



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 3

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

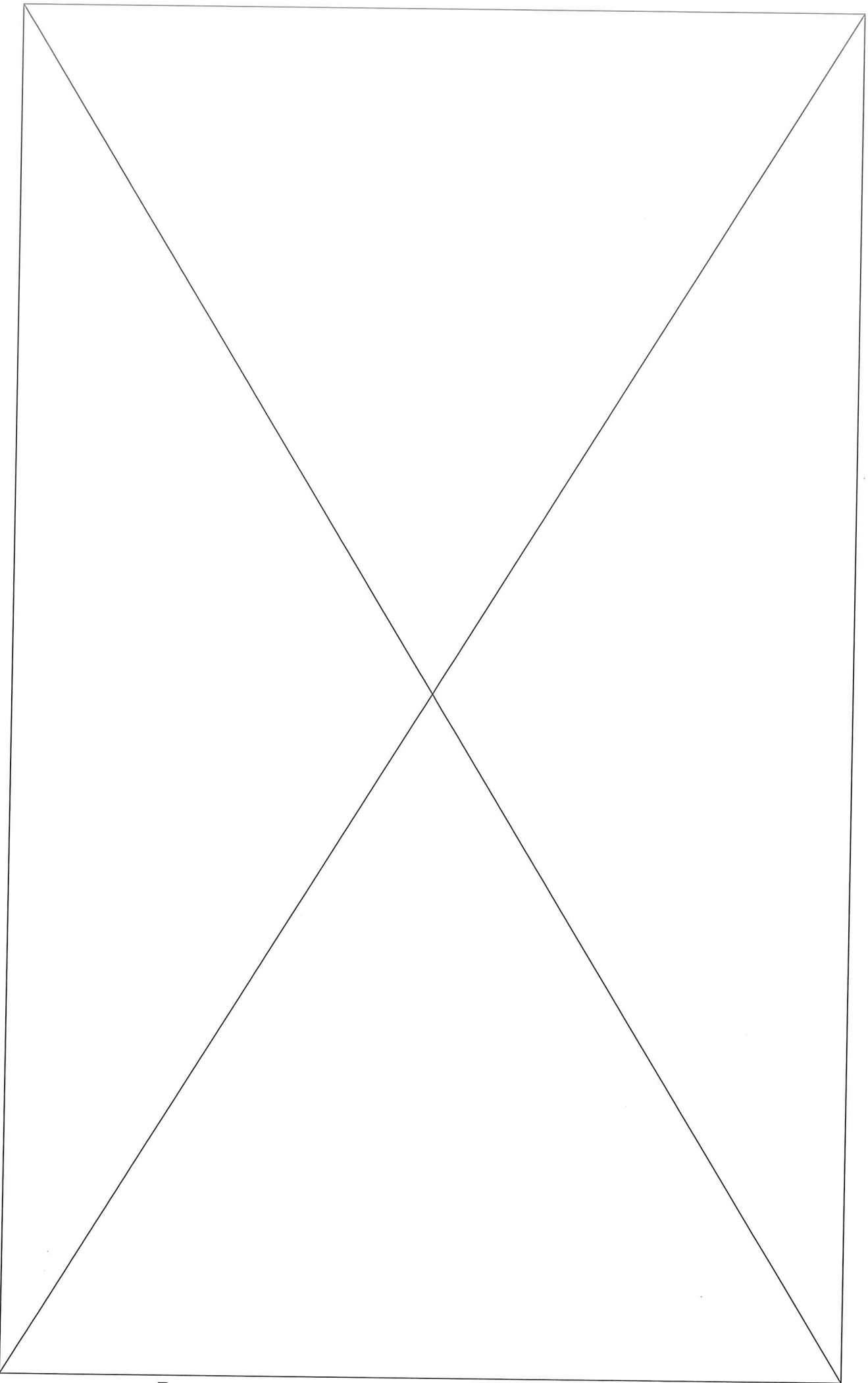
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

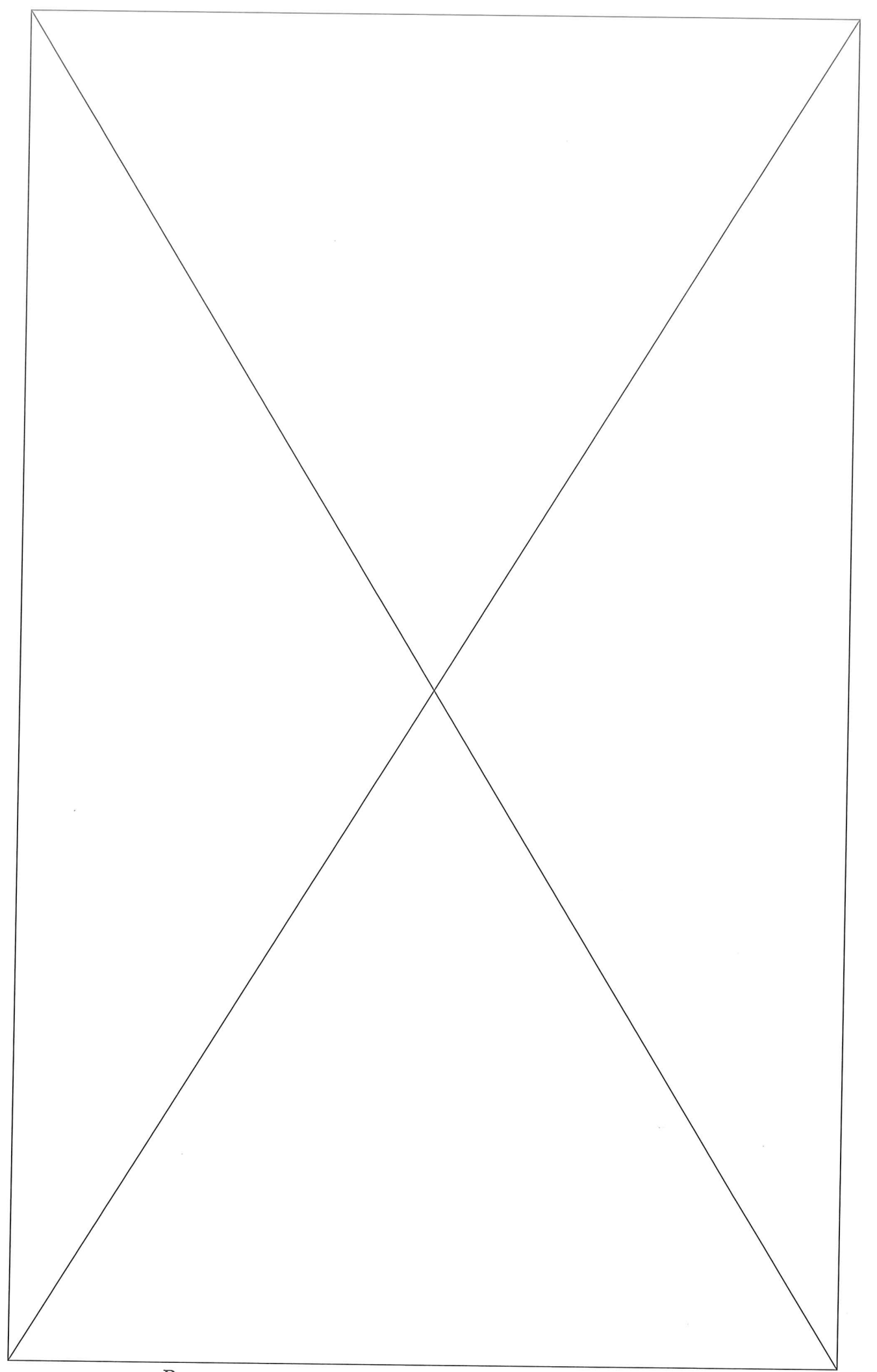
Шувалова Анастасия Александровна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
[подпись]



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Черновик

$$W_1 + W_2 = \frac{\sigma^2 S_1 d}{2 \epsilon \epsilon_0} + \frac{\sigma^2 S_2 d}{2 \epsilon_0} = \text{const}$$

$$\sigma = \frac{\epsilon_0 U_0}{d} \quad S_1 = l(l-x), \quad S_2 = lx$$

$$\frac{\epsilon^2 U_0^2 l(l-x)d}{d^2 2 \epsilon \epsilon_0} + \frac{\epsilon^2 U_0^2 lx d}{d^2 2 \epsilon_0} = \text{const}$$

$$= \frac{\epsilon^2 U_0^2 l}{2d\epsilon} \left(\frac{l-x}{\epsilon} + x \right) + \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{\epsilon U_0^2 l(l-x + \epsilon x)}{2d\epsilon} + \frac{m \dot{x}^2}{2} = \frac{\epsilon U_0^2 l(l + (\epsilon-1)x)}{2d} + \frac{mv_m^2}{2} = \text{const}$$

$$\frac{\epsilon U_0^2 l^2}{2d\epsilon} + \frac{\epsilon U_0^2 l(\epsilon-1)x}{2d\epsilon} + \frac{m \dot{x}^2}{2} = \text{const}$$

z

$$v(t) = \frac{F}{m} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$x(0) = x_m \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$v_m = \frac{2\pi x}{T}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

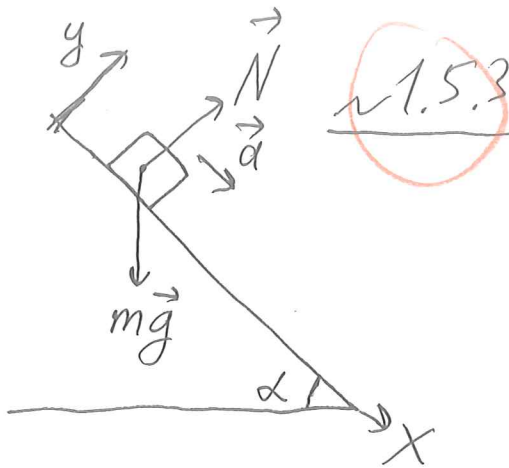
$$x(0) = x_m \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$v(0) = 0 \Rightarrow \sin \varphi_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$v_m = x \cdot \omega; \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

99-08-17-13
(34)

Чистовик



II закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$$

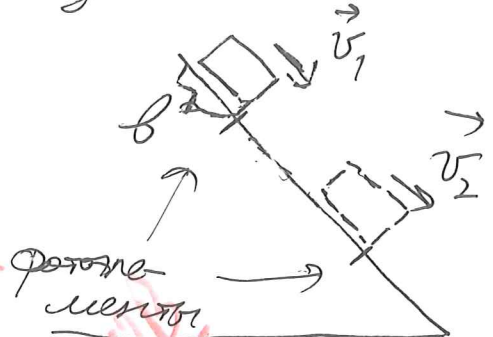
трение нет, т.к. поверхность гладкая.

ось X идет по наклонной поверхности, ось Y перпендикулярна ей,

$$\begin{cases} \text{OX: } mg \sin \alpha = ma \\ \text{OY: } mg \cos \alpha = N \end{cases}$$

$$\Rightarrow a = g \sin \alpha$$

по оси Y тело не движется



Пусть к тому элементу бруска приближимся со скоростью v_1 .

За время, на которое брусок перекрывает фотопл-т,

он проходит ровно свою длину b , тогда:

$$\begin{cases} b = v_1 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} \\ b = v_2 t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \end{cases}$$

v_2 - скорость, с которой брусок подвезтает по земле эл-т.

При этом за время t движение между эл-тами его скорость меняется от v_1 к v_2 ;

$$v_2 = v_1 + at$$

$$\begin{cases} b = v_1 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} \\ b = (v_1 + at) t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b - \frac{a t_1^2}{2} = v_1 t_1 \\ b - \frac{a t_2^2}{2} - a t t_2 = v_1 t_2 \end{cases}$$

1	10	20	30	40	50	60	70	80
2	20	40	60	80	100	120	140	160
3	30	60	90	120	150	180	210	240
4	40	80	120	160	200	240	280	320
5	50	100	150	200	250	300	350	400
6	60	120	180	240	300	360	420	480
7	70	140	210	280	350	420	490	560
8	80	160	240	320	400	480	560	640
9	90	180	270	360	450	540	630	720
10	20	40	60	80	100	120	140	160

Числовик

$$\Rightarrow \frac{b - \frac{a\tau_1^2}{2}}{b - \frac{a\tau_2^2}{2} - a\tau\tau_2} = \frac{\tau_1}{\tau_2}$$

Handwritten scribbles

$$b\tau_1 - a\tau_2\tau_1\left(\frac{\tau_2}{2} + \tau\right) = b\tau_2 - \frac{a\tau_1^2\tau_2}{2}$$

$$b(\tau_1 - \tau_2) = a\tau_1\tau_2\left(\frac{\tau_2}{2} + \tau - \frac{\tau_1}{2}\right)$$

$$b = \frac{a\tau_1\tau_2(2\tau + \tau_2 - \tau_1)}{2(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{g\eta h d \tau_1 \tau_2 (2\tau + \tau_2 - \tau_1)}{2(\tau_1 - \tau_2)}$$

$$a = g\eta h d$$

$$b = \frac{10^{-4} \text{ Кл} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2\text{с} - 1\text{с} \cdot (2 \cdot 0,5\text{с} + 1\text{с} - 2\text{с})}{2 \cdot (2\text{с} - 1\text{с})} = 0,1 \text{ м}$$

Ответ: $b = \frac{g \cdot \eta \cdot h \cdot d \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot (2\tau + \tau_2 - \tau_1)}{2(\tau_1 - \tau_2)} = 0,1 \text{ м}$

Дано:

- $V = 30 \text{ м}^3$
- $T = 273 \text{ К}$
- $\Delta m = 1 \text{ кг}$
- $\lambda_k = 33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
- $\rho_n = 23 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
- $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$
- $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$$T = 273 \text{ К} \Rightarrow t = 0^\circ \text{C}$$

После попадания сосуда в открытую коллимату, в нём будет происходить парообразование до тех пор, пока не установится равновесие, т.е. пока водяной пар не станет насыщенным. Температуры и шем, и окр. среды равна $t = 0^\circ \text{C}$. Тогда $p_{\text{нас}} V = \frac{m \eta}{\mu} RT$

ЧЕРНОВИК

$$U_0 \leq 1000 \text{ В}$$

$$d = 1 \text{ мм}$$

$$m = 10$$

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$\lambda < d < \lambda_0$$

$$T = 435 \text{ К}$$

$$\epsilon = 4$$

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

$$l = ?$$

Handwritten calculations and diagrams:

- Arithmetic: $11 \cdot 83083 = 913913$, $83083 + 75530 + 7553 = 166166$, $913913 + 166166 = 1080079$
- Diagram: A rectangular plate with width d and length l . A coordinate x is shown along the length.
- Equation: $l = \frac{83083}{138} = 602$
- Diagram: A cross-section of a capacitor with two plates of length l and separation d .
- Equation: $600 + 80 + 48 = 728$
- Diagram: A capacitor with two plates of length l and separation d .
- Equation: $160 + 56 = 216$, $216 + 67 = 283$
- Equation: $\epsilon = \frac{S}{d}$
- Equation: $C_1 = \epsilon \epsilon_0 \frac{S_1}{d}$
- Equation: $C_2 = \epsilon \frac{S_2}{d} \approx 0,89 \text{ нм}$
- Equation: $Q_1 = \sigma S_1$, $Q_2 = \sigma S_2$
- Equation: $W_1 + W_2 = \text{const}$
- Equation: $W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{\sigma^2 S_1^2}{2 \epsilon \epsilon_0 \frac{S_1}{d}}$; $W_2 = \frac{Q_2^2}{2C_2} = \frac{\sigma^2 S_2^2}{2 \epsilon \frac{S_2}{d}}$

Handwritten scribbles

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

$$\begin{cases} \sigma = \frac{Q}{S} \\ Q = C U_0 \\ C = \epsilon \frac{S}{d} \end{cases}$$

$$\sigma = \frac{\epsilon \frac{l^2}{d} U_0}{e^2} = \frac{\epsilon U_0}{d}$$

$$W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{\sigma^2 S_1^2}{2 \epsilon \epsilon_0 \frac{S_1}{d}}$$

Large handwritten scribbles

Handwritten scribbles

$V = 30 \text{ м}^3$
 $T = 273 \text{ К} = 0^\circ \text{C}$
 λ, ρ, μ, R
 $p_{\text{нас}} = ?$

2.3.3

$$p_{\text{нас}} V = \frac{m_p}{\mu} R T$$

$$p_{\text{нас}} = \frac{m_p R T}{\mu V}$$

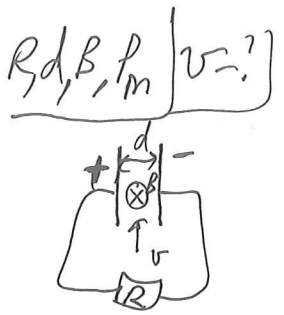
$$Q_{\text{кр}} = Q_{\text{исп}} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{кр}} = \Delta m \lambda$$

$$Q_{\text{исп}} = m_p \cdot 2$$

$$p_{\text{нас}} = \frac{\Delta m \lambda R T}{2 \mu V}$$

МЕР КОВАРИ



3.3.3

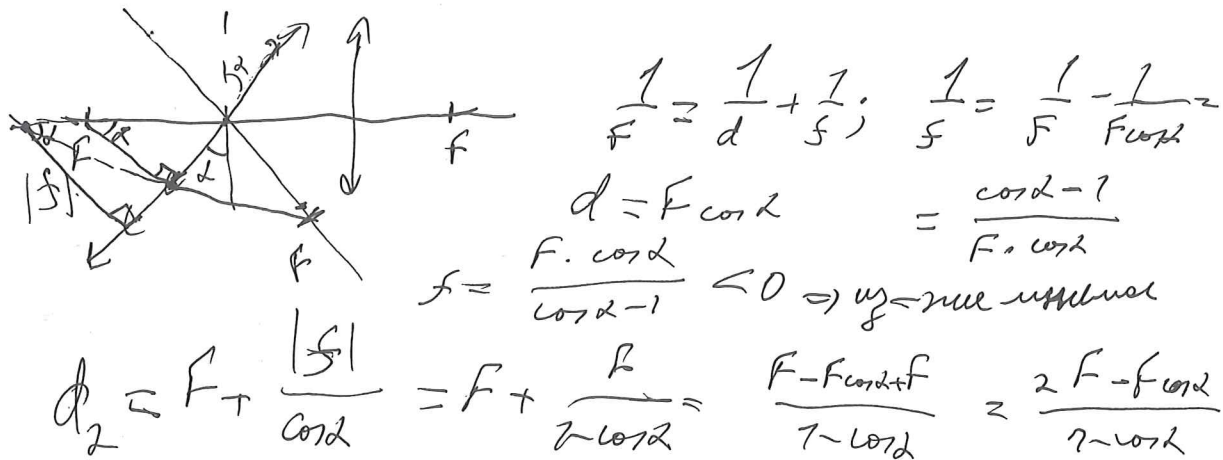
$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\mathcal{E}_i = B d v$$

$$\Delta \Phi = B d v \Delta t$$

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

$$v = \frac{\sqrt{RP}}{Bd} = \frac{\sqrt{0,4 \cdot 10^{-3}}}{1,94} = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}}}{1,94} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{1,94} = \frac{20}{194} = \frac{1}{9,7} = 0,05 \text{ м/с}$$



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}; \quad X = 2F + f_2$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1 - \cos \alpha}{F(2 - \cos \alpha)} = \frac{2 - \cos \alpha - 1 + \cos \alpha}{F(2 - \cos \alpha)}; \quad f_2 = F(2 - \cos \alpha)$$

$$X = 2F + f_2(2 - \cos \alpha); \quad \frac{X}{F} = 2 + 2 - \cos \alpha; \quad \cos \alpha = 4 - \frac{X}{F} = 4 - \frac{23,5}{7,5} = 4 - \frac{235}{75} = 4 - \frac{47}{15} = \frac{13}{15}$$

99-08-17-13
(34)

m_p - масса пара Чистовик
 Т.к. $t_{\text{сред}} = t_{\text{шес}} = 0^\circ \text{C}$, тепле на парообразование будет "братви" из кристаллизации ~~воды~~ воды в лёд.

$$Q_{\text{пар}} = Q_{\text{крис}}$$

$$Q_{\text{пар}} = m_p \cdot 2\mu$$

$$Q_{\text{крис}} = \Delta m \lambda_k$$

$$p_{\text{нас}} V = \frac{m_p}{\mu} R T$$

Δm - масса кристал. льда

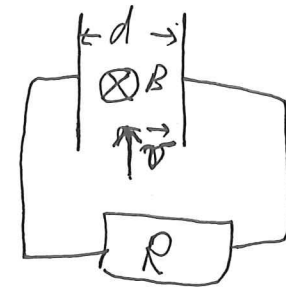
$$\Rightarrow m_p = \frac{\lambda_k \Delta m}{2\mu}; \quad p_{\text{нас}} = \frac{\lambda_k \Delta m R T}{2\mu \mu V}$$

$$p_{\text{нас}} = \frac{33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}}{33 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 30 \text{ м}^3} = 602 \text{ Па}$$

Ответ: $p_{\text{нас}} = \frac{\lambda_k \Delta m R T}{2\mu \mu V} = 602 \text{ Па}$

Дано:
 $R = 0,4 \text{ Ом}$
 $d = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P_m = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$
 $U = ?$

3.3.3



В гальванической цепи протекает ток под действием магнитного поля будет возникать ЭДС индукции.

$$|\mathcal{E}_i| = \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}$$

$$\Delta \Phi = B \Delta S = B d \cdot l = B d \cdot v \Delta t$$

$$\Rightarrow |\mathcal{E}_i| = B d v$$

за время Δt мощность "новой" энергии, проходящей между пластинами равна $d v \Delta t$.

Мощность на резисторе $P_m = \frac{U^2}{R} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R}$

у мощности тоже есть сопротивление
потенциал индукции $P_i = \frac{U^2}{R}$
это и есть P_m

$$P_m = \frac{B^2 d^2 v^2}{R}; v = \frac{\sqrt{P_m R}}{Bd}$$

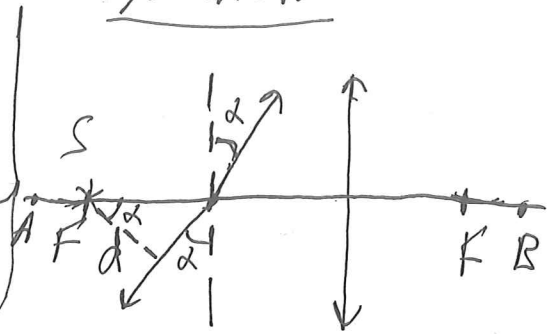
Числовик

$$v = \frac{\sqrt{10^{-3} \text{ Вт} \cdot 0,4 \text{ Ом}}}{1 \text{ Тл} \cdot 0,4 \text{ м}} = 0,05 \text{ м/с} = 5 \text{ см/с}$$

Х Ответ: $v = \frac{\sqrt{P_m R}}{Bd} = 5 \text{ см/с}$

Дано:
 $F = 7,5 \text{ см}$
 $X = 23,5 \text{ см}$
 $d = ?$

№ 4.10.3



Х

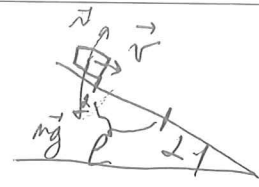
Расстояние от источника до 1-ой линзы после её поворота равно $d = F \cdot \cos \alpha < F \Rightarrow$ изображение в 1-ой линзе будет мнимым. Это изображение можно рассматривать как источник для 2-ой линзы, при этом он будет действительным.

Заметим, что луч, идущий от источника S по AB, проходит через оптические центры обеих линз и не преломляется, т.е. и мнимое изображение в 1-ой линзе, и "конечное" изображение во 2-ой линзе будут лежать на AB. При этом AB - главная оптическая ось 2-ой линзы.

Для 1-ой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad f - \text{расстояние от 1-ой линзы до мнимого изображения}$$

Черновик



$$\frac{16 \cdot 314^2 \cdot 10^{-9}}{435^2 \cdot 27 \cdot 10^{-8}} = \frac{16 \cdot 91 \cdot 314^2}{435^2}$$

g, T1, T2

$$ma = mg \cdot \sin \alpha \quad \frac{314}{435} \approx \frac{1}{27} \cdot (0,722)^2$$

с!

$$a = g \cdot \sin \alpha \quad \frac{314 \cdot 9,8}{435} = \frac{16 \cdot 0,521284}{27} \text{ м}$$

$$v_1 = 2800 + 220 + 35 = 3045$$

$$v = v_1 t_1 + \frac{a t_1^2}{2}$$

$$v = v_2 t_2 + \frac{a t_2^2}{2} \Rightarrow v - \frac{a t_2^2}{2} = v_1 t_1$$

$$v_2 = v_1 + a t$$

$$0,521284$$

$$v - \frac{a t_1^2}{2}$$

$$\frac{7444}{4900 + 734} = 5083$$

$$\frac{722}{17444} = 5083$$

$$\frac{521284}{183408} = 27$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\frac{183408}{27} = 6793$$

$$\Rightarrow \frac{v - \frac{a t_1^2}{2}}{v_1} = \frac{t_1}{t_2}; \quad v t_2 - \frac{a t_1^2 t_2}{2} = v t_1 - \frac{a t_1^2 t_1}{2}$$

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

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

$$v = \frac{10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 0,57 + 1 - 2)}{2(2 - 1)} = \frac{10 \cdot (0,02)}{2} = 0,1 \text{ м}$$

$$v = \frac{10 \cdot (0,02)}{2} = 0,1 \text{ м}$$

$$v = \frac{10 \cdot (0,02)}{2} = 0,1 \text{ м}$$

$$\left(\frac{3,14}{4,35}\right)^2 \approx \left(\frac{0,72}{1}\right)^2$$

$$v_m = \frac{2\pi X}{T}$$

Чертовик

$$\frac{76,9}{27,16} = \epsilon_0 U_0^2 \ell (1 + (\epsilon - 1)X)$$

$$\frac{\epsilon \epsilon_0 U_0^2 \ell (1 + (\epsilon - 1)X)}{2d} = \frac{4\pi^2 \cdot 0,0001 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ Кл} \cdot 0,01 \text{ м} \cdot 4}{9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 10000 \text{ В}^2 \cdot (4-1) \cdot 4,35^2 \text{ с}^2} =$$

$$\frac{\epsilon_0 \ell U_0^2 (1 + (\epsilon - 1)X)}{d} = m v_m^2 = \frac{76 \pi^2 \cdot 70}{9 \cdot 3 \cdot 4,35^2 \cdot 10^{-8}} =$$

$$v_m = \frac{\epsilon_0 \ell U_0^2 (1 + (\epsilon - 1)X - \epsilon^2 \ell)}{m d} = \frac{16 \pi^2}{27 \cdot 4,35^2} =$$

$$\frac{(\sigma_1)^2}{2\epsilon\epsilon_0 \frac{s_1}{d}} + \frac{(\sigma_2)^2}{2\epsilon_0 \frac{s_2}{d}} = \frac{\sigma_1^2 s_1 d}{2\epsilon\epsilon_0} + \frac{\sigma_2^2 s_2 d}{2\epsilon_0} = \frac{d \sigma^2}{2\epsilon_0} \left(\frac{s_1(1-X)}{\epsilon} + s_2 \right) =$$

$$s_1 = \ell(1-X); s_2 = \ell; \sigma = \frac{C_0 U_0}{\ell^2} = \frac{\epsilon_0 \ell^2 U_0}{\ell^2 d} = \frac{\epsilon_0 U_0}{d}$$

$$= \frac{d}{2\epsilon_0} \cdot \frac{\epsilon_0^2 U_0^2}{d^2} \cdot \left(\frac{\ell^2(1-X + \epsilon X)}{\epsilon} \right) = \frac{\epsilon_0 U_0^2 \ell (1-X + \epsilon X)}{2d \epsilon}$$

$$W_m = \frac{q^2}{2C} = \frac{(\epsilon_0 \frac{\ell U_0}{d})^2}{2 \cdot \epsilon \epsilon_0 \frac{\ell^2}{d}} = \frac{\epsilon_0 \ell^2 U_0^2}{d^2 2 \epsilon \epsilon_0 \ell^2} = \frac{\epsilon_0 \ell^2 U_0^2}{2d \epsilon}$$

$$\frac{\epsilon_0 U_0^2 \ell (1 + (\epsilon - 1)X)}{2d \epsilon} = \frac{\epsilon \ell^2 U_0^2}{2d \epsilon} + \frac{m v_m^2}{2}$$

$$\frac{\epsilon U_0^2 \ell (1 + (\epsilon - 1)X - \epsilon)}{d \epsilon} = m v_m^2, \quad m v_m^2 = \frac{\epsilon_0 U_0^2 \ell (1 - 1)X}{m d \epsilon}$$

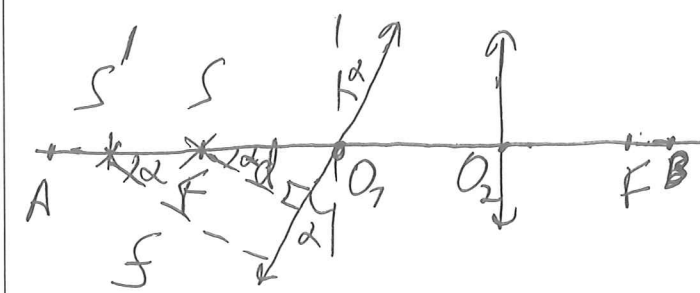
$$\frac{4\pi^2 X^2}{T^2} = \frac{\epsilon_0 U_0^2 \ell (1 - 1)X}{m d \epsilon}, \quad \epsilon_0 U_0^2 \ell (1 - 1)X = \frac{4\pi^2 X^2 m d \epsilon}{T^2}$$

$$\ell = \frac{4\pi^2 X m d \epsilon}{\epsilon_0 U_0^2 (1 - 1) T^2}$$

99-08-17-13
(3.4)

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

Чистовик



Тогда $s_{O_1} = \frac{|F|}{\cos \alpha} = \frac{F}{1 - \cos \alpha}$

7

$O_1, O_2 = F$ - по условию.

Тогда $d_2 = F + \frac{F}{1 - \cos \alpha} = \frac{F(2 - \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha}$ - расстояние от источника до изображения (источника гребней волны) до гребней волны

Формула гребней волны гребней волны:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}, \quad f_2 - \text{расстояние от 2-й волны до изображения}$$

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

$$f_2 = F(2 - \cos \alpha)$$

Тогда $X = s_{O_1} + O_1 O_2 + f_2 = 2F + F(2 - \cos \alpha) = F(4 - \cos \alpha)$. $4 - \cos \alpha = \frac{X}{F}$; $\cos \alpha = 4 - \frac{X}{F}$

$$\cos \alpha = 4 - \frac{23,5 \text{ м}}{7,5 \text{ м}} = 4 - \frac{47}{15} = \frac{13}{15}$$

$$\alpha = \arccos \frac{13}{15}$$

7
200

Ответ: $\alpha = \arccos \left(4 - \frac{X}{F} \right) = \arccos \left(\frac{13}{15} \right)$

№5.2.3.

Числовик

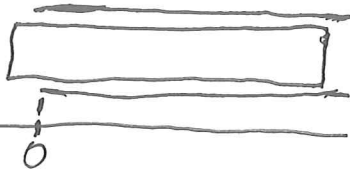
$U_0 = 100 \text{ В}$
 $d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$
 $m = 10^{-2} = 10^{-2} \text{ кг}$
 $x = 0,1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м}$
 $T = 4,35 \text{ с}$
 $\epsilon = 4$
 $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
 $x \ll d \ll l$

Если пластина совершает колебание, запишем ур-ние колебаний:

$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$

где $x(t)$ - координата крайней точки пластины, $x=0$ соответствует моменту, когда диэлектрик полностью перекрывает пластину.



7

Тогда составим условия:

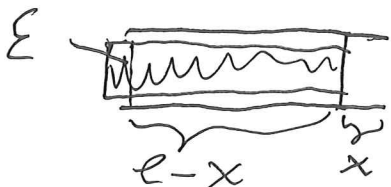
$\begin{cases} x(0) = x \\ v(0) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A \cos \varphi_0 = x \\ -A\omega \sin \varphi_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = x \\ \varphi_0 = 0 \end{cases}$

Тогда амплитуда колебаний $A = x$, $v_m = A\omega = x\omega$, v_m - максимальная скорость пластины. Пластина имеет v_m в момент, когда $x=0$, т.е. когда весь диэлектрик внутри пластин.

$\omega = \frac{2\pi}{T}$; $v_m = \frac{2\pi x}{T}$

Энергия в нач. момент времени;
 $x(0) = x, v = 0$

Можно считать как энергию двух плоских конденсаторов: площадь одного $S_1 = l(l-x)$ и нет диэлектрика ϵ , площадь другого $S_2 = lx$ и нет диэлектрика воздух.



Для нахождения заряда введём поверхностную плотность заряда $\sigma = \frac{q_0}{S_0}$

$q_0 = C_0 U_0; C_0 = \epsilon_0 \frac{S_0}{d} \Rightarrow \sigma = \frac{\epsilon_0 U_0}{d}$ Числовик

Энергия конденсатора без диэлектрика

$W_0 = W_1 + W_2 = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} \Rightarrow W_0 = \frac{\sigma^2 S_1 d}{2\epsilon \epsilon_0} + \frac{\sigma^2 S_2 d}{2\epsilon_0} =$
 $\left(\begin{matrix} q_1 = \sigma S_1; q_2 = \sigma S_2 \\ C_1 = \epsilon \epsilon_0 \frac{S_1}{d}; C_2 = \epsilon_0 \frac{S_2}{d} \end{matrix} \right) \Rightarrow W_0 = \frac{\sigma^2 d}{2\epsilon_0} \left(\frac{l(l-x)}{\epsilon} + lx \right) =$
 $= \frac{\sigma^2 d l (l-x + \epsilon x)}{2\epsilon_0 \epsilon} \approx \frac{\epsilon_0 U_0^2 l (l + (\epsilon - 1)x)}{2\epsilon d}$

Когда диэлектрик полностью перекрывает пластины энергию можно считать как энергию конденсатора с диэлектриком ϵ ,

$W_k = \frac{q^2}{2C}$

$q = q_0 = C U_0 = \frac{\epsilon_0 S_0 U_0}{d} \Rightarrow W_k = \frac{\epsilon_0 S_0 U_0^2}{2d\epsilon}$

$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S_0}{d}; S_0 = l^2 \Rightarrow W_k = \frac{\epsilon_0 U_0^2 l^2}{2d\epsilon}$

ЗСЭ: $W_0 = W_k + E_k; E_k = \frac{m v_m^2}{2}$
 $\frac{\epsilon_0 U_0^2 l (l + (\epsilon - 1)x)}{2\epsilon d} = \frac{\epsilon_0 U_0^2 l^2}{2d\epsilon} + \frac{m v_m^2}{2}$

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

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

$l = \frac{4,374^2 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{4,35^2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 10^4 \cdot (4 - 1)} \approx 0,037 \text{ м}$

Решение: $l = \frac{4\pi^2 x \epsilon d m}{T^2 \epsilon_0 U_0^2 (\epsilon - 1)} \approx 3,7 \text{ см}$

14(2) Расчетные размеры для конденсатора

7

7