



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Цычкова Кирилл Алексеевич
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

дешифр

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника



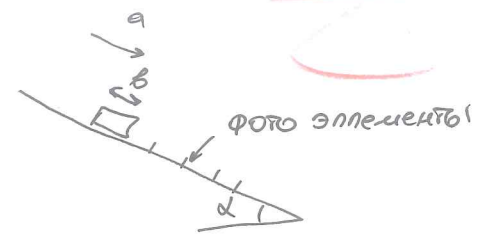
55-96-94-06
(2.10)

1	10	Слоян
2	20	Курман
3	10	Турган
4	20	Валеб
5	12	Кимитчи
8	82	Восембегит
9		Гба

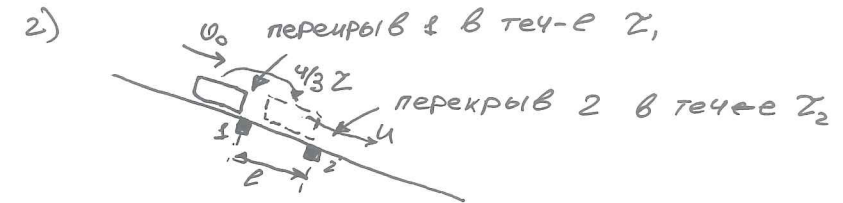
Чисто в ак

$n \perp$

$\alpha - ?$
 $\tau = 0,5 \text{ c}$
 $v = 0,1 \text{ m}$
 $\tau_1 = 2 \text{ c}$
 $\tau_2 = 1 \text{ c}$



23H: $ma = mg \sin \alpha$
 $a = g \sin \alpha = \text{const}$



3) $l = v_0 z + \frac{a z^2}{2}$ ← расстояние м/з фотоэл. 3 и 2

- $v = v_0 z + \frac{a z^2}{2}$
- $v = (v_0 + a z) z_2 + \frac{a z_2^2}{2}$

4) Получим

$$\begin{cases} v = v_0 z_1 + \frac{a z_1^2}{2} & (1) \\ v = (v_0 z_2 + a z z_2 + \frac{a z_2^2}{2}) & (2) \end{cases}$$

(1) $v = \frac{a z_1^2}{2}$
 (2) $v = a(z z_2 + \frac{z_2^2}{2})$

$$v z_2 - \frac{a z_1^2 z_2}{2} = v z_1 - a(z z_2 z_1 + \frac{z_2^2 z_1}{2})$$

$$a(z z_2 z_1 + \frac{z_2^2 z_1}{2} - \frac{z_1^2 z_2}{2}) = v(z_1 - z_2)$$

$$\sin \alpha = \frac{v}{g} \cdot \frac{2(z_1 - z_2)}{2z z_1 z_2 + z_1 z_2 (z_2 - z_1)}$$

$$\sin \alpha = \frac{0,1}{10} \cdot \frac{2 \cdot 1}{2 \cdot 2 \cdot 0,51 + 2(-1)} = \frac{1}{100} \cdot \frac{2}{2,04 - 2} = \frac{1}{100} \cdot \frac{2}{0,04}$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{100} \cdot \frac{2 \cdot 100}{4} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

Ответ: 30°

Чистовик

№2

V-?

$T = 273 \text{ K}$

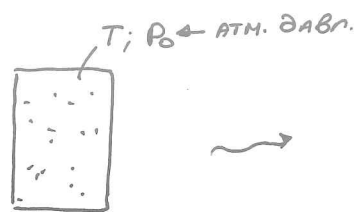
$\Delta m = 1 \text{ кг}$

$P_{\text{нас}} = 611 \text{ Па}$

$\lambda_k = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$V_n = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$



[Handwritten mark]

1) После внош. воды в помещ-е, она начнет испаряться пока не придет в равнов. (динам) со своим паром (будем считать что воды хватило для этого)

2) $Q_{\text{испар}} + Q_{\text{кристал}} = 0$ из ур. ~~ТБ~~ ТБ:

~~Q_{испар} = + V_n \cdot m_B~~

$Q_{\text{испар}} = + V_n \cdot m_B$, $m_B \leftarrow$ масса испар. воды

$Q_{\text{кристал}} = - \lambda_k \cdot \Delta m$

значит $m_B = \frac{\lambda_k}{V_n} \cdot \Delta m$

3) из уравн. Менд. - Клап:

$P_{\text{нас}} \cdot V = \frac{m_B}{\mu} R T$

$V = \frac{m_B R T}{\mu P_{\text{нас}}}$

$V = \frac{\lambda_k}{V_n} \cdot \frac{\Delta m R T}{\mu P_{\text{нас}}}$

$V = \frac{3,3 \cdot 10^5}{2,3 \cdot 10^6} \cdot \frac{1 \cdot 813 \cdot 273}{18 \cdot 10^{-3} \cdot 611} \text{ м}^3 = \frac{3,3}{23 \cdot 10} \cdot \frac{83 \cdot 273 \cdot 10^3}{10 \cdot 18 \cdot 611} \text{ м}^3 =$

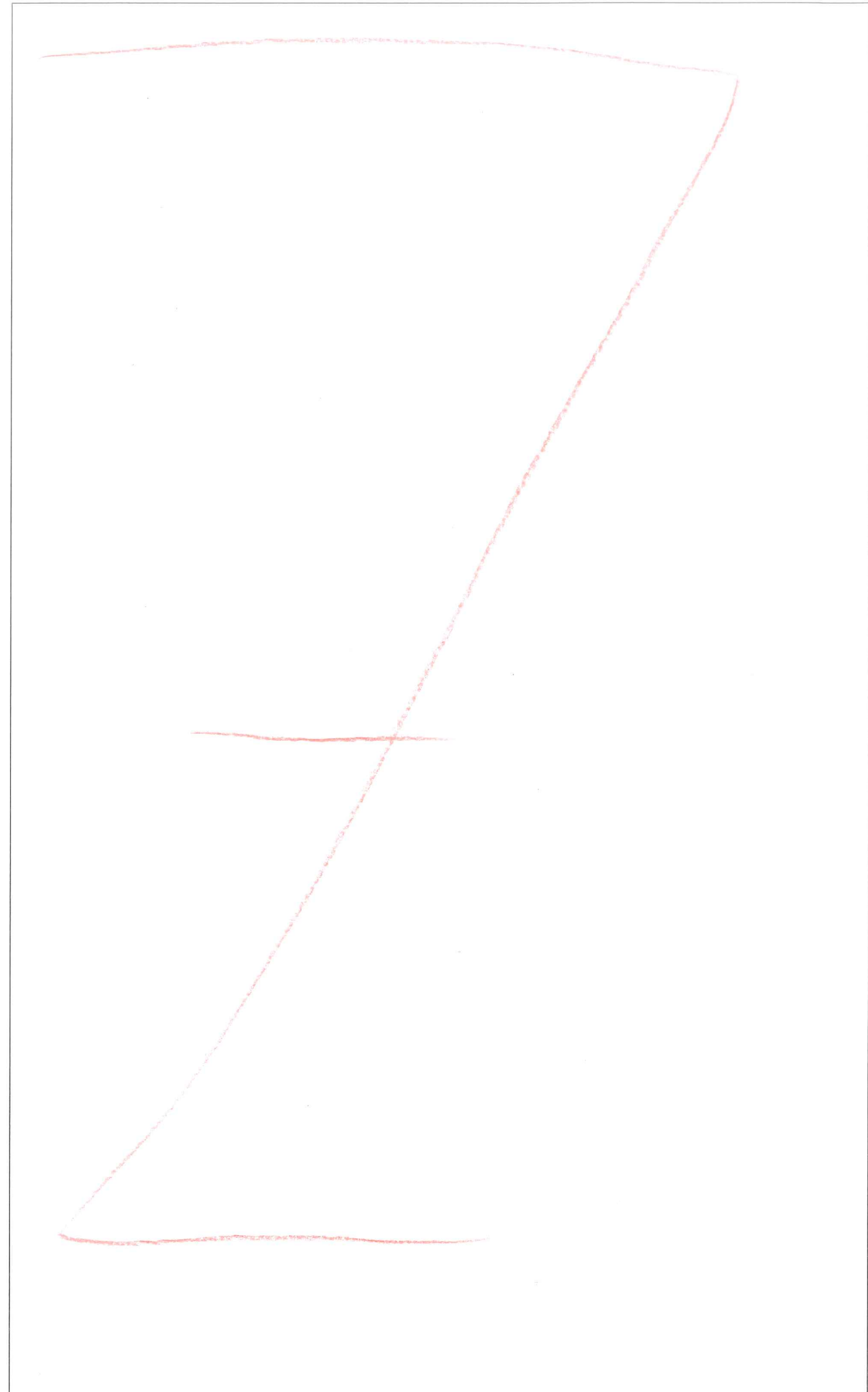
$= \frac{33 \cdot 83 \cdot 273}{23 \cdot 18 \cdot 611} \cdot 10 \text{ м}^3 \approx$

$V \approx \frac{35 \cdot 85 \cdot 275}{25 \cdot 20 \cdot 610} \cdot 10 \text{ м}^3 = \frac{8 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 275}{5^2 \cdot 2 \cdot 610} \text{ м}^3 = \frac{7 \cdot 17 \cdot 5 \cdot 11}{2 \cdot 122} \text{ м}^3$

$V \approx \frac{7 \cdot 17 \cdot 5}{2 \cdot 11} \text{ м}^3 = \frac{7 \cdot 85}{22} \text{ м}^3 = \frac{595}{22} \text{ м}^3 \approx 27 \text{ м}^3$

ответ: $V \approx 27 \text{ м}^3$

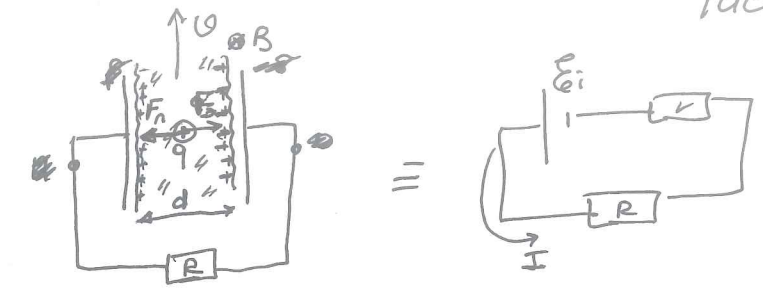
~~595 / 22 = 27~~



55-96-94-06
(2.10)

Чистовик

3
B-?
R=94 Ом
d=40 см
U=10 см/с
P_m=1 мВт



~~1) В магнитном поле катушка вращается
и индуцирует ЭДС. По закону Ома
в цепи будет течь ток. Часть энергии
идет на нагрев катушки, часть
на нагрев резистора.~~

~~2) P_m = I² R~~

- 1) $\mathcal{E}_i = \omega B d l$ как x? точнее вычислим?
- 2) $P_m \rightarrow \max$ при $r = R$
- 3) $P_m = I_R \cdot U_R = \frac{R I_R^2}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}_i^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\mathcal{E}_i^2 R}{4R^2} = \frac{\omega^2 B^2 d^2 l^2}{4R}$

$$B = \frac{\sqrt{4P_m R}}{\omega d l}$$

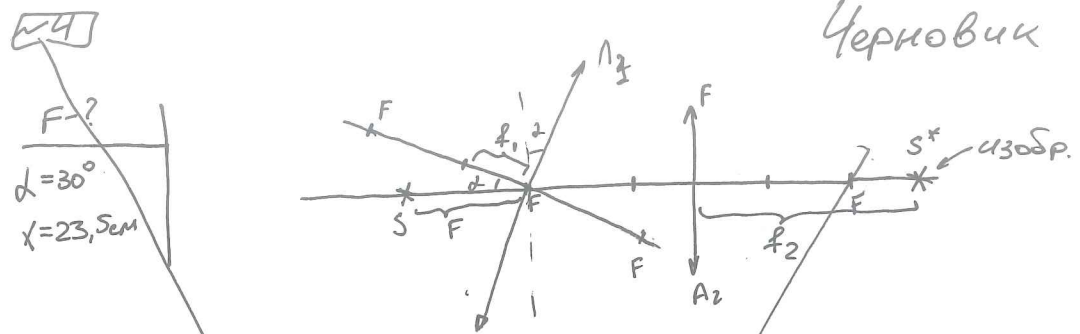
$$B = \frac{2}{0,1 \cdot 0,4} \cdot \sqrt{10^{-6} \cdot 0,4} \cdot T_n$$

$$B = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot \sqrt{0,1}}{0,1 \cdot 0,4} T_n = \frac{10^{-3} \cdot \sqrt{10}}{10^{-1}} T_n = \frac{\sqrt{10}}{10^2} T_n$$

$$B \approx 3,2 \cdot 10^{-2} T_n$$

Ответ: $B \approx 3,2 \cdot 10^{-2} T_n$

Черновик



1) ФТЛ:
 $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F \cos \alpha} - \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{F \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{F \sqrt{3} \cdot 2}{2 \cdot (2 - \sqrt{3})} = F \cdot \frac{\sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}}$

$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_1 \cos \alpha + F} + \frac{1}{f_2}$
 $f_2 = \frac{(f_1 \cos \alpha + F) F}{f_1 \cos \alpha}$

2) $x = 2F + f_2 = 2F + F \cdot \frac{\frac{\sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 1}{\frac{\sqrt{3}}{2 - \sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}$

$x = 3F + F \cdot \frac{2(2 - \sqrt{3})}{3} = 3F + F \cdot \frac{4 - 2\sqrt{3}}{3} = F \cdot \frac{13 - 2\sqrt{3}}{3}$

$F = \frac{3x}{13 - 2\sqrt{3}}$

$F = \frac{kq^2}{\epsilon_0 V^2}$

$\epsilon_0 = \frac{k n^2}{n \cdot m^2}$

$F \approx \frac{3 \cdot 23,5}{13 - 2 \cdot 1,7} \text{ см} = \frac{3 \cdot 235}{130 - 2 \cdot 17} = \frac{3 \cdot 235}{96} = \frac{705}{96} \approx 7,34 \text{ см}$

$F = \frac{235}{32} \text{ см} \approx 7,2 \text{ см}$

$\frac{9 \cdot 29^2}{24}$

Orber: $F \approx 7,2 \text{ см}$

$\omega^2 = c^{-2}$

$c = \frac{\epsilon_0 \epsilon l^2}{d}$

$\frac{\epsilon_0 l_0}{dm}$

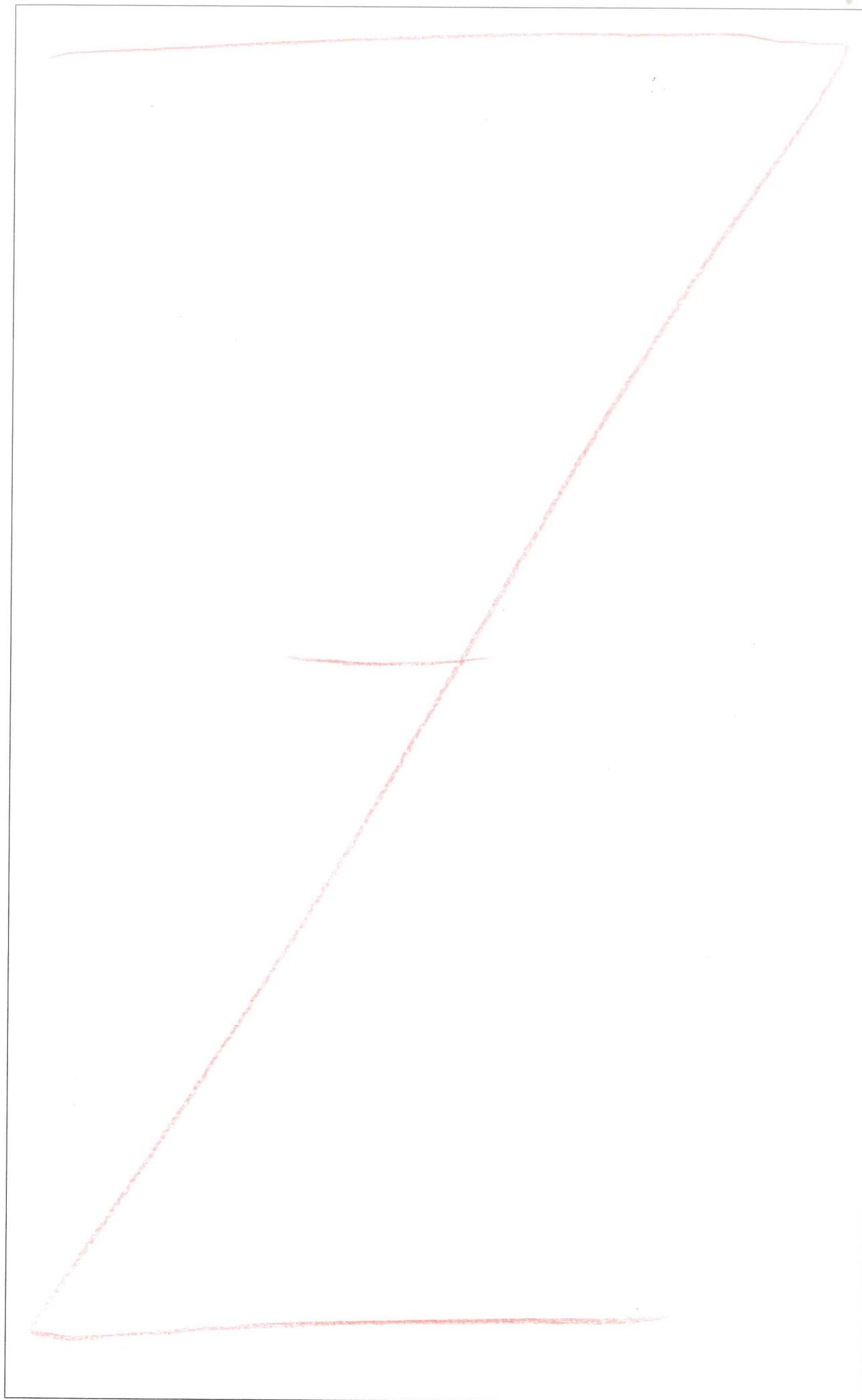
$\frac{q^2 d}{2 \epsilon_0 \epsilon^3 l^3}$

$\frac{\Phi}{m} \cdot B$

$\frac{q^2}{\epsilon \cdot l}$

$\frac{W}{l} = F$

$\frac{\Phi \cdot B}{m^2 \cdot \text{кг}} = \frac{c^2 \Phi \cdot B^2}{c^2 \cdot m^2 \cdot \text{кг}} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{D \cdot H}{D \cdot H} = c^{-2}$



8) Получили

Чистовик

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

$$F = -\frac{q^2 \epsilon^2 l d}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{4\epsilon^2 l^2 (\frac{\epsilon l}{2} + x)^2} \Rightarrow F = \frac{q^2 d}{8\epsilon_0 \epsilon l} \cdot \frac{(-1)}{(\frac{\epsilon l}{2} + x)^2}$$

т.к. $x \ll l$, то $x \ll \frac{\epsilon l}{2} \rightarrow \frac{2x}{\epsilon l} \ll 1$

тогда

$$F \approx \frac{q^2 d}{8\epsilon_0 \epsilon l} \cdot \frac{(-1)}{\left(\frac{\epsilon l}{2}\right)^2 \left(1 + \frac{2x}{\epsilon l}\right)^2}$$

$$F \approx \frac{q^2 d \cdot (-1)}{2\epsilon_0 \epsilon^3 l^3} \cdot \left(1 - \frac{4x}{\epsilon l}\right)$$

$$F(x) = -\frac{q^2 d}{2\epsilon_0 \epsilon^3 l^3} + \frac{2q^2 d}{\epsilon_0 \epsilon^4 l^4} x$$

9) 23H для диэлектрика:

$$x: m\ddot{x} = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 \epsilon^3 l^3} - \frac{2q^2 d}{\epsilon_0 \epsilon^4 l^4} x$$

$$\ddot{x} + \frac{2q^2 d}{\epsilon_0 \epsilon^4 l^4 m} x = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 \epsilon^3 l^3} \quad \text{уравн. гарм. колеб}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad \omega^2 = \frac{2q^2 d}{\epsilon_0 \epsilon^4 l^4 m} = \frac{2\epsilon_0^2 l^4 d U_0^2}{d^2 \epsilon_0 \epsilon^4 l^4 m} = \frac{2\epsilon_0 U_0^2}{\epsilon^4 d m}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \omega^2 = \frac{2\epsilon_0 U_0^2}{\epsilon^4 m d}$$

$$m = \frac{\epsilon_0 U_0^2 \cdot T^2}{2\pi^2 \epsilon^4 d}, \quad \pi \approx 3$$

$$m \approx \frac{8 \cdot 10^{-12} \cdot 10^2 \cdot 435^2 \text{ кг}}{2 \cdot 10^2 \cdot 3^2 \cdot 4^4 \cdot 10^{-3}} = \frac{435^2 \cdot 10^3 \text{ кг}}{2 \cdot 4^4 \cdot 10^{12}} = \frac{435^2 \cdot \text{кг}}{2^9 \cdot 10^9}$$

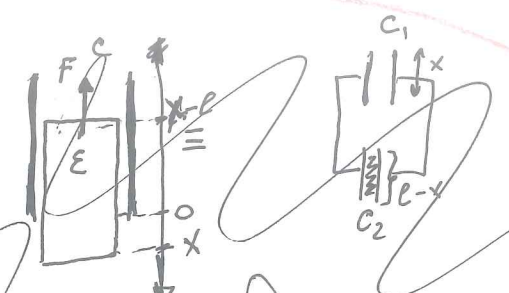
$$m = \frac{5^2 \cdot 3^2 \cdot 29^2 \text{ кг}}{2^3 \cdot 5^2 \cdot 2^2 \cdot 10^7} = \frac{3^2 \cdot 29^2 \text{ кг}}{2^{11} \cdot 10^7} \approx 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ кг}$$

Ответ: $m \approx 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ кг}$

Черновик

5

$l = 20 \text{ см}$
 $U_0 = 100 \text{ В}$
 $d = 1 \text{ мм}$
 $\epsilon = 0,1 \text{ мм}$
 $T = 4,35 \text{ с}$
 $\epsilon = 4$



$$C = C_1 + C_2$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 \epsilon l \cdot x}{d}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon (l-x) l}{d}$$

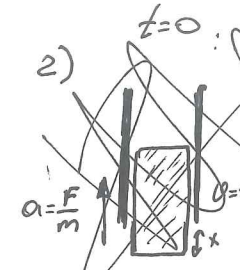
1) МВМ (метод вирт. перемещ.)

$$-F dx = dW$$

$$-F dx = \frac{U_0^2}{2} dC = \frac{U_0^2}{2} (dC_1 + dC_2)$$

$$F dx = \frac{U_0^2}{2} \left(\frac{\epsilon_0 \epsilon l}{d} dx + \frac{\epsilon_0 \epsilon l}{d} dx \right)$$

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



$$x = \frac{a T^2}{16 \cdot 2} \rightarrow a = \frac{32x}{T^2}$$

$$\frac{F}{m} = \frac{32x}{T^2} \rightarrow m = \frac{F T^2}{32x}$$

$$m = \frac{U_0^2}{64x} \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon l}{d} T^2$$

$$m = \frac{100^2}{64 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{9 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 20 \cdot 10^{-1}}{10^{-3}} \cdot \frac{435^2}{100} \text{ кг}$$

$$m = \frac{10^2 \cdot 10^{-1}}{10^{-7}} \cdot \frac{9 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 435^2}{64} \text{ кг}$$

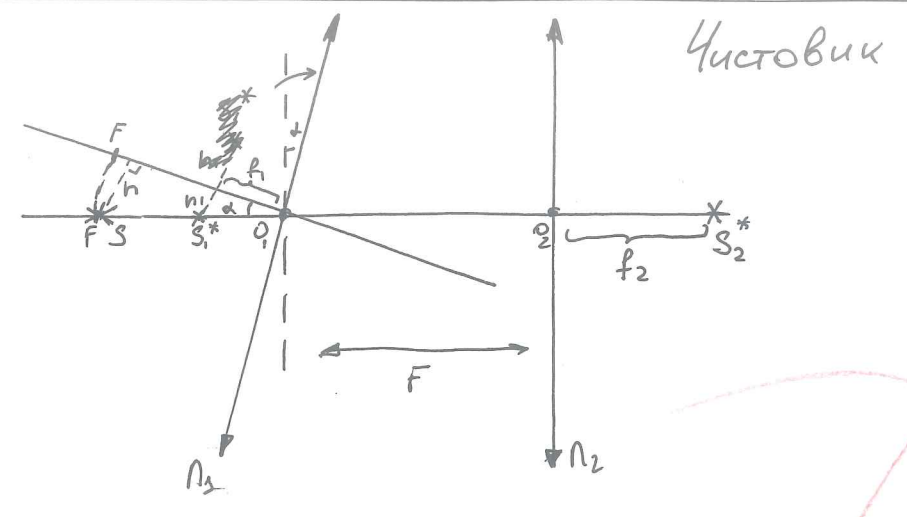
$$m = \frac{10^7}{10^{11}} \cdot \frac{9 \cdot 3 \cdot 435^2}{32} = \frac{1}{10^4} \cdot \frac{3^3 \cdot (145 \cdot 3)^2}{32} \text{ кг}$$

$$m = \frac{3^3 \cdot 5^2 \cdot 29^2}{10^2 \cdot 4 \cdot 5^2 \cdot 32} = \frac{3^3 \cdot 29^2 \text{ кг}}{10^3 \cdot 4 \cdot 32} = \frac{3}{2} \cdot \frac{32 \cdot 29^2}{10^2 \cdot 2 \cdot 4} = \frac{3}{2} \cdot \frac{9 \cdot 29^2}{80} \text{ кг}$$

$$m \approx 1,5 \cdot 4,5 \text{ кг} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2025 \text{ кг}}{1000} = \frac{6075}{2000} \text{ кг}$$

$m \approx 3,075 \text{ кг}$

№4
F=?
α=30°
x=23,5 см



1) Рассм. N_2 :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F \cos \alpha} - \frac{1}{f_1} \rightarrow f_1 = \frac{F \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$\Gamma = \frac{h_1}{h} = \frac{f_1}{F \cos \alpha} = \frac{1}{1 - \cos \alpha}$$

Причем S_1^* - лежит на ГОО N_2
изобр. S в 1.

2) Рассм. N_2 : S_1^* - П. дейст в для N_2

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1 \cos \alpha} + \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = \frac{(f_1 + F) F}{f_1 \cos \alpha}$$

S_2^* - изобр. в сис; S_2^* с ГОО N_2

3) $x = 2F + f_2 = 3F + \frac{F^2 \cos \alpha (1 - \cos \alpha)}{F \cos \alpha}$

$x = F(3 + 1 - \cos \alpha) = F(4 - \cos \alpha)$

$F = \frac{x}{4 - \cos \alpha}$

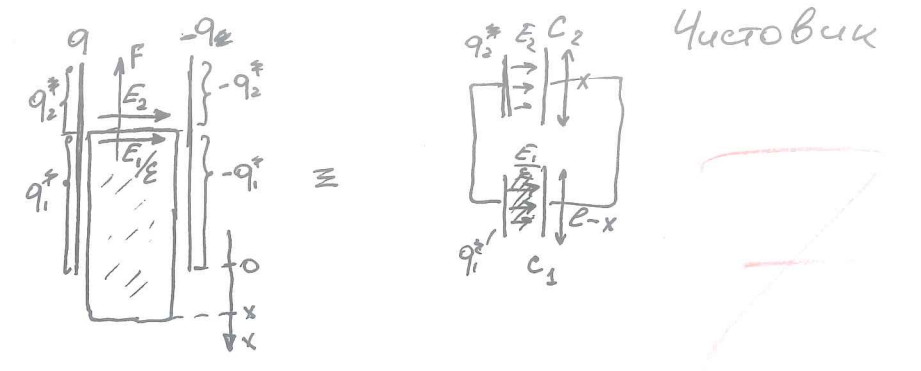
$F = \frac{235}{40 - 5\sqrt{3}} \text{ см} \approx \frac{235}{40 - 5 \cdot 1.7} = \frac{235 \cdot 10}{400 - 5 \cdot 17} = \frac{2350}{285}$

$F = \frac{2350}{315} \text{ см}$

$F \approx 7,3 \text{ см}$

Ответ: $F \approx 7,3 \text{ см}$

№5
m=?
l=20 см
U0=100 В
d=1 мм
x=0,1 мм
T=4,35 с
ε=4



1) $q = \frac{\epsilon_0 l^2}{d} \cdot U_0 = \text{const} \leftarrow$ заряд на обкладке

2) из грани. условий диэ-ка

$$E_2 = \frac{E_1}{\epsilon}$$

$$\frac{q_2}{\epsilon_0 l x} = \frac{q_1}{\epsilon_0 \epsilon l (l-x)}$$

$$\frac{\epsilon q_2}{x} = \frac{q_1}{l-x}$$

3) $q = q_1 + q_2 = q_2 \left(\frac{\epsilon(l-x)}{x} + 1 \right) = q_2 \cdot \frac{\epsilon l + x(1-\epsilon)}{x}$

$$q_2 = \frac{q x}{\epsilon l + x(1-\epsilon)} \rightarrow q_1 = \frac{\epsilon(l-x)}{x} \cdot q_2 = \frac{q \epsilon (l-x)}{\epsilon l + x(1-\epsilon)}$$

4) МВП: $+F dx = dW$

5) $W = W_{C1} + W_{C2}$

- $W_{C1} = \frac{q_1^2}{2C_1} = \frac{q^2}{2} \cdot \frac{\epsilon^2 (l-x)^2}{(\epsilon l - x(\epsilon-1))^2} \cdot \frac{d}{\epsilon_0 \epsilon l (l-x)} = \frac{q^2}{2} \cdot \frac{\epsilon (l-x) d}{\epsilon_0 l (\epsilon l - x(\epsilon-1))}$
- $W_{C2} = \frac{q_2^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2} \cdot \frac{x^2}{(\epsilon l - x(\epsilon-1))^2} \cdot \frac{d}{\epsilon_0 l x} = \frac{q^2}{2} \cdot \frac{x d}{\epsilon_0 l (\epsilon l - x(\epsilon-1))}$

При $x \ll l$
 $x \ll d$

$$W_{C1} \approx \frac{q^2}{2} \cdot \frac{\epsilon l d}{\epsilon_0 l (\epsilon l + x)^2}; \quad W_{C2} \approx \frac{q^2}{2} \cdot \frac{x d}{\epsilon_0 l (\epsilon l + x)^2}$$

$$W_{C1} \approx \frac{q^2}{2} \cdot \frac{\epsilon l d}{\epsilon_0 (\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)}; \quad W_{C2} = \frac{q^2}{2} \cdot \frac{x d}{\epsilon_0 l (\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)}$$

6) $dW_{C1} = \frac{q^2 \epsilon d}{2\epsilon_0} \cdot d \left(\frac{1}{\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x} \right) = \frac{q^2 \epsilon d}{2\epsilon_0} \cdot (-1) \cdot \frac{2\epsilon l dx}{(\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)^2}$

$$dW_{C2} = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 l} \cdot d \left(\frac{x}{\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x} \right) = \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 l} \cdot \frac{\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x - 2\epsilon l x}{(\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)^2} dx$$

7) $F = \frac{q^2 \epsilon d}{2\epsilon_0} \cdot \frac{2\epsilon l}{(\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)^2} + \frac{q^2 d}{2\epsilon_0 l} \cdot \frac{\epsilon^2 l^2}{(\epsilon^2 l^2 + 2\epsilon l x)^2}$