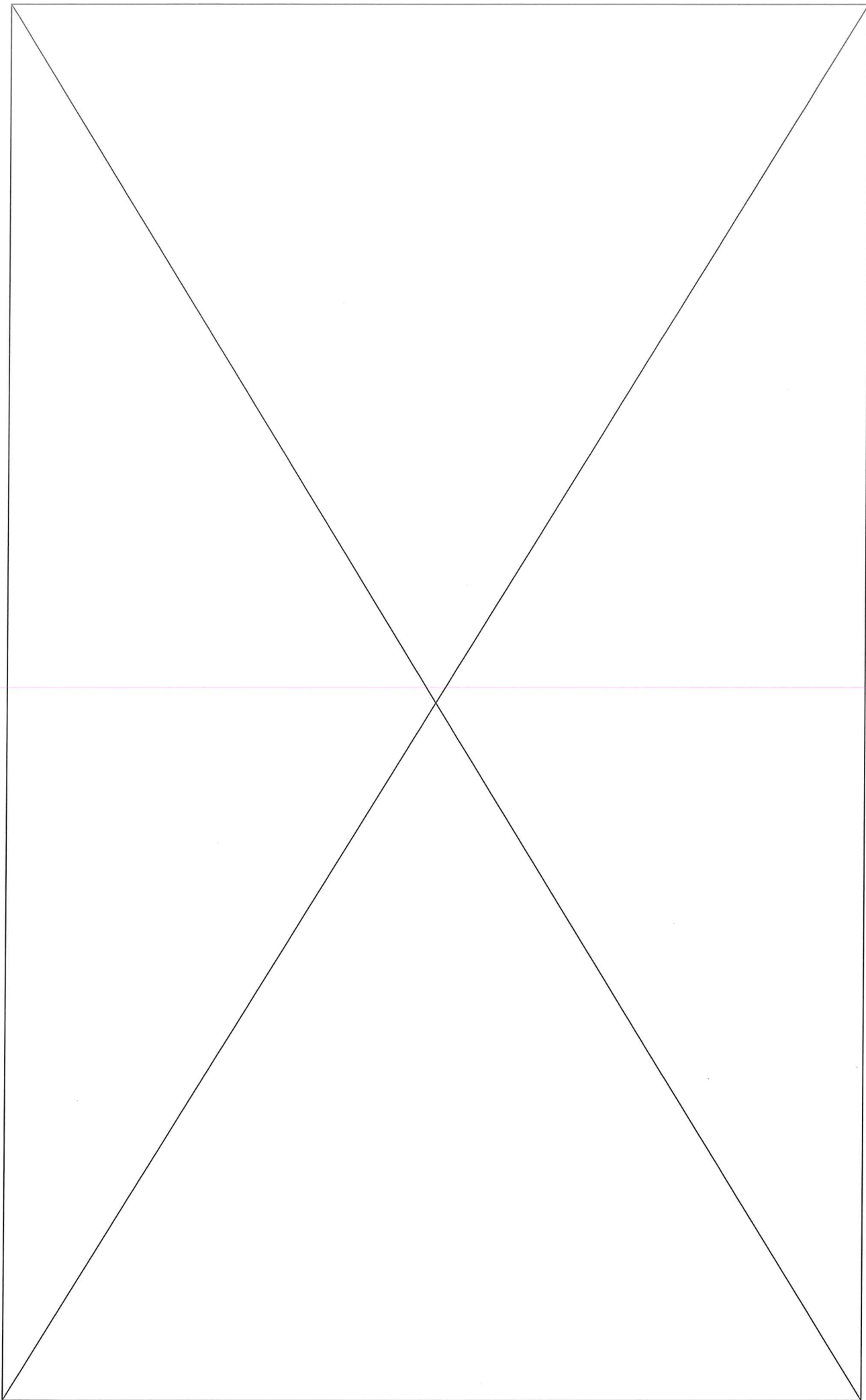
Олимпиада школьников Ломоносов  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

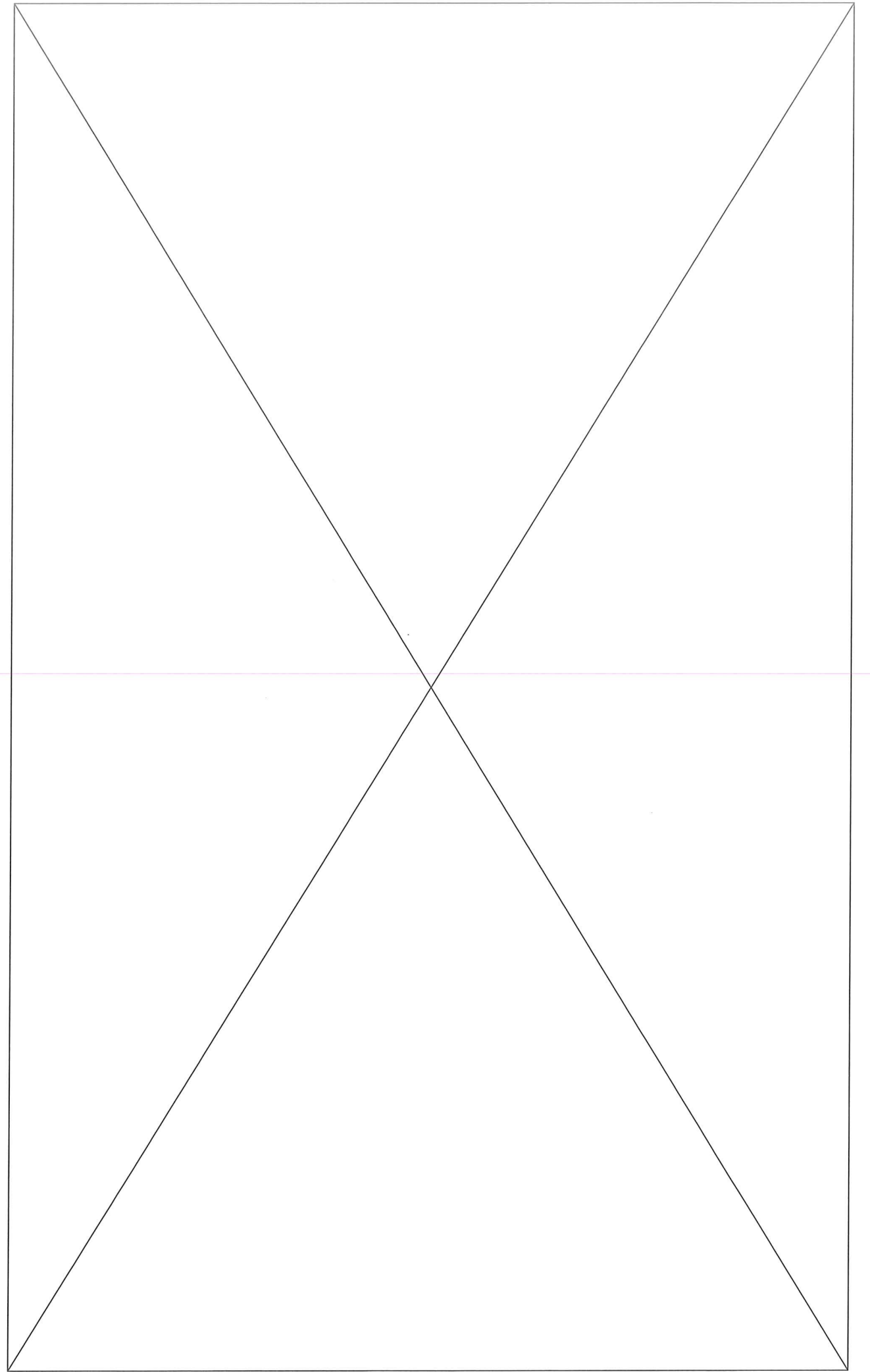
Яковлева Ивана Сергеевича  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата  
«13» февраля 2026 года

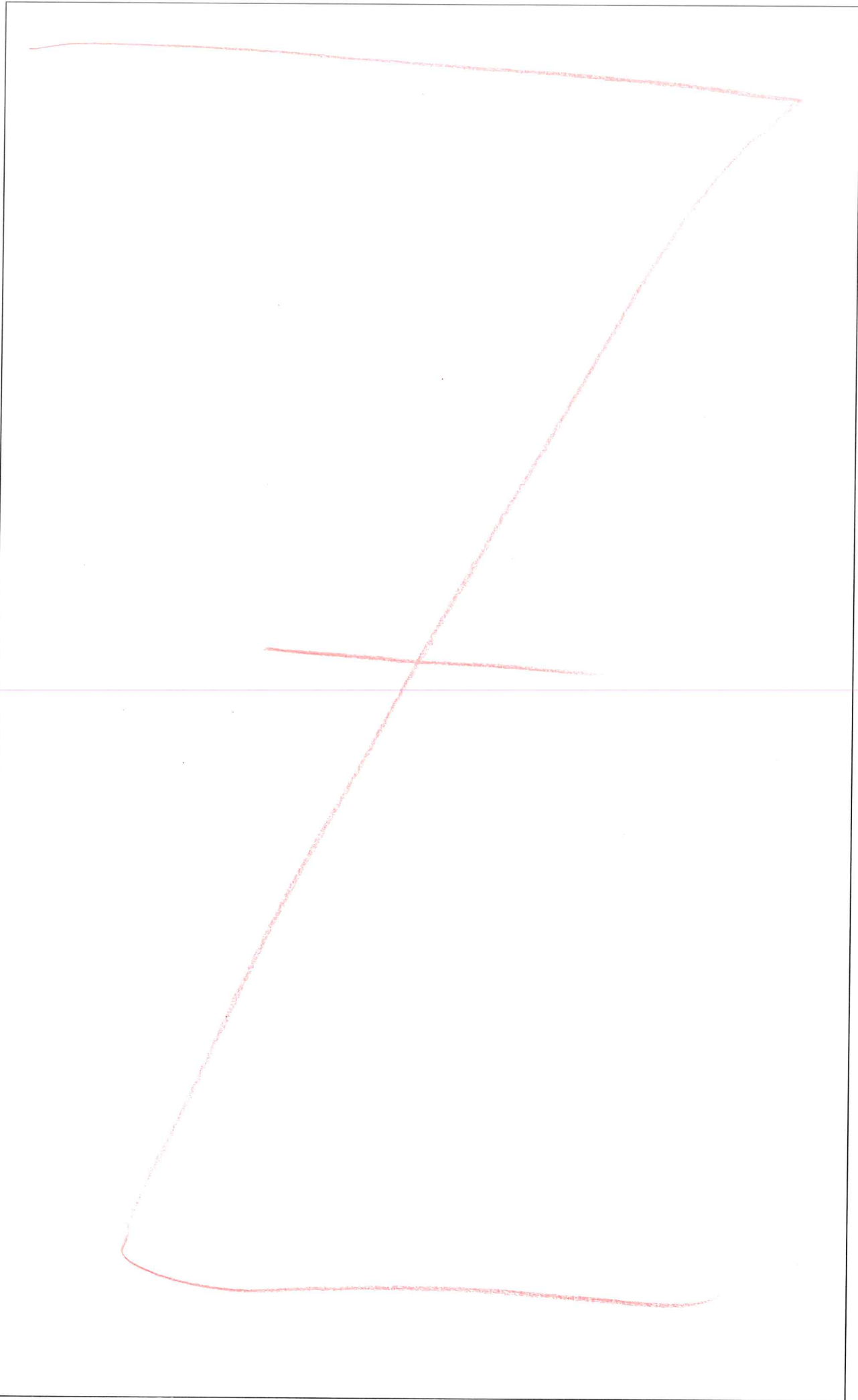
Подпись участника  
Иван



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



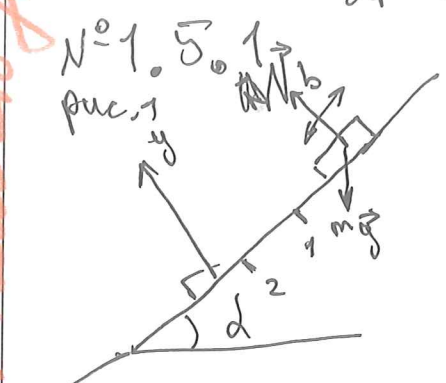
Выполнять задания на титульном листе запрещается!



10-47-37-84  
(1.6)

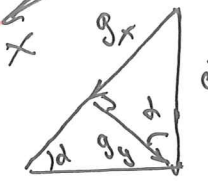
№ 1.5  
рис. 1  
рис. 2  
10 20 20+5 20+5 12 92  
Мартин Спрингс  
Ким А. А. Каданов  
Мартин  
К.В.

Чистовик



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

Решение:  
 На брусок действуют силы: тяжести и реакции опоры (м.н. поверхность гладкая трения нет) значит брусок движется равноускоренно



Примем ускорение бруска это  $g_x = g \sin \alpha$   
 $g_x = 10 \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ м/с}^2 = a$

Рассмотрим тогда движение бруска вдоль оси OX: (рис. 2)  
 Пусть когда брусок только только закрывал 1-ый фотоэлемент его скорость была  $v_1$ , тогда:

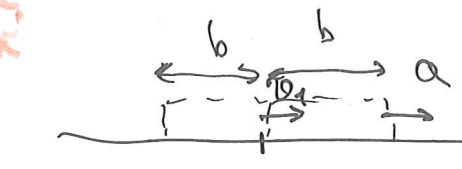


рис. 2  
 первый фотоэлемент      второй фотоэлемент  
 $b = v_1 \tau_1 + \frac{a \tau_1^2}{2}$   
 для равноускоренного движения

отсюда:  
 $ab = 2v_1 \tau_1 + a \tau_1^2 \Rightarrow v_1 = \frac{2b - a \tau_1^2}{2 \tau_1} = \frac{2 \cdot 0,1 - 5 \cdot 4}{4} = \frac{-20 + 0,2}{4} = \frac{-19,8}{4} \text{ (м/с)}$

аналогично пусть для 2-ого фотоэлемента скорость  $v_2$ , тогда  
 $v_2 = \frac{2b - a \tau_2^2}{2 \tau_2} = \frac{2 \cdot 0,1 - 5 \cdot 1}{2} = \frac{-5 + 0,2}{2} = \frac{-4,8}{2} = \frac{-2,4}{1} \text{ (м/с)}$

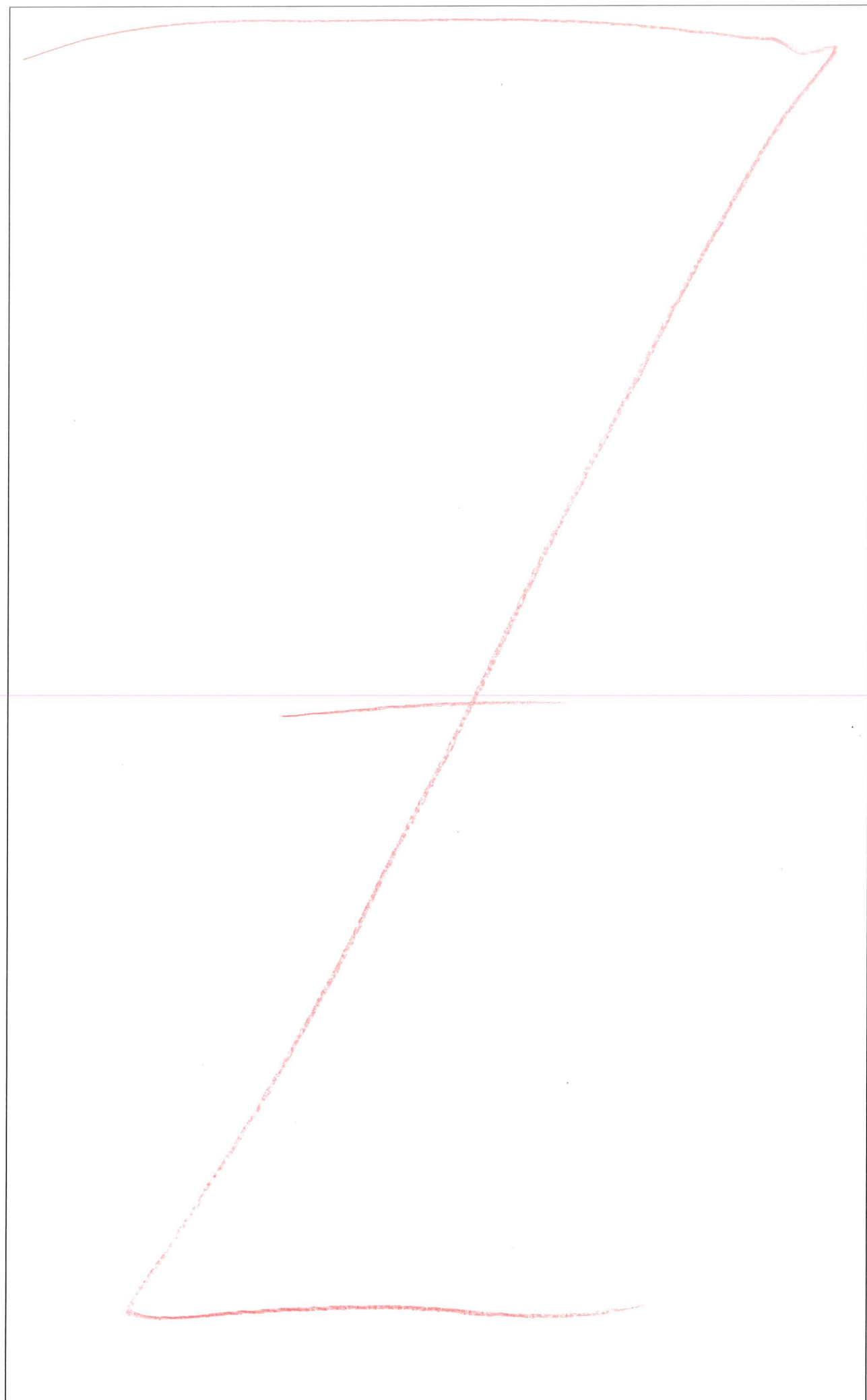
при этом м.н. движение равноускоренное  $\Rightarrow v_2 = v_1 + a \tau$ , где  $\tau$  - искомое время (между перекрыванием первого и второго фотоэлемента), тогда

$$\tau = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{10,2}{20} = \frac{5,1}{10} = 0,51 \text{ (с.)}$$

Однако м.н. скорости движущихся фотоэлементов тоже скажем. Пусть во время перекрывания первой скорости фотоэлементов (а она равна м.н. расстояние между ними)  $u_1$ , тогда  $\tau_1 = \frac{b}{u_1 - u_1} \Rightarrow u_1 = \frac{v_1 \tau_1 - b}{\tau_1}$ , а скорость

Черновики

$\frac{\epsilon_0 S}{d} (5d - y) \cdot v_1$   
 $0 = A \cos \omega t$   
 $D = X$   
 $q = C U$   
 $P_A V = \int \rho R \pi C =$   
 $C =$   
 $x = \dots$   
 $14,053 \cdot 2 \approx 28,106$   
 $6,11 \cdot 2,3 \cdot 2$   
 $8,31 \cdot 3,3$   
 $W$   
 $28,1$   
 $W(x) - W(x-dx) = \dots$   
 $28,106$   
 $27,423$   
 $1,0$   
 $68,300$   
 $I_0 = I_1 + I_2$   
 $I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_1 = I_2 \frac{R_2}{R_1}$   
 $I_0 = I_2 \frac{R_2}{R_1}$   
 $I_0 R_1 = I_2 R_1 + I_2 R_2$   
 $P = I U = I_0^2 R = \frac{U^2}{(R+r)^2} R$   
 $I_r = \frac{U}{R} \Rightarrow P =$   
 $I = \frac{U}{r} + \frac{U}{R} = \frac{R+r}{Rr} U$



10-47-37-84  
(1.6)

~~В момент пересечения второго  $u_2$  тогда  $u_2 = \frac{v_2 T_2 - b}{T_2}$   
 Также  $u_2 = u_1 + aT$   
 $v_2 = v_1 + aT \Rightarrow \frac{v_1 + aT}{T_2} = \frac{v_2 T_2 - b}{T_2}$~~

№ 2.3.1

Дано:  
 $V = 30 \text{ м}^3$   
 $T = 273 \text{ К}$   
 $P_A; P_{\text{нас}} = 611 \text{ Па} (0^\circ \text{C})$   
 $\lambda_k = 2,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$   
 $r_n = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$   
 $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$   
 $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$\Delta m = ?$

В начале пусть было  $\Delta V$  моль воздуха, тогда  $P_A V = \Delta V R T$ , далее вода испарилась, в конце парциальное давление воды равно давлению насыщенного пара при  $0^\circ \text{C}$  ( $273 \text{ К}$ ) т.е.  $P_{\text{нас}}$ . Тогда пусть в воздухе  $\Delta_1$  моль воды, тогда:

$P_{\text{нас}} V = \Delta_1 R T$ ; значит пародорожалось  $\Delta m_1 = \Delta_1 \mu$  кг. воды.

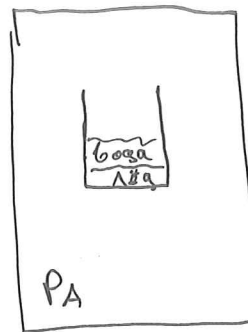
~~Теплота~~ Теплота забранная в этом процессе равна теплоте, отданной при кристаллизации. Пусть  $\Delta m_2$  - кг. кристаллизованность, тогда

или  $\Delta m_2 \lambda_k = \Delta m_1 r_n$ , значит  $\Delta m_2 = \Delta m$ ;

$$\Delta m = \Delta m_1 \frac{r_n}{\lambda_k} = \Delta_1 \mu \frac{r_n}{\lambda_k} = \frac{P_{\text{нас}} V}{R T} \mu \frac{r_n}{\lambda_k} =$$

$$= \frac{611 \cdot 30}{8,31 \cdot 273} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2,3 \cdot 10^6}{2,3 \cdot 10^5} = \frac{6,11 \cdot 30 \cdot 2,3 \cdot 18^6}{8,31 \cdot 273 \cdot 2,3} \approx \frac{6,11 \cdot 2,3 \cdot 2}{8,31 \cdot 2,3} (\text{кг})^2$$

$273 \text{ К} = 0^\circ \text{C}$  П.к. помещена сверху то вода падает испаряться пока оно не станет влажным ( $\varphi = 100\%$ ) (исходя из предположения, что вода до этого момента не замораживается) Тогда при испарении вода забирает теплоту из окружающей среды ~~забирает~~ и за это другая часть воды кристаллизуется. Отъёмная испарённой воды и кристаллизованного льда пренебрегаем, тогда:



Ответ: 1 мк

№ 3.3.1

Дано:  
 $R = 0,4 \text{ Ом}$   
 $\mathcal{E} = 10 \text{ мВ}$   
 $B = 1 \text{ Тл}$   
 $P_m = 1 \text{ мВт}$   
 $d = ?$



(Чистовик)

Т.к. через коле "бегут" заряды,  
~~за счет~~ тока них возникает  
 действие сила Лоренца, которая  
 мешает им и пластинкам

(положительные заряды в одну сторону,  
 отрицательные в другую) Из-за  
 этого возникает разность потенциалов на

обкладках" которое создает поле, противодей-  
 ствующее силе Лоренца. Тогда:

~~$F_1 = \dots$~~  ;  $B \mathcal{E} d = E \mathcal{E} d \Rightarrow \mathcal{E} = B \mathcal{E} d$

~~поле~~, создаваемое ~~на обкладках~~ между

обкладками, тогда напряжение:  $U = E d = B \mathcal{E} d$ ,

тогда для цепи:



где  $r$  - сопротивление обкладок

Тогда через резистор течет ток:

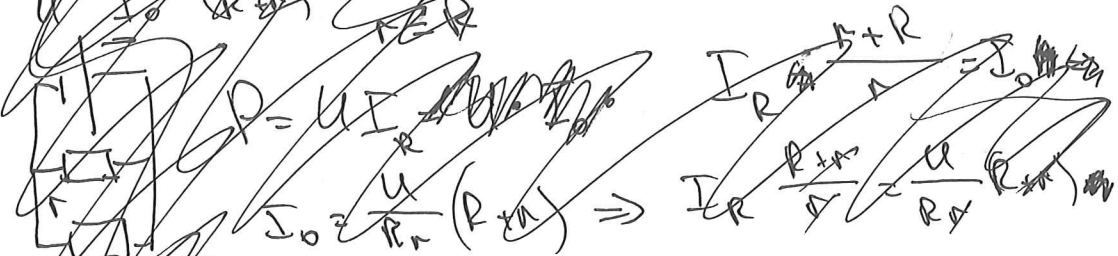
$I = \frac{U}{R+r} = \frac{B \mathcal{E} d}{R+r}$  ; А мощность на резисторе:

$P = I U = I^2 R = \frac{I^2 R}{1} = \frac{(B \mathcal{E} d)^2}{(R+r)^2} R$

Т.к. сказано, что мощность максимальная, значит

$\frac{R}{(R+r)^2}$  - максимум, где  $R = \text{const} \Rightarrow$

~~$\frac{R}{(R+r)^2}$  - максимум, это достигается при~~

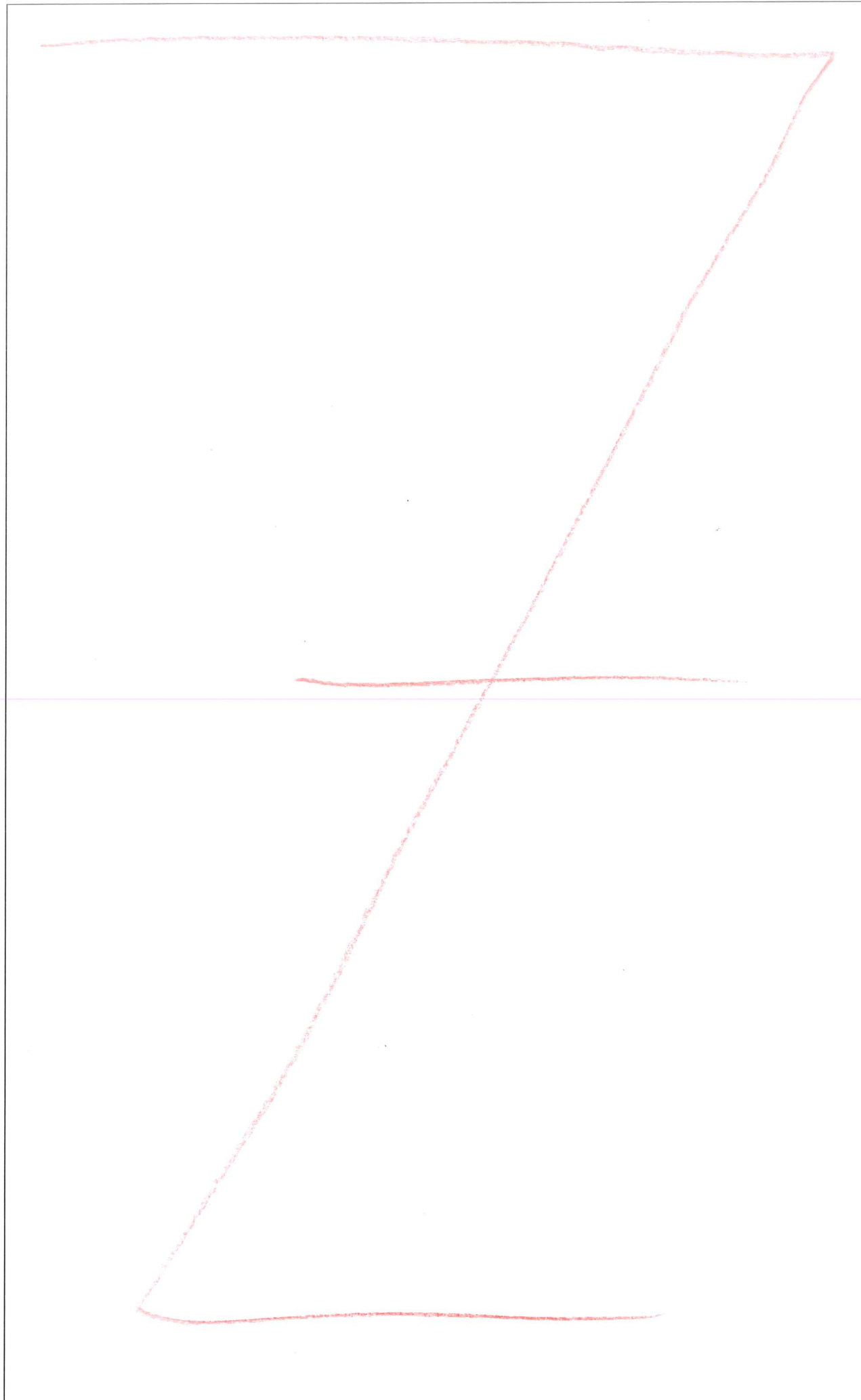


$P = U I_0$  ;  $I_0 = \frac{U}{R+r}$  ;  $U_R = I_0 R \Rightarrow$

$P = I_0^2 R = \frac{U^2}{(R+r)^2} R$

Максимум при  $r = R$ , тогда

$P_m = \frac{U^2}{(2R)^2} R = \frac{U^2}{4R} = \frac{B^2 \mathcal{E}^2 d^2}{4R} \Rightarrow d = \frac{2}{B \mathcal{E}} \sqrt{P_m R} =$



Чистовик

$$T_m = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14}{0,2 \cdot 10^8} \cdot \sqrt{\frac{10^7 \cdot 10^3 \cdot 10^{11}}{9 \cdot 10^{12} \cdot 4}} \cdot \frac{4 \cdot 0,2 - 3 \cdot 10^7}{3 \cdot 10^4} =$$

$$= 3,14 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{10^{21} \cdot 0,2}{3}} \cdot \frac{1}{3} = 3,14 \cdot 10^{-5} \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{1}{3}$$

$$T \approx 3,14 \cdot \frac{1,4}{1,7} \cdot \frac{1}{3} \approx 0,86 \text{ (с.)}$$

$\begin{array}{r} \times 3,14 \\ 1,4 \\ \hline 7256 \\ + 3140 \\ \hline 4396 \end{array}$	$\begin{array}{r} \times 1,4 \\ 3 \\ \hline 5,1 \end{array}$	$\begin{array}{r} \overline{4396} \overline{5100} \\ 0 \overline{10,86} \\ - 43960 \\ \hline 30600 \\ - 30600 \\ \hline 0000 \end{array}$
---	--	---

$$T = 8 \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \sqrt{\frac{d \mu \kappa}{\epsilon_0 (\epsilon - 1)}} \approx 4,35$$

10-47-37-84  
(1,6)

$\approx \frac{2}{1 \cdot 0,1} \sqrt{10^{-3} \cdot 0,4} = 20 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} = 20 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-1} = 0,4 \text{ (м)}$

N<sup>o</sup> 4.10.1  
F = 7,5 см  
d = 30°  
x = ?

Чистовик

~~М.к. есть луч проходящий через центр линзы, преломляется изогнувшись~~

Нарисуем луч линзы, которая повернулась перпендикулярно через S; SA - расстояние от источника до линзы.  $d = SA = F \cos d$

По закону тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow f d = F d + F f \Rightarrow f = \frac{F d}{d - F}$$

$= \frac{F \cos d}{F(\cos d - 1)} = F \frac{\cos d}{\cos d - 1}$ . М.к. есть луч проходящий через центр линзы  $\Rightarrow$  изображение от линзы 1 будет на главной оптической оси, тогда  $d_2$  - расстояние от "нового источника" (изображения линзы 1 S') равно:

$$d_2 = F - \frac{f}{\cos d} = F - \frac{F}{\cos d - 1} = \frac{\cos d - 1 - 1}{\cos d - 1} F = \frac{\cos d - 2}{\cos d - 1} F$$

Отметим, что т.к.  $(\cos d - 1) < 0 \Rightarrow f < 0 \Rightarrow S'$  - мнимое изображение.

По закону тонкой линзы для 2 линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{F d_2}{d_2 - F} = F \frac{2 - \cos d}{1 - \cos d}$$

$$= F \frac{2 - \cos d}{2 - \cos d - 1 + \cos d} = F \frac{2 - \cos d}{1 - \cos d} = F(2 - \cos d)$$

т.к.  $(2 - \cos d) > 0 \Rightarrow$  изображение действительное

Чистовик

Тогда расстояние равно:

$$x = 2F + F_2 = 2F + F(2 - \cos d) = F(4 - \cos d)$$

$$\text{м.н. } d = 30^\circ \Rightarrow \cos d = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$$

$$x = F(4 - \frac{\sqrt{3}}{2}) = 7,5 \cdot \frac{8 - \sqrt{3}}{2} \approx 7,5 \cdot \frac{6,7}{2} =$$

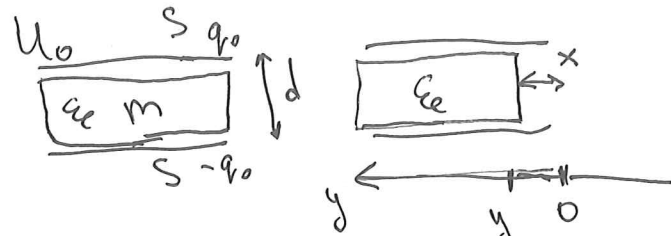
$$= 7,5 \cdot \frac{6,7}{2} = 7,5 \cdot 3,35 = 25,125 \text{ (см)}$$

$$\begin{array}{r} 7,5 \\ \times 3,35 \\ \hline 22625 \end{array}$$

№ 5. 2.1

Дано:

- $l = 20 \text{ см}$
- $U_0 = 100 \text{ В}$
- $d = 1 \text{ мм}$
- $x = 0,1 \text{ мм}$
- $x \ll d \ll l$
- $m = 10 \text{ г}$
- $\epsilon_r = 4$
- $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
- $\frac{1}{1+x} \approx 1$



Введём ось  $Ox$ , как на рисунке, (параллельно ребру)

Когда диэлектрик вынут на  $y$  ёмкость конденсатора:

$$C(y) = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 (l-y) l}{d} + \frac{\epsilon_0 y l}{d} = \frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)y)$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2}{d}; q_0 = C_0 U_0 \Rightarrow$$

Тогда энергия конденсатора выкинута:

$$W = \frac{q_0^2}{2C} \text{ и } q_0 = C_0 U_0 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2 U_0}{d}$$

После выщипа частицы заряд сохранился, тогда энергия потенциальная:

$$W = \frac{q^2}{2C} \text{ и } q = C(x) U_0 = \frac{\epsilon_0 l U_0}{d} (\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x) \Rightarrow$$

$$W = \frac{\epsilon_0^2 \epsilon_r^2 l^4 U_0^2}{2d^2} \cdot \frac{1}{(\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x)^2} =$$

Чистовик

$$= \frac{\epsilon_r^2 \epsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot \frac{1}{(\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x)^2}$$

Пусть  $y(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t)$ , тогда  $v(t) = y'(t) = A \omega \cos(\omega t) - B \omega \sin(\omega t)$

м.н.  $y(0) = x \Rightarrow B = x$

м.н.  $y(\frac{\pi}{4\omega}) = 0 \Rightarrow A = 0$  (положение равновесия достигается через четверть периода от состояния  $W_{max}$ )

$$v(t) = -x \omega \sin(\omega t)$$

$$v(\frac{\pi}{4\omega}) = -x \omega = -x \frac{2\pi}{T}$$

это время потенциальной энергии конденсатора:

$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C_0} = \frac{\epsilon_r^2 \epsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot \frac{1}{\epsilon_r l} = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2 U_0^2}{2d}$$

тогда:

$$W - W_0 = \frac{m v_0^2}{2}, \text{ где } v_0 = v(\frac{\pi}{4})$$

$$\frac{\epsilon_r^2 \epsilon_0 l^3 U_0^2}{2d} \cdot \frac{1}{\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x} - \frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2 U_0^2}{2d} = \frac{m x^2 \pi^2}{4 T^2}$$

$$\frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2 U_0^2}{2d} \left( \frac{\epsilon_r l}{\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x} - 1 \right) = \frac{2 m x^2 \pi^2}{T^2}$$

$$\frac{\epsilon_r \epsilon_0 l^2 U_0^2}{4 m x^2 \pi^2 d} \cdot \frac{\epsilon_r l - \epsilon_r l + (\epsilon_r - 1)x}{\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x} = \frac{1}{T^2} \Rightarrow$$

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

$$T = \frac{2x\pi}{l U_0} \cdot \sqrt{\frac{m d}{\epsilon_r \epsilon_0} \cdot \frac{\epsilon_r l - (\epsilon_r - 1)x}{(\epsilon_r - 1)x}}$$

$$\begin{aligned} & \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14}{0,2 \cdot 100} \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 9 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{4 \cdot 0,2 - 3 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 10^{-2}}} \\ & \approx \frac{6,28 \cdot 10^{-8}}{20} \cdot \sqrt{2,77 \cdot 10^8 \cdot 10} \approx 0,25 \cdot 10^{-2} = 2,5 \text{ (мс)} \end{aligned}$$