



1 лист 17³³

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

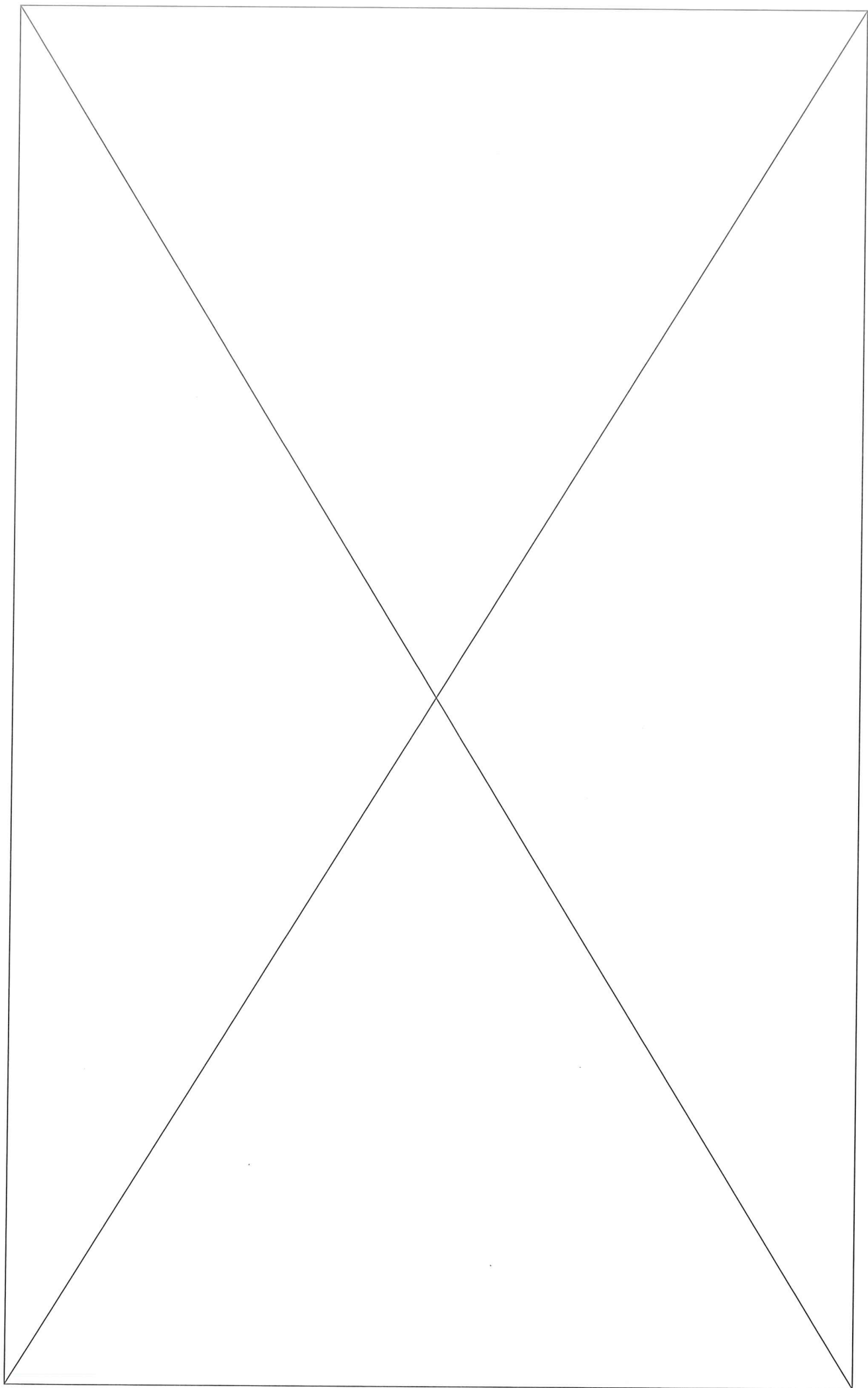
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады
Ремцова Владислава Дмитриевича

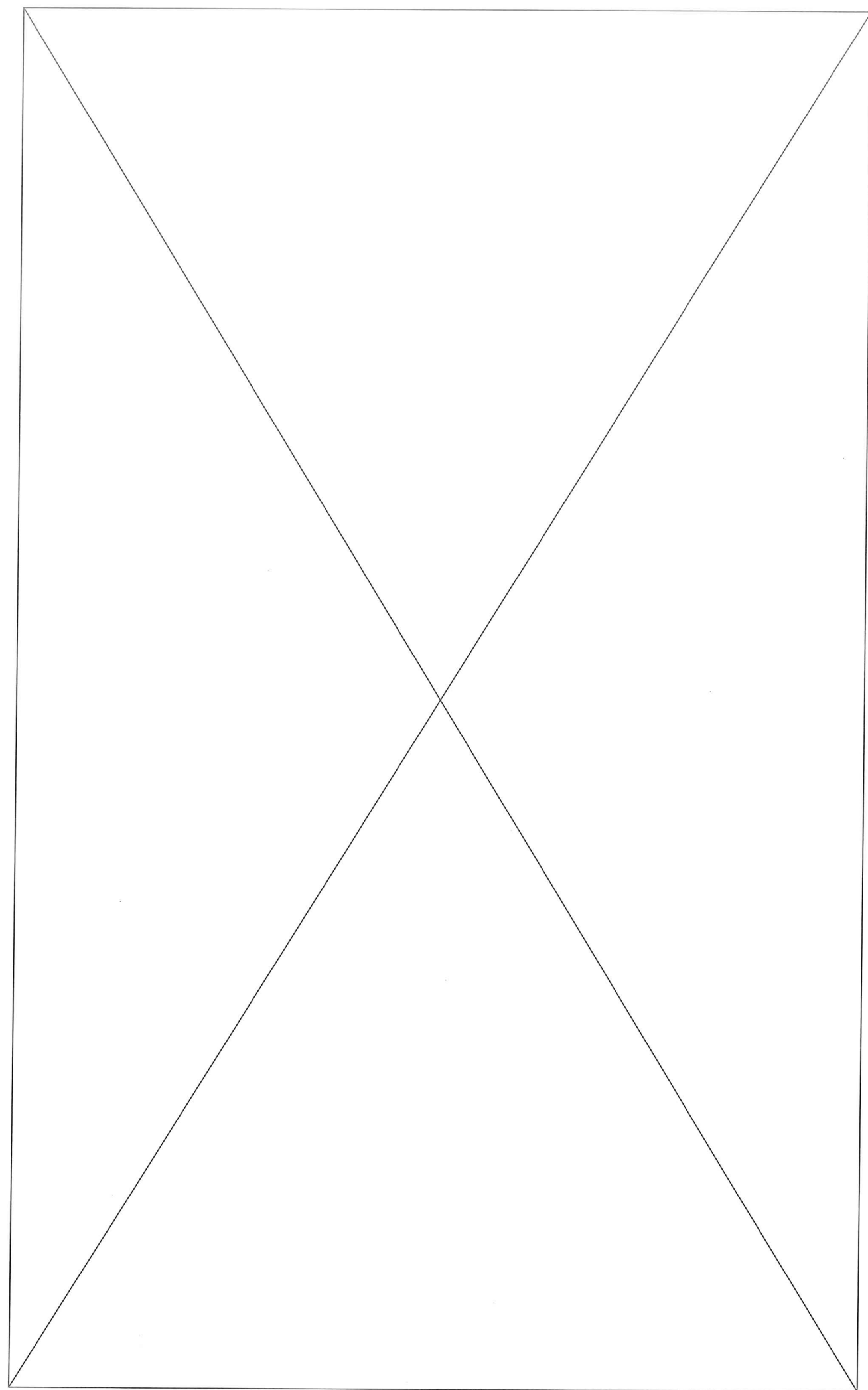
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« » _____ 202 года

Подпись участника
ВРем



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик $\frac{115}{195} = \frac{23}{39}$

$T = 0^\circ$

$m_u; m_u + \Delta m$; m -исп

$Q_n = \lambda \cdot \Delta m$

$Q_{отдач} = \lambda \cdot \Delta m \neq$

$Q_{отм} = r \cdot m$

$Q_{попы} = r \cdot m$

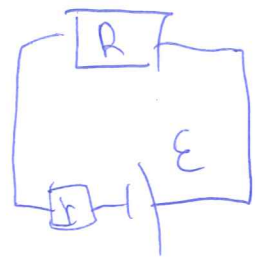
$P_1 = P_a$

$P_2 = P_a + P_b$

$P_{ное} \cdot V =$

$\varphi = \frac{P}{P_{ное}}$

$\frac{34}{34}$
 $\frac{136}{102}$
 $\frac{115}{115}$



$I = \frac{E}{R+r}$

$P = \frac{R \cdot E^2}{(R+r)^2}$

$\frac{33}{33}$
 $\frac{99}{99}$
 $\frac{1089}{1089}$

$P' =$

$\sqrt{107} = x$

$x^2 = 10$
 $8.7,5 = 60$

$x = \frac{34}{\cos 2}$

$5.7,5 = 27,5$

$2x - x \cdot \cos 2 = 5F - 2F \cdot \cos 2$

$\cos 2 (x - 2F) = 2x - 5F$

$\cos 2 = \frac{2x - 5F}{x - 2F} = \frac{47 - 37,5}{23,5 - 15} = \frac{9,5}{8,5}$

$23,5 = \frac{60 - 27,5x}{3 - 2x}$; $71,5 - 47x = 60 - 27,5x$
 $11,5 = 19,5x$

$(30+3)^2 = 900 + 1204$
 $(30+2)^2 = 900 + 1204$
 $30+1^2 = 900 + 1204$
 $3,500 = 3105 = 1550 \mu$

48-01-21-38 (3.5)

Чистовик

Дано: $\alpha = 30^\circ$

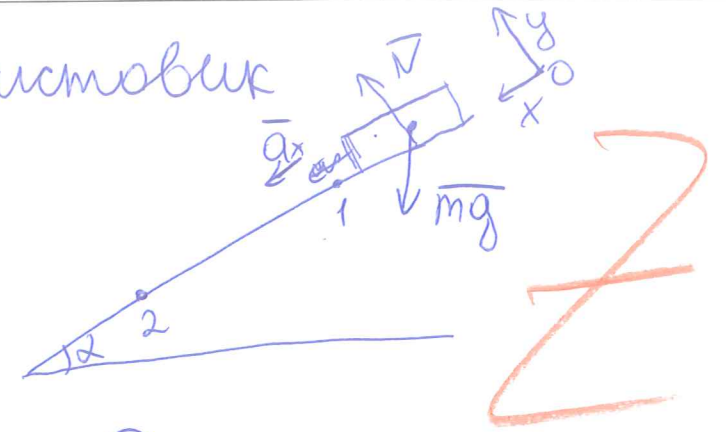
$t = 0,51c$

$t_1 = 2c$

$t_2 = 1c$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v = ?$



Решение

В данной задаче

происходит движение бруска по наклонной плоскости в поле силы тяжести Земли.

Выберем Землю за тело отсчёта. Будем считать систему тел, связанную с Землёй, как ИСО.

Введём оси координат xOy как показано на рисунке (Ox вдоль направления движения бруска, $Oy \perp Ox$)

Применим II закон Ньютона: $m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_T$, где \vec{a} - ускорение бруска, N - сила реакции опоры, $F_T = mg$ - сила тяжести

Спроецируем на ось Ox :

$ma_x = mg \cdot \sin \alpha$

$a_x = g \cdot \sin \alpha$

Меридиан
Тамбовская АВ
Земля
Земля
Земля
Земля
Земля

Пусть V_1 и V_2 — скорости, с которыми брусок начал перекрывать фотоземли 1 и 2 соответственно

Тогда: $V_2 = V_1 + at$

За времена t_1 и t_2 брусок прошел расстояние, равное своей длине (b) ⇒

$$b = V_1 \cdot t_1 + \frac{at_1^2}{2} \quad (1)$$

$$b = V_2 \cdot t_2 + \frac{at_2^2}{2} \quad (2)$$

Из (1) выразим V_1 : $V_1 = \frac{b}{t_1} - \frac{at_1}{2}$

Подставим V_2 и V_1 в (2)

$$b = t_2 \left(\frac{b}{t_1} - \frac{at_1}{2} + at_2 \right) + \frac{at_2^2}{2}$$

$$b = b \cdot \frac{t_2}{t_1} - \frac{at_1^2 \cdot t_2}{2} + at_2 \cdot t_2 + \frac{at_2^2}{2}$$

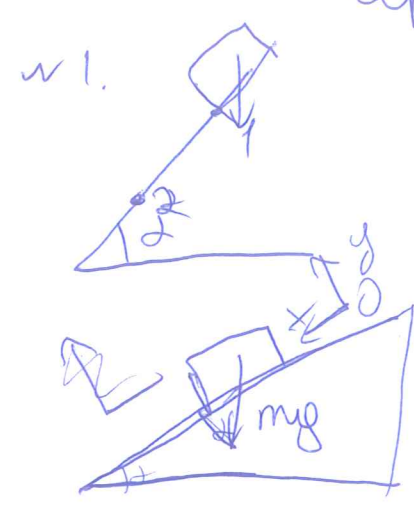
$$b \left(1 - \frac{t_2}{t_1} \right) = a \left(t_2 \cdot t_2 + \frac{t_2^2}{2} - \frac{t_1 \cdot t_2}{2} \right)$$

$$b = \frac{a \cdot t_1}{t_1 - t_2} \cdot \left(t_2 \cdot t_2 + \frac{t_2^2}{2} - \frac{t_1 \cdot t_2}{2} \right)$$

$$b = \frac{g \cdot \sin \alpha \cdot t_1 \cdot t_2}{t_1 - t_2} \cdot \left(t_2 + \frac{t_2}{2} - \frac{t_1}{2} \right)$$

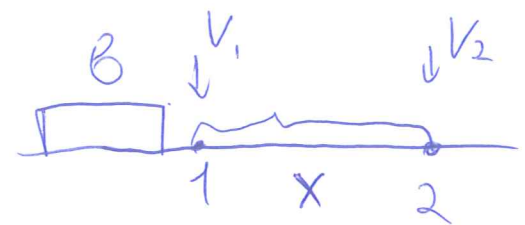
$$b = \frac{10 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{2 - 1} \cdot \left(0,51 + \frac{1}{2} - \frac{2}{2} \right) = 10 \cdot 0,01 \text{ м}$$

Черновик



$t = 0,51 \text{ с}$
 $t_1 = 2 \text{ с}$
 $t_2 = 1 \text{ с}$

$\Delta x: ma = mg \cdot \sin \alpha$
 $a = g \cdot \sin \alpha$



$x = \frac{at^2}{2}$
 $\left(\frac{23}{29}\right)^2 - \frac{3}{4}$

$b = \frac{at_1^2}{2}$

$x = V_1 t + \frac{at^2}{2}$

$b = V_1 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$

$V_2 = V_1 + at$

$b = (V_1 + at) \cdot t_2 + \frac{at_2^2}{2}$

$V_1 = \frac{b}{t_1} - \frac{at_1}{2}$

$b = \left(\frac{b}{t_1} - \frac{at_1}{2} + at \right) \cdot t_2 + \frac{at_2^2}{2} =$

$= b = \frac{b \cdot t_2}{t_1} - \frac{at_1 t_2}{2} + at t_2 + \frac{at_2^2}{2}$

$b \left(\frac{t_2}{t_1} - 1 \right) = a \left(\frac{t_2^2}{2} + t t_2 - \frac{t_1 t_2}{2} \right)$

$b =$

$\cos \alpha = \frac{F}{4F} = \frac{1}{4}$

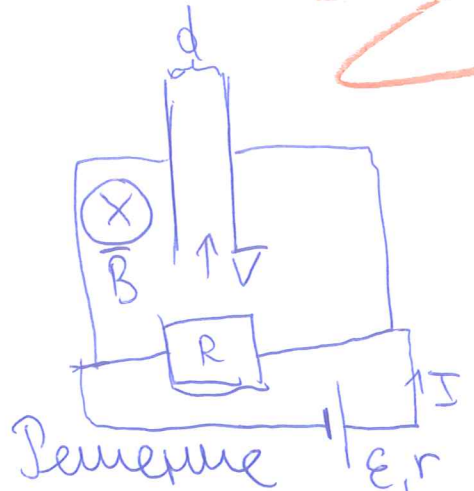
$F = B \cdot q \cdot V = E \cdot q = \frac{U}{a} \cdot q$

$V = \frac{U}{a \cdot B}$
 $4F \cdot \cos \alpha - F = x \cdot \cos \alpha \Rightarrow \frac{7,5}{30 - 23,5}$

$$= \frac{11.83 \cdot 273}{18 \cdot 23} \approx 811 \text{ Па} \text{ Уильямс}$$

Ответ: 611 Па
w3.3.3

Дано: $R = 0,4 \text{ Ом}$
 $d = 40 \text{ см}$
 $B = 1 \text{ Тл}; P_m = 1 \text{ мВт}$
 $V = ?$



Решение ϵ, r

Пусть E - напряжённость поля,
 q - заряд частицы проводности, тогда:
 $E = \frac{F_u}{q}$, где F_u - сила Лоренца,
действующая на частицу проводности

$$E = \frac{U}{d} = \frac{F_u}{q} = \frac{B \cdot q \cdot V}{q}, \text{ где } U - \text{напря-}$$

жение на резисторе, V - скорость

$$V = \frac{U}{d \cdot B}$$

Пусть ϵ - напряжение источника,
 r - его внутреннее сопротивление.

По закону Ома: $I = \frac{\epsilon}{R+r}$, где I -
сила тока в цепи
Максимальная мощность $P_m = I^2 \cdot R$

$$P_m = \frac{\epsilon^2 \cdot R}{(R+r)^2}$$

Чертовик $C = x - 2F$ 414
611

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F + B \cos \alpha}$$

$$B = \frac{F \cdot \cos^2 \alpha}{\cos \alpha - 1} + F = \frac{F \cdot \cos^2 \alpha + F \cos \alpha - F}{\cos \alpha - 1}$$

$$= \frac{F(\cos^2 \alpha + \cos \alpha - 1)}{\cos \alpha - 1} = \frac{2F - F \cos \alpha + 2F}{3 - 2 \cos \alpha} = \frac{8F - F \cos \alpha - 4F \cos \alpha}{3 - 2 \cos \alpha}$$

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

$$C = \frac{F(\cos^2 \alpha + \cos \alpha - 1)}{\cos^2 \alpha} = \frac{8F - 5F \cos \alpha}{3 - 2 \cos \alpha}$$

$$C = x - 2F \Rightarrow C = \frac{F(2 - \cos \alpha) + 2F}{3 - 2 \cos \alpha} = \frac{4F - x}{F}$$

$$x = \frac{F(\cos^2 \alpha + \cos \alpha - 1) + 2F}{\cos^2 \alpha} = \frac{F(3 \cos^2 \alpha + \cos \alpha - 1)}{\cos^2 \alpha} \left| \frac{1}{F} - \frac{\cos \alpha - 1}{F(\cos \alpha - 2)} = -1 \right.$$

$$D = 1 - \frac{F \cos^2 \alpha}{4 - \cos \alpha} \Rightarrow 4F - F \cos \alpha = x$$

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

$$\frac{1}{C} + \frac{\cos \alpha - 1}{F(\cos \alpha + 2)} = \frac{1}{F} \Rightarrow 4F - F \cos \alpha = x$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{F} - \frac{\cos \alpha - 1}{F(2 - \cos \alpha)} = \frac{3 - 2 \cos \alpha}{F(2 - \cos \alpha)} \Rightarrow C = F(2 - \cos \alpha)$$

Черновик

$$\left(\frac{23}{39}\right)^2 = \frac{(40+3)^2}{(40-1)^2}$$

$$= \frac{4 \cdot 7,5 - 23,7}{7,5} = \frac{30 - 23,7}{7,5} = \frac{6,3}{7,5}$$

$$\frac{6,3}{7,5} = \frac{13}{15}$$

18-23

$$\frac{23}{18} = \frac{414}{18 \cdot 4} = \frac{6,7}{7,5}$$

$$\frac{13}{15} = \frac{(40+3)^2}{(40-1)^2} = \frac{100+60+9}{100+100-5} = \frac{169}{225} = \frac{13^2}{15^2}$$

$$= \frac{169}{225} - \frac{3}{4} =$$

400 + 240 = 360 - 600 - 75

$$V_0 = \frac{e^2 \cdot D}{2}$$

$$\Delta W = \frac{e \cdot E_0 \cdot E^2}{2} \cdot V_0 \cdot \frac{\Delta x}{e} \cdot (\epsilon - 1)$$

$$F = \frac{\Delta W}{\Delta x} = m \cdot g$$

$$F \cdot \epsilon - \epsilon = F + \frac{F \cdot \cos \alpha}{-(\cos \alpha - 1)} = \frac{F - F \cdot \cos \alpha}{2 \cdot 73}$$

$$\frac{1 - \cos \alpha}{F} \neq \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{F} - \frac{1 - \cos \alpha}{F} = \frac{\cos \alpha}{F}$$

$$C = \frac{F}{\cos \alpha} = 2F + \frac{F}{\cos \alpha} = 246419$$

11

$$\begin{array}{r} 83 \\ -11 \\ \hline 83 \\ +83 \\ \hline 903 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 246419 \\ -23 \\ \hline 164 \\ -184 \\ \hline -23 \\ -23 \\ \hline -46 \end{array}$$

48-01-21-38 (6.5)

Если мощность максимальная \Rightarrow $\frac{dP_m}{dR} = 0$

$$\epsilon^2 \cdot \frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^2} = 0, \text{ м.к. } \epsilon \neq 0 \text{ и } R \neq -r$$

$$R+r - 2R = 0$$

$$R=r \Rightarrow P_m = \frac{\epsilon^2 \cdot R}{4R^2} = \frac{\epsilon^2}{4R}$$

$$E = 2\sqrt{R \cdot P_m}$$

По 3-му закону:

$$U = I \cdot R = \frac{E}{2R} \cdot R = \frac{E}{2} = \frac{2\sqrt{R \cdot P_m}}{2} =$$

$$= \sqrt{R \cdot P_m}$$

$$V = \frac{U}{d \cdot B} = \frac{\sqrt{R \cdot P_m}}{d \cdot B} \Rightarrow$$

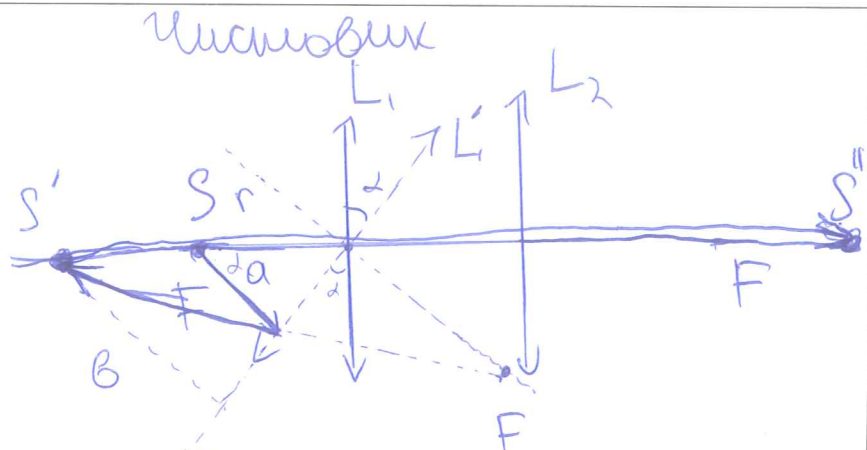
$$V = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 1 \cdot 10^6}}{1 \cdot 0,4} = \frac{10^3 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^1}}{4 \cdot 10^{-1}} = \frac{10^3 \cdot 2 \cdot \sqrt{10}}{4} = 500 \sqrt{10} \approx 1550 \text{ м/с}$$

Ответ: 1550 м/с

$\Rightarrow V = 10 \text{ м/с}$

Ответ: 10 м/с

в 4.10.3
 # Дано:
 $F = 7,5 \text{ см}$
 $x = 23,5$
 $\alpha = ?$



Решение

Пусть S, S', S'' - изображения

~~вещи~~ L_1 - первая линза, L_2 - вторая, L_1' - повернутая L_1
 S - предмет, S' - объект.

S в L_1 ; S'' - изображение S' в L_2

Из св-ва линзы $\Rightarrow S, S'$ и S'' лежат на прямой оптической оси второй линзы (ли, проходящий через центр не преломляется)

Пусть a и b - расстояния от S и S' до $L_1' \Rightarrow a = F \cdot \cos \alpha$

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F \cdot \cos \alpha} = \frac{\cos \alpha - 1}{F \cdot \cos \alpha}$$

$$b = \frac{F \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - 1}$$

Исходник

Пусть r - расстояние от S' до центра L_1

$$\cos \alpha = \frac{b}{r}; \quad r = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{F}{\cos \alpha - 1}$$

По формуле тонкой линзы для L_2 :

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F}, \quad \text{где } c - \text{расстояние от } L_2 \text{ до } S''$$

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{F} - \frac{1}{r} = \frac{1}{F} - \frac{\cos \alpha - 1}{F} = \frac{2 - \cos \alpha}{F}$$

$$x = 2F + c$$

$$x = 2F + \frac{F}{2 - \cos \alpha} = \frac{4F - 2F \cdot \cos \alpha + F}{2 - \cos \alpha} =$$

$$= \frac{5F - 2F \cdot \cos \alpha}{2 - \cos \alpha} = \frac{F(5 - 2 \cdot \cos \alpha)}{2 - \cos \alpha}$$

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{F} - \frac{1}{F + \frac{F}{\cos \alpha - 1}} = \frac{1}{F} - \frac{\cos \alpha - 1}{F \cdot \cos \alpha} = \frac{1}{F \cdot \cos \alpha}$$

$$c = F \cdot \cos \alpha$$

$$x = 2F + c = 2F + F \cdot \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{x - 2F}{F}$$

$$\frac{1}{F - \frac{F}{\cos \alpha - 1}} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F}, \quad \text{где } c - \text{расстояние от } L_2 \text{ до } S''$$

$$c = \frac{F(\cos \alpha - 1)}{\cos \alpha - 2} \Rightarrow c = \frac{F(2 - \cos \alpha)}{\cos \alpha - 1}$$

$$x = c + 2F = 4F - \cos \alpha \cdot F;$$

Черновик:

$$F = \frac{\Delta W}{\Delta x} = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot U_0^2}{2 \cdot \epsilon \cdot d} \cdot e^{\frac{\Delta x}{d}} \cdot \frac{\Delta x}{d} \cdot (\epsilon - 1)$$

$$W = \frac{CU^2}{2} =$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot d}{\dots}$$

$$\frac{435}{100} = \frac{87}{20}$$

$W_1 =$

$$\ddot{x} + \Delta x \left(\frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot U_0^2}{82 \epsilon \cdot d} \right) (\epsilon - 1) =$$

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

$$= \frac{27}{8} \cdot \epsilon \cdot 10^{-5} = \omega^2 = \frac{27}{4} \cdot 10^{-8} = \omega^2$$

$$T = 2\pi \cdot \frac{87}{20} = 2 \cdot 27 \cdot 3144$$

в в 1,05
в в 105 \cdot 4 = 420

$$\omega = 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{3}$$

$$\frac{87}{20} = 2 \cdot \frac{3144 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^2}{3 \sqrt{3}}$$

$$\frac{87}{20} = \frac{420}{\sqrt{3}}$$

$$\sqrt{10^6} \cdot 10^6$$

48-01-21-38 (3.5)

Чистовик

$$\cos 2 = \frac{-x + 4F}{F} = \frac{30 - 23,5}{1,5} = \frac{6,5}{1,5} = \frac{13}{3} \approx \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$\Rightarrow d = 30^\circ$

805

Ответ: 30°

Дано:

$U_0 = 100 \text{ В}$

$m = 10^2$

$d = 1 \text{ мм}$

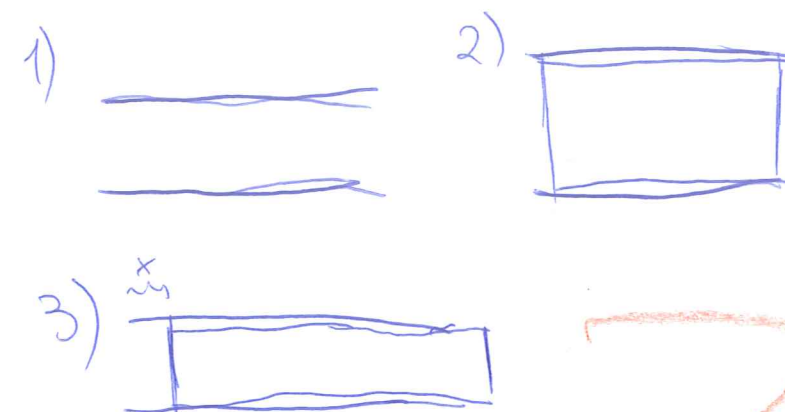
$x = 0,1 \text{ мм}$

$T = 4,35 \text{ с}$

$\epsilon = 4$

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

$\epsilon = ?$



Решение

Найдем заряд на пластинках в первой ситуации:

$$Q = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \frac{U_0^2}{d}$$

Найдем энергии W_1 и W_2 на конденсаторах в сит 2 и сит 3
В 3 сит пластины на x

$$W_1 = \frac{\epsilon_0 U_0^2}{\epsilon^2 d^2} \cdot e^{\frac{\Delta x}{d}} \cdot \frac{\Delta x}{d}$$

$$W_2 = \frac{\epsilon_0 U_0^2}{\epsilon^2 d^2} \cdot \epsilon \cdot \Delta x \cdot \epsilon$$

$$\Delta W = \frac{\epsilon_0 \cdot U_0^2}{2} \cdot \frac{\Delta x^2}{\epsilon} (\epsilon - 1) \cdot \frac{U_0^2}{e^2 \cdot d} \cdot e^2 \cdot d$$

сил, действующая на заряд = F

= по II закону Ньютона: $F = m \cdot \ddot{x}$

$$\ddot{x} = \frac{dW}{dx}$$

$$\ddot{x} + \Delta x \cdot \left(\frac{\epsilon_0 \cdot U_0^2}{2d \cdot \epsilon} \cdot \epsilon \cdot (\epsilon - 1) \right) = 0; \text{ т.к. } \ddot{x} \cdot \omega^2 = 0,$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\epsilon_0 \cdot U_0^2}{2d \cdot \epsilon} \cdot \epsilon \cdot (\epsilon - 1)}}$$

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

$$\epsilon = \frac{2\pi^2 \cdot d \cdot \epsilon \cdot U_0^2}{\epsilon_0 \cdot U_0^2 \cdot T^2 \cdot (\epsilon - 1)} \Rightarrow \epsilon = 20 \text{ см}$$

Ответ: 20 см

