



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

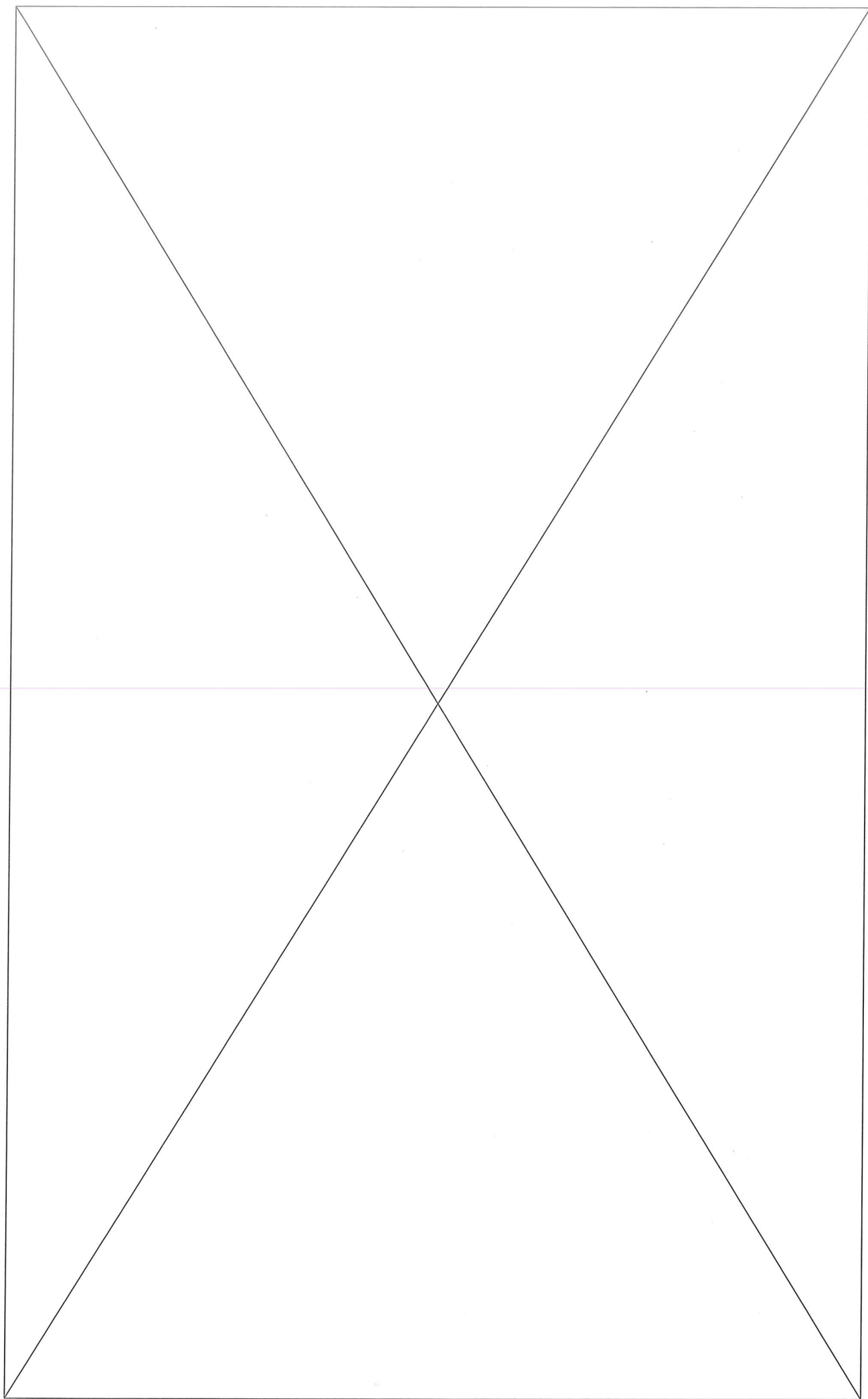
Олимпиада школьников Ломоносов по физике
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

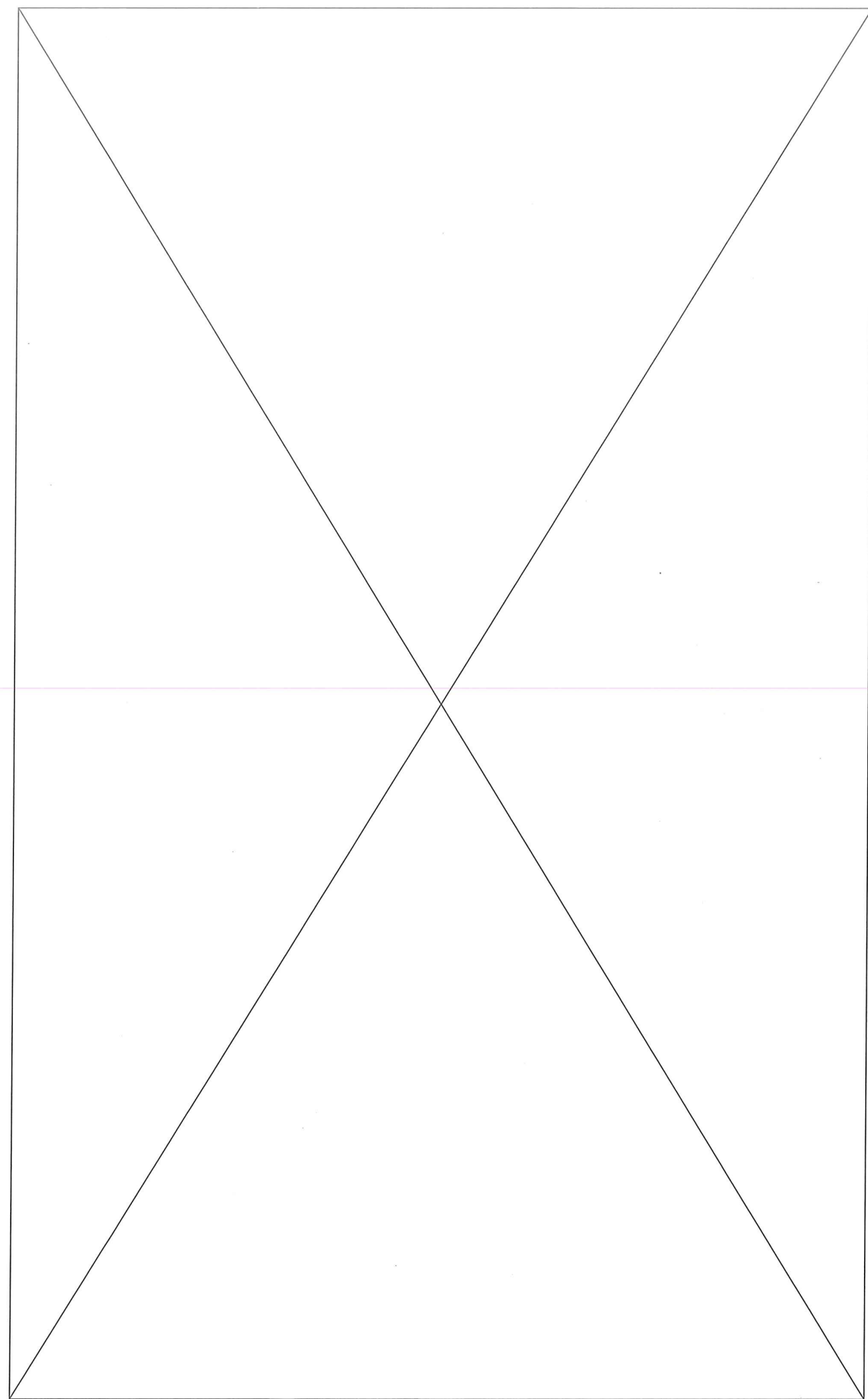
Лутихин Андрей Дмитриевич
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
[Signature]

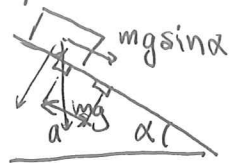


Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик



$$b = v_1 r_1 + \frac{g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2} \Leftrightarrow v_1 = \frac{b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{r_1}$$

$$a + b = v_1 (r_1 + r_2) + \frac{g \sin \alpha \cdot (r_1 + r_2)^2}{2}$$

$$v_2 = v_1 + g \sin \alpha \cdot r$$

$$b = v_2 r_2 + \frac{g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2} \Leftrightarrow v_2 = \frac{b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{r_2}$$

$$\frac{0,2 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1} - \frac{0,2 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 4}$$

$$= \frac{0,2 - 5 - (0,2 - 20)}{20} =$$

$$= \frac{10,2}{20} = \frac{102}{200} = 0,51$$

$$\frac{102}{20} = \frac{102}{200} = 0,51$$

$$\frac{102}{20} = \frac{102}{200} = 0,51$$

$$b = (v_1 + g \sin \alpha \cdot r_1) r_2 + \frac{g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2}$$

$$\frac{b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{r_2} = \frac{b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{r_1} + g \sin \alpha \cdot r$$

$$\frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2r_2} - \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2r_1} = g \sin \alpha \cdot r$$

$$r = \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2r_2 \cdot g \sin \alpha} - \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2r_1 \cdot g \sin \alpha} = 0,51c$$

$$\frac{(vBd)^2}{4R} = P$$

$$vBd = \sqrt{PR}$$

$$vBd = \sqrt{PR} \Leftrightarrow d = \frac{\sqrt{PR}}{vB} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,1 \cdot 1} = 0,4m$$

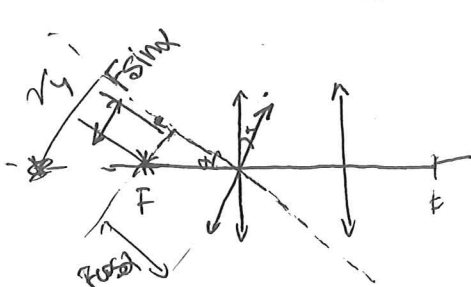
$$P = UI = \frac{U^2}{R}$$

$$F_n = q[U \times B]$$

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad P_{max} = \frac{U^2}{4R}$$

$$u = U = Ed \quad E = \frac{U}{d}$$

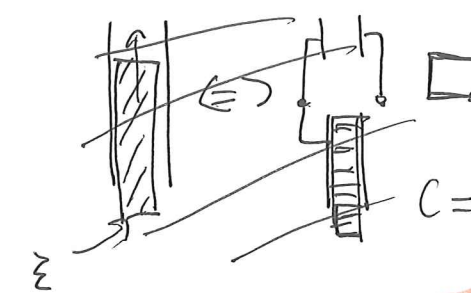
$$Eq = qUB \quad E = UB$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F \cos \alpha} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F} \left(1 - \frac{1}{\cos \alpha}\right) = \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F} \frac{(\cos \alpha - 1)}{\cos \alpha} = d \Leftrightarrow d = \frac{F \cos \alpha}{\cos \alpha - 1}$$



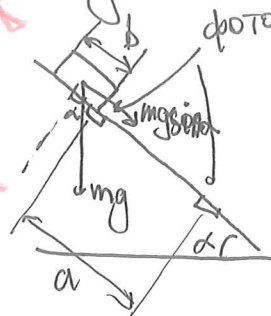
$$F = m \ddot{x}$$

$$m \ddot{x} - \frac{F(x)}{x} = 0 \quad \ddot{x} + \omega^2 x = 0$$



51-08-45-56 (1.5)

Задача №1



Рассмотрим расстояние между фотоэлементами a .
 Рассмотрим момент силы действия на брусок: сила тяжести; сила реакции опоры, но сила трения не будет, поскольку поверхность - идеальная. Тогда рассмотрим с какой ускорением будет двигаться брусок:
 $ma = mg \sin \alpha \Leftrightarrow a = g \sin \alpha$

Тогда, учитывая, что в момент прохождения первого фотоэлемента брусок обладает скоростью v_1 , а в момент прохождения второго - v_2 , будем справедливы следующие уравнения:

$$\begin{cases} b = v_2 r_2 + \frac{g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2} \\ b = v_1 r_1 + \frac{g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2} \\ v_2 = v_1 + g \sin \alpha \cdot r \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_2 = \frac{b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{r_2} \\ v_1 = \frac{b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{r_1} \\ r = (v_2 - v_1) \frac{1}{g \sin \alpha} \end{cases}$$

$$r = \left(\frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2r_2} - \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2r_1} \right) \frac{1}{g \sin \alpha}$$

$$r = \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_2^2}{2g \sin \alpha \cdot r_2} - \frac{2b - g \sin \alpha \cdot r_1^2}{2g \sin \alpha \cdot r_1}$$

$$r = \frac{2 \cdot 0,1 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1^2}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1} - \frac{2 \cdot 0,1 - 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2^2}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2} = \frac{0,2 - 5 - (0,2 - 20)}{20} =$$

$$= \frac{10,2}{20} = 0,51c \quad r = 0,51c$$

Ответ 0,51c

1	10	19	18+5	20+5	12	85
2						
3						
4						
5						

Справка
 Кем А.А.
 Марина
 Марина

Черновик 1 из 4

√2

$V = 30 \text{ м}^3$

$T = 273 \text{ К}$

$P_{\text{нас}}(273\text{К}) = 611 \text{ Па}$

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

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

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

$R = 8,3 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Рассмотрим сколько молекул воды испарится, чтобы воздух в комнате стал насыщенным!

$$\begin{cases} P_{\text{нас}} V = \nu RT \\ \nu = \frac{m_n}{M} \end{cases} \Leftrightarrow P_{\text{нас}} V = \frac{m_n}{M} RT \Leftrightarrow m_n = \frac{P_{\text{нас}} V M}{RT}$$

Рассмотрим за счет чего испарилось m_n воды. Поскольку тепло не подводится, значит, что вода должна испариться за счет образования нового льда; запишем тепловой баланс:

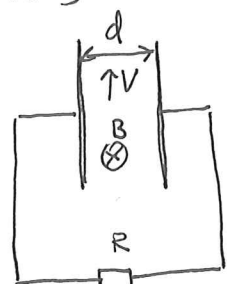
$$\lambda_k \Delta m = r_n \cdot m_n \Leftrightarrow \Delta m = \frac{r_n}{\lambda_k} m_n = \frac{r_n}{\lambda_k} \cdot \frac{P_{\text{нас}} V M}{RT}$$

$$\Delta m = \frac{2,3 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^5} \cdot \frac{611 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,3 \cdot 273} \approx \frac{23 \cdot 611 \cdot 18 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{33 \cdot 83 \cdot 273} \approx \frac{1983000 \cdot 10^{-2}}{250000}$$

$$\approx \frac{4}{5} \cdot 10^{-2} \approx 0,008 \text{ м} = 8 \text{ г}$$

Ответ 8 г

√3



$R = 0,4 \text{ Ом}$

$V = 0,1 \text{ м/с}$

$B = 1 \text{ Тл}$

$P_m = 1 \text{ мВт} = 10^{-3} \text{ Вт}$

максимум значит, что:

Известно, что максимальная возмущаемая мощность выделяемая на резисторе $P_{\text{max}} = \frac{U^2}{4R}$. Рассмотрим силу действующую на поток проводящей жидкости внутри конденсатора:

- сила Лоренца: $F_n = q v B$ (ти все перпендикулярно)
- сила со стороны эл-го поля:

$F = Eq$

Поскольку жидкость течет параллельно пластинкам значит, что: $F = F_n \Leftrightarrow Eq = q v B \Leftrightarrow E = v B$

Известно, что $U = Ed$, тогда: $U = v B d$

Тогда; $P_{\text{max}} = \frac{(v B d)^2}{4R} \Leftrightarrow (v B d)^2 = 4R P_{\text{max}} \Leftrightarrow d = \frac{\sqrt{4R P_{\text{max}}}}{v B}$

$d = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}}{0,1 \cdot 1} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10^{-1}} = 0,4 \text{ м}$

Ответ 0,4 м

числовик 2 из 4

Черновик

√2

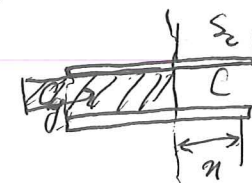
$PV = \nu RT \Leftrightarrow \frac{MPV}{RT} = m_n$
 $\nu = \frac{m_n}{M}$

$\Delta m \lambda_k = r_n m_n \Leftrightarrow \Delta m = \frac{r_n}{\lambda_k} m_n = \frac{r_n}{\lambda_k} \cdot \frac{MPV}{RT}$
 $\Delta m = \frac{2,3 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^5} \cdot \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 611 \cdot 30}{8,3 \cdot 273} = \frac{23 \cdot 10^7 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 611 \cdot 3 \cdot 10^2}{33 \cdot 10^6 \cdot 83 \cdot 10^1 \cdot 273}$
 $= \frac{23 \cdot 18 \cdot 611 \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{33 \cdot 83 \cdot 273}$

$\approx \frac{198000 \cdot 10^{-2}}{250000} \approx \frac{4}{5} \cdot 10^{-2} \approx 0,008 \text{ м} = 8 \text{ г}$

$\frac{611}{18}$	$\frac{23}{3}$	$\frac{273}{3}$
$\frac{4888}{611}$	$\frac{69}{23}$	$\frac{91}{273}$
$\frac{10998}{10998}$	$\frac{83}{83}$	$\frac{7553}{7553}$
$\frac{11000}{88}$	$\frac{83}{83}$	$\frac{7553}{33}$
$\frac{198000}{11}$	$\frac{747}{83}$	$\frac{22659}{22659}$
	$\frac{7553}{7553}$	$\frac{249249}{249249}$

√5



$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S_c}{d} = \epsilon_0 \cdot \frac{l \cdot x}{d}$
 $S_c = l \cdot x$

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

$U = Ed$

$W = CU$

$W = qU$

$F = qE$
 $F = CU E$
 $U = Ed$
 $E = \frac{U}{d}$

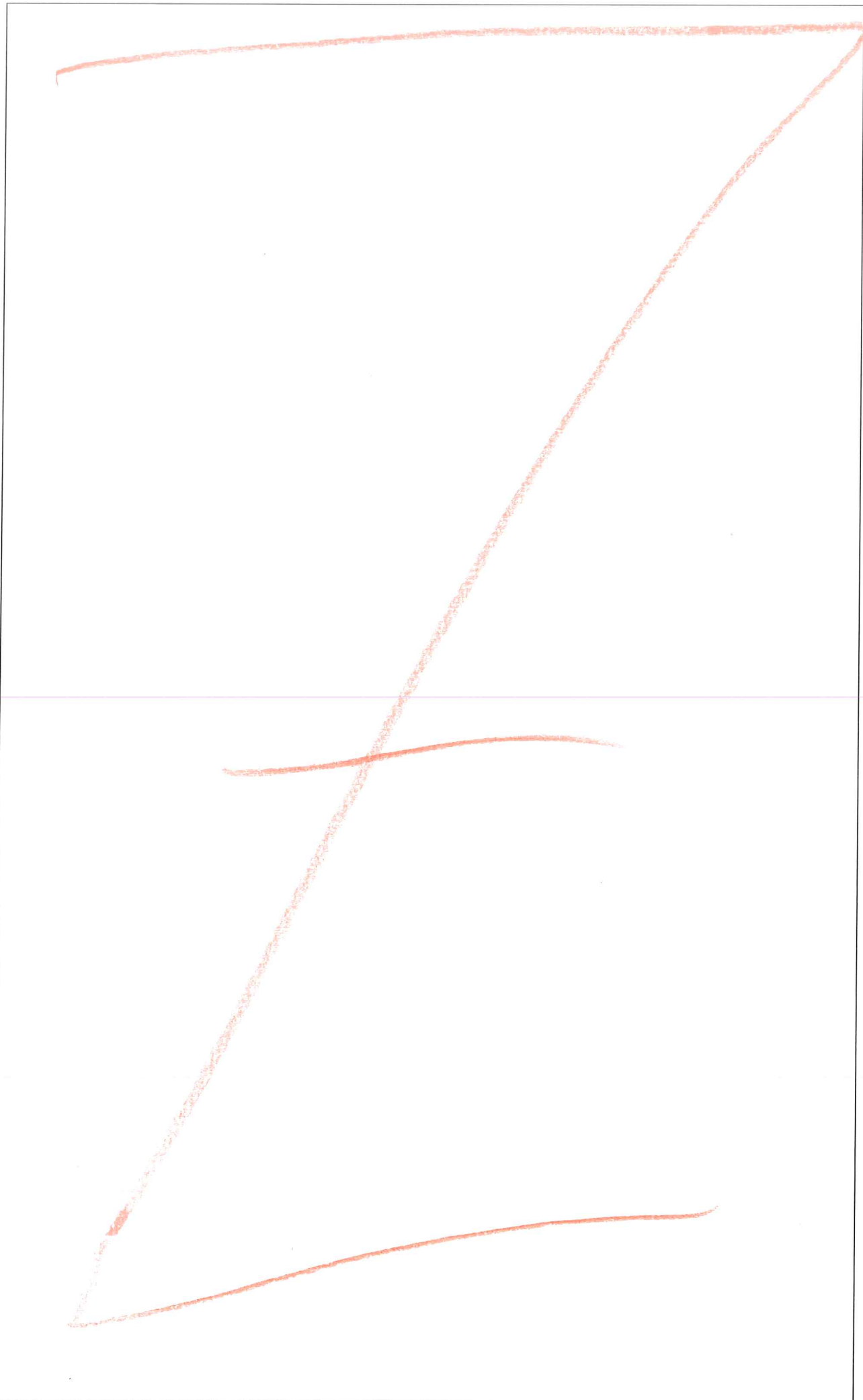
$W = q = CU$
 $F = \frac{CU^2}{d}$

$F = \frac{\epsilon_0 l x}{d^2} \cdot U^2$

$\omega^2 = \frac{F}{m}$
 $\omega = \frac{U}{d} \sqrt{\epsilon_0 l x m} = \frac{100}{10^{-3}} \cdot \sqrt{9 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1}$

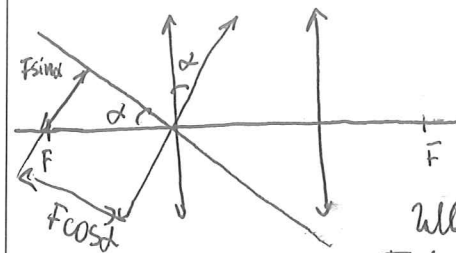
$F = \left(\frac{U}{d}\right)^2 \cdot \epsilon_0 l (\epsilon l - \epsilon x - x) = \left(\frac{U}{d}\right)^2 \cdot \epsilon_0 l \left(\frac{\epsilon l - (\epsilon + 1)x}{4 \cdot 0,2}\right)$

$\frac{1,712}{10}$
$\frac{7,5}{3,9}$
$\frac{7,5}{7,5}$
$\frac{225}{23,25}$



51-08-45-56
(1.5)

№ 4



Рассмотрим проекции положения главной оптической оси первой линзы после её поворота: источник стал отстоять от главной оптической оси на расстоянии $F \sin \alpha$, а по ней располагается на $F \cos \alpha$

Даншим ур-ние тонкой линзы: (где d - расстояние до изображения)
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{F \cos \alpha} + \frac{1}{d} \Leftrightarrow \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \left(1 - \frac{1}{\cos \alpha}\right) \Leftrightarrow d = F \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha - 1}$
 $d < 0$ - равносильно тому, что изображение - мнимое.

Найдем на сколько отстоит от главной оптической оси изображение в первой линзе; Из подобия:

$$\frac{F \sin \alpha}{F \cos \alpha} = \frac{h}{F \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha - 1}} \Leftrightarrow \sin \alpha = \frac{h(\cos \alpha - 1)}{F} \Leftrightarrow h = \left| F \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha - 1} \right|$$

Найдем на сколько уменьшено изображение ^{от} первой линзы относительно второй. Ответ Из подобия следует, что высота изображения источника уменьшается на первоначальной главной оптической оси, значит:

$$F' = \sqrt{h^2 + d^2} + F = F \left(\sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{(\cos \alpha - 1)^2} + \frac{\cos^2 \alpha}{(\cos \alpha - 1)^2}} + 1 \right) = F \sqrt{\frac{1}{1 - \cos \alpha} + 1}$$

Тогда по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F'} + \frac{1}{D} \Leftrightarrow D = \frac{F F'}{F' - F} = \frac{F \cdot F \left(\frac{2 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \right)}{\left(\frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - 1 \right) F} = F \cdot \frac{2 - \cos \alpha}{2 - \cos \alpha - 1 + \cos \alpha} = F(2 - \cos \alpha)$$

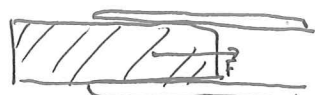
Поскольку источник отстоит от второй линзы на $2F$:

$$l_0 = D + 2F = F(4 - \cos \alpha) = 7,5 \cdot \left(4 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \approx 7,5 \cdot (4 - 0,9) \approx 23,25 \text{ см}$$

Ответ 23,25 см.

Использовал 3 из 4

Задача №5



- $l = 20 \text{ см}$
- $V = 100 \text{ В}$
- $d = 1 \text{ мм}$
- $\pi = 0,1 \text{ мм}$
- $m = 10 \text{ г}$
- $\epsilon = 4$
- $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

Поскольку диэлектрик немого смещается из конденсатора — возникает возвращающая сила со стороны пустой части конденсатора. Рефлекса можно записать второй закон Ньютона:

$$m \ddot{x} = -F(x) \Leftrightarrow m \ddot{x} + F(x) = 0 \quad (1)$$

Найдем емкость конденсатора

Известно, что параллельно подключенные конденсаторы можно заменить эквивалентным, сложив их емкости. В нашем случае проверим эту операцию в обратном порядке, разобрав на внутреннюю и на внешнюю части. Их емкости соответственно:

$$C = \epsilon_0 \frac{l x}{d} \quad \text{и} \quad C_{\text{внеш}} = \epsilon \epsilon_0 \frac{l(l-x)}{d}$$

Известно, что:

$$\begin{cases} F = qE \\ V = Ed \\ q = CU \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F = qF \\ E = \frac{U}{d} \\ q = CU \end{cases} \Leftrightarrow F = \frac{CU^2}{d}, \text{ тогда:}$$

$$F = \frac{(C_{\text{внеш}} - C) U^2}{d} = \frac{U^2}{d^2} \epsilon_0 l (\epsilon l - (\epsilon + 1)x) \quad F = \epsilon_0 \frac{l x}{d^2} U^2$$

Вернемся к уравнению (1):

$m \ddot{x} + F(x) = 0 \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{\epsilon_0 l U^2}{d^2} x = 0$ — что является уравнением гармонических колебаний, значит, что:

$$\omega^2 = \frac{\epsilon_0 l U^2}{d^2} \Leftrightarrow \omega = \frac{U}{d} \sqrt{\epsilon_0 l} = \frac{100}{10^{-3}} \cdot \sqrt{9 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2} = 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \approx 1,5 \cdot 10^{-1} = 0,15 \frac{1}{\text{с}}$$

Ответ $0,15 \frac{1}{\text{с}}$

$\epsilon = 4$
 $T = 4,35 \text{ с}$
числовик 4 мс 4

