



Выход: 16:56 *МГ*
Возврат: 16:59 *МГ*

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

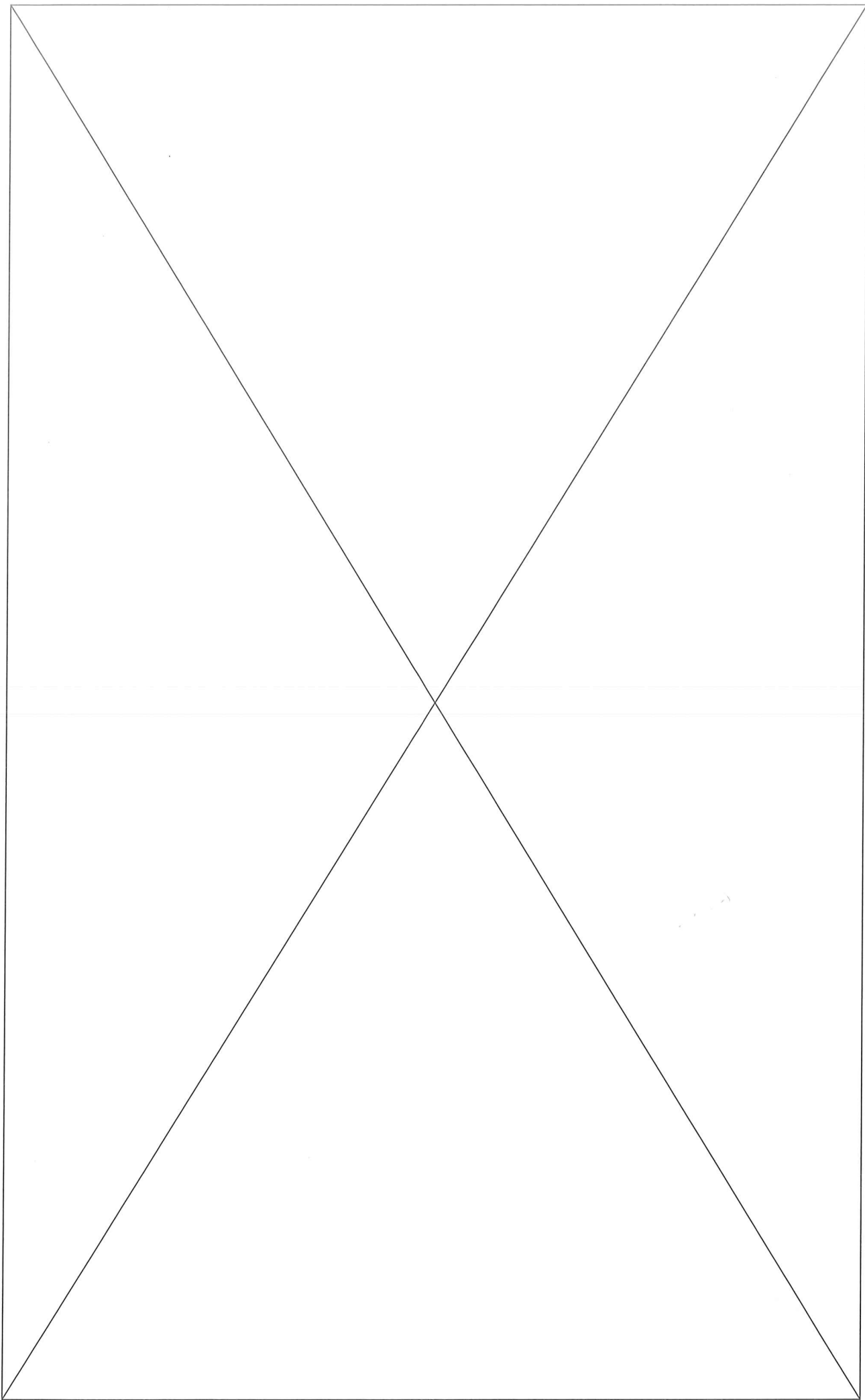
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

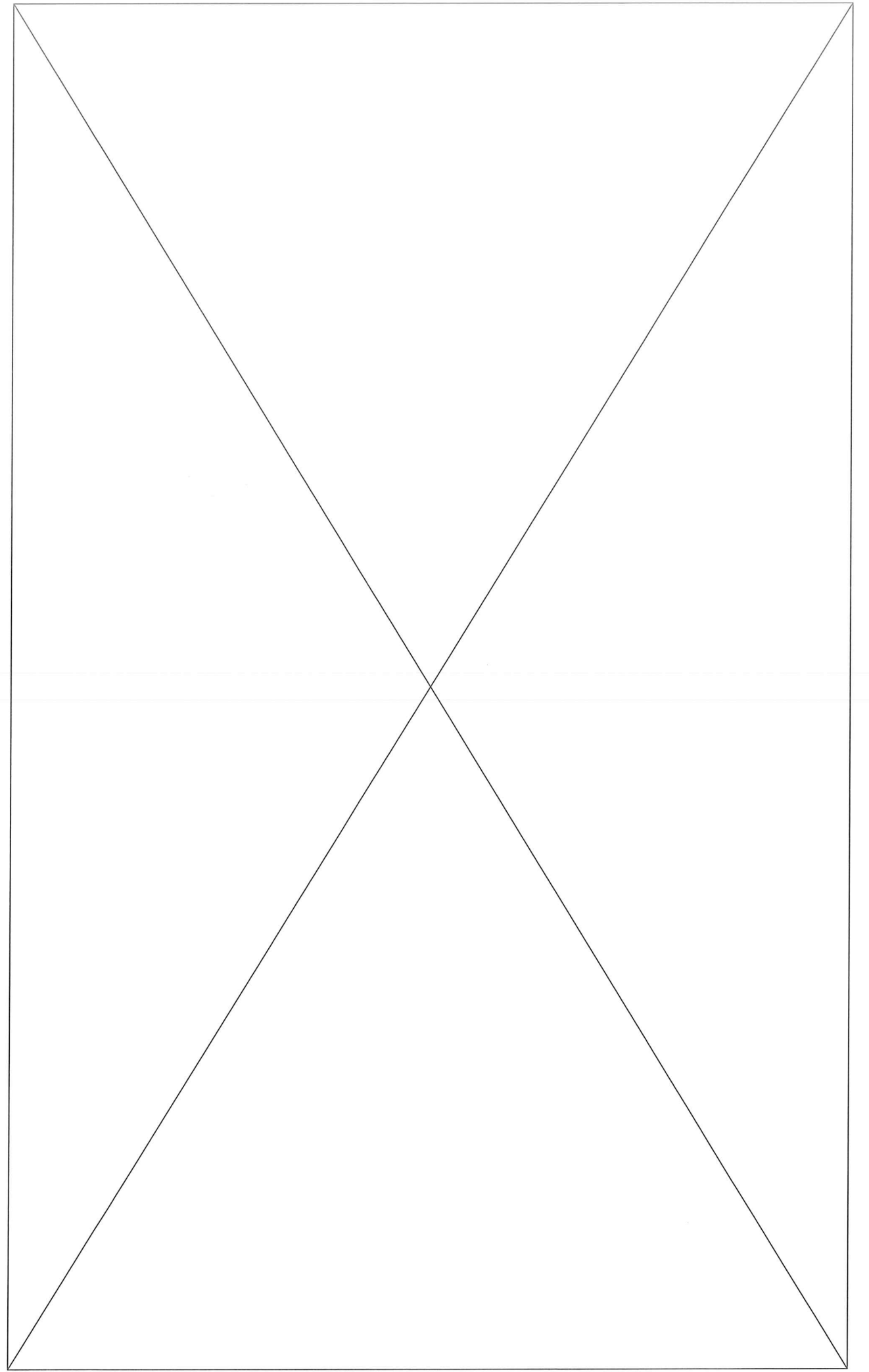
Троценко Сергея Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«13» февраля 2026 года

Подпись участника
Троценко



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

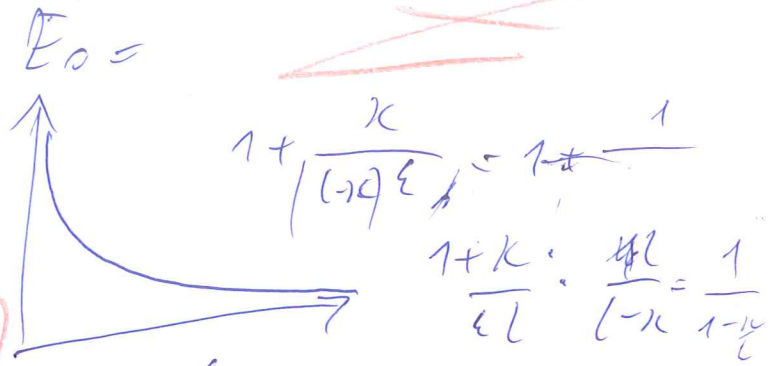
Черновик



$$\epsilon_{058} = \frac{\epsilon_0 l^2 \cdot p \cdot k \epsilon}{d} = \frac{\epsilon_0 l p k \epsilon}{d (p \epsilon + k)} = \frac{\epsilon_0 l k}{d} \cdot \frac{1}{1 + \frac{k}{p \epsilon}} = 1$$

$$\epsilon_{058} = \frac{\epsilon_0 l k}{d}$$

ϵ_{058}



$$C_1 = \frac{p \epsilon l \epsilon_0}{d}$$

$$C_2 = p$$

$$\frac{\epsilon_0 l k p k \epsilon}{d}$$

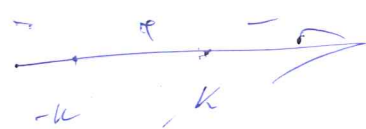
$$\frac{\epsilon_0 l k}{d (1 + \frac{k}{p \epsilon})}$$

$$\frac{\epsilon_0 l k}{d + \frac{d k}{p \epsilon}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{k \epsilon}{p}} = \frac{\epsilon_0 l k}{d + \frac{d k}{p \epsilon}} = \frac{\epsilon_0 l k}{d \cdot (1 + \frac{k}{p \epsilon})} = \frac{\epsilon_0 l k}{d}$$

$$\frac{\epsilon^2}{(k+p \epsilon)^2} \cdot p k = \frac{\epsilon^2 p}{(k+p \epsilon)^2} = \epsilon^2 \frac{p k}{(k+p \epsilon)^2}$$

$$f' = \frac{(k+p \epsilon)^2 - 2k(k+p \epsilon)}{(k+p \epsilon)^4}$$

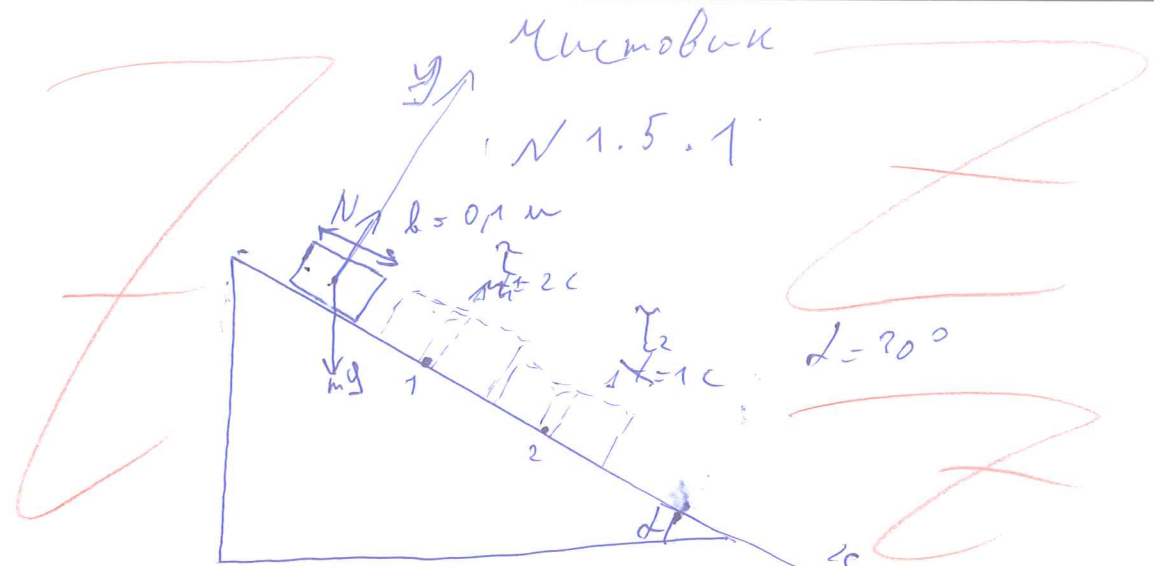
$$f' = \frac{(k+p \epsilon)(k-p \epsilon)}{(k+p \epsilon)^4}$$



$$\frac{\epsilon_0 l k}{d + \frac{d k}{p \epsilon}} = \frac{\epsilon_0 l k}{d \cdot (1 + \frac{k}{p \epsilon})} = \frac{\epsilon_0 l k}{d}$$

54-82-37-70
(1.5)

Черновик



1) Введем систему координат x, y , направим ox вдоль наклонной плоскости вниз, oy перпендикулярно ей.

2) Запишем 2 закона Ньютона в проекциях на x и y .
 $x: m g \sin \alpha = m a$. $y: N - m g \cos \alpha = 0$
 Моментов относительно центра, сил трения нет.
 $\Rightarrow a = g \sin \alpha$

3) За время t которое брусок перемещается формулы для скорости v и пути s .

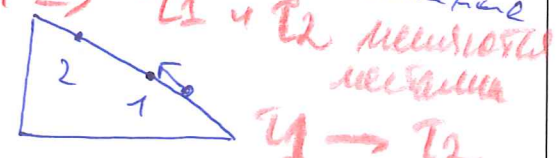
$$\Rightarrow v = v_{01} \cdot t_1 + a \frac{t_1^2}{2} \quad \text{и} \quad v = v_{02} \cdot t_2 + a \frac{t_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_{01} \cdot t_1 + a \frac{t_1^2}{2} = v_{02} \cdot t_2 + a \frac{t_2^2}{2}$$

$$2v_{01} + 2a = v_{02} + \frac{a}{2} \Rightarrow v_{02} = 2v_{01} + 2a$$

Зная v и a найдем v_{01} : $2v_{01} + g =$

Зная v и a найдем v_{01} : $2v_{01} + g =$
 За 2 и 1 секунды, при начальной скорости бруска направленная вверх, против ox . Следовательно положение бруска в $t=1$ и $t=2$ секунды: $v > 0, 1$



(Вероятно ошибка)
 91
 11
 20+5
 20+5
 20
 10
 10

Мистовик

Тогда $S_1 = -v_{01} \tau_1 + \frac{\sigma \tau_1^2}{2} = -v$ $S_2 = -v_{02} \tau_2 + \frac{\sigma \tau_2^2}{2}$

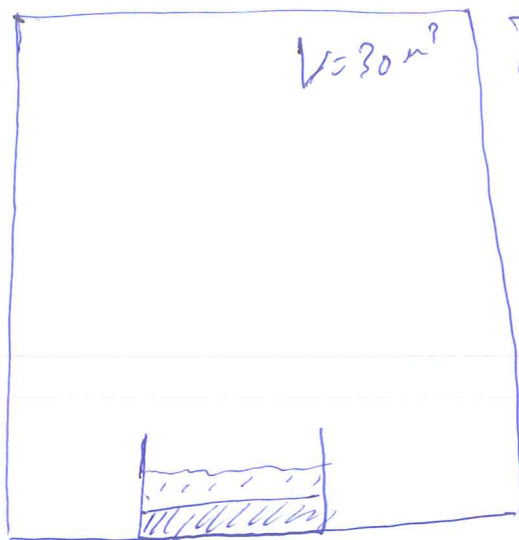
$-v_{01} \cdot 2 + 2\sigma = -0,1$ $-2v_{01} = -10,1 \frac{м}{с} \Rightarrow v_{01} = 5,05 \frac{м}{с}$

$-v_{02} \cdot 1 + \frac{\sigma}{2} = -0,1$ $-v_{02} = -2,6 \frac{м}{с} \Rightarrow v_{02} = 2,6 \frac{м}{с}$

$\Delta v = v_k t \Rightarrow \frac{(5,05 - 2,6)}{\sigma} = t$ $t = \frac{2,45}{5} = 0,49 с$

Отвеч: 0,49 с

№ 2.3.1



$T = 273 К$
 $\varphi_0 = 0$
 $P_n = 611 Па$
 $\lambda = 3,7 \cdot 10^{-5} \frac{Дж}{К \cdot м}$
 $\kappa_n = 2,3 \cdot 10^6 \frac{Дж}{К \cdot м^2}$
 $\rho = 8,7 \frac{Дж}{м^3 \cdot К}$
 $\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}$

1. В равновесии будет достигнуто в тот момент, когда вязкости буфер = 100%, тогда равнение на ро будет равно $P_n = 611 Па$

2. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для равновесного состояния:

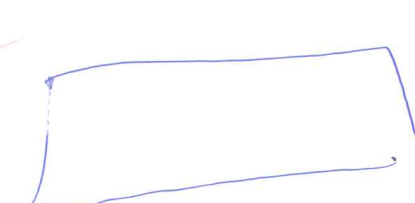
$P_n \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \Rightarrow P_n \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{P_n \cdot V \cdot \mu}{R \cdot T}$

3. При испарении буфер поглощает тепло, из-за этого начнет замерзать вода, пока пока $T = 273 К = 0^\circ C$. $\Rightarrow Q_{исп} = Q_{крист}$. $m \cdot \nu = m \cdot \lambda$

$\Rightarrow \Delta m = \frac{P_n \cdot V \cdot \mu \cdot T}{R \cdot \lambda} = \frac{611 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 2,7 \cdot 10^6}{8,7 \cdot 273 \cdot 3,7 \cdot 10^5} = \frac{611 \cdot 3 \cdot 1,8 \cdot 2,3}{8,7 \cdot 273 \cdot 3,717} = 0,6$

Мерников

№ 2.1.1



$V = 30 м^3$
 $T = 273 К = 0^\circ C$
 $P_n = 611 Па$

$P_n \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

$P_n \cdot V = \frac{m}{\mu} R T$ $m = \frac{P_n \cdot V \cdot \mu}{R T}$

$Q_1 = Q_2$ $Q_1 = m \cdot \lambda = \frac{P_n \cdot V \cdot \mu}{R T}$

$\frac{P_n \cdot V \cdot \mu}{R T} = \Delta m \cdot \lambda \Rightarrow \Delta m = \frac{P_n \cdot V \cdot \mu}{\lambda \cdot R T}$

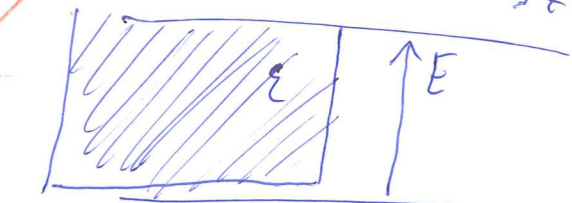
$\Delta m = \frac{611 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^6}{3,7 \cdot 10^5 \cdot 8,7 \cdot 273} = \frac{611 \cdot 1,8 \cdot 2,3}{3,7 \cdot 8,7 \cdot 273} = 0,6$

№ 2.2.1



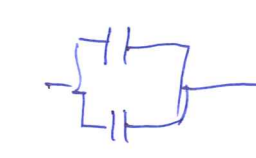
$q_0 = c_0 \cdot q$

$\frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \gg \mu$
 $c_0 = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$

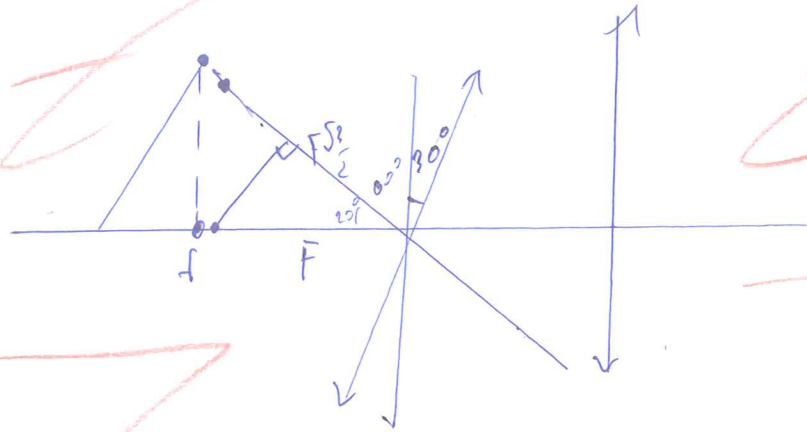


$q_0 = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \cdot \mu = const$

Блок



Черновик



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F \frac{\sqrt{3}}{2}} - \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} \cdot \frac{2}{1 - \sqrt{3}}$$

$$f_{1L} = f \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3}{4} F$$

$$f = \frac{F \frac{\sqrt{3}}{2}}{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f_2}$$

$$d = f_{1L} + F = f \left(\frac{3}{4} + 1 \right) = \frac{7}{4} F - \frac{\sqrt{3}}{2} F$$

$$d = \frac{7}{4} F - \frac{\sqrt{3}}{2} F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}{\left(\frac{7}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) F} + \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \left(\frac{\frac{7}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2} - 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{7}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2}} \right)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{\frac{7}{4} - \frac{\sqrt{3}}{2}} F$$

$$f_2 = \frac{7 - \sqrt{3}}{3} F = \frac{7 - 2\sqrt{3}}{3} F$$

$$k = F + f_2 = F + \frac{7 - 2\sqrt{3}}{3} F = \frac{10 - 2\sqrt{3}}{3} F$$

$$k = 25 - 5\sqrt{3}$$

54-82-37-70 (1.4)

числовик

$$\Delta m = \frac{611 \cdot 0,6 \cdot 2,3}{8,3 \cdot 91 \cdot 1,1}$$

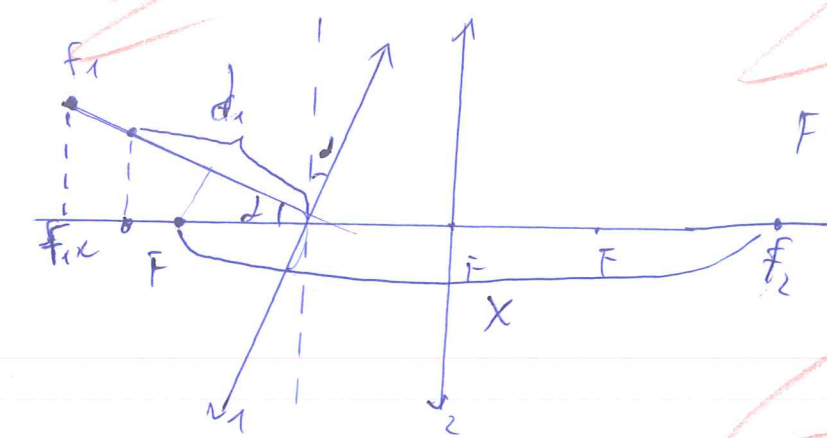
$$\Delta m = \frac{843,18}{830,63}$$

$$\Delta m = 1 \text{ кл}$$

$\begin{array}{r} 611 \\ \times 6 \\ \hline 3666 \\ + 10998 \\ \hline 7332 \end{array}$	$\begin{array}{r} 91 \\ \times 11 \\ \hline 91 \\ + 910 \\ \hline 1001 \end{array}$
$\begin{array}{r} 84318 \\ \times 1001 \\ \hline 84318 \\ + 8431800 \\ \hline 84318083 \end{array}$	$\begin{array}{r} 8431871 \\ - 8211014 \\ \hline 1200757 \\ - 8211014 \\ \hline 369643 \end{array}$

Ответ: 1 кл

№ 4.10.1



1. Плоская проекция на ось L_1 расстояния до оптического центра, $d_1 = F \cos \alpha = F \frac{\sqrt{3}}{2}$
По уравнению тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$
 $f_1 = F \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{1 - \sqrt{3}}$
2. Плоская проекция F_1 на ось линзы 2
 $f_{1L} = F_1 \cdot \cos \alpha = \frac{3}{4} F$
3. По уравнению тонкой линзы для линзы 2:
 $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_{1L} + F} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{7}{4} F - \frac{\sqrt{3}}{2} F} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \left(\frac{7 - \sqrt{3}}{4} - 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$
 $f_2 = \frac{7 - \sqrt{3}}{3} F = \frac{7 - 2\sqrt{3}}{3} F$

Черновик

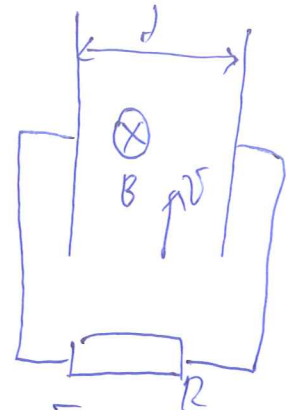
4. Погру $X = f_2 + f_{12} + F = \frac{7-2\sqrt{3}}{3} F + 2F = \frac{13-2\sqrt{3}}{3} F$

$X = (13-2\sqrt{3}) \cdot 2,5 = 32,5 - 5\sqrt{3} = 32,5 - 5 \cdot 1,7$

$X = 32,5 - 8,5 = 24 \text{ см}$

Ответ: 24 см

№3.3.1



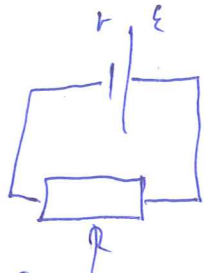
$v = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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

$R = 24 \text{ Ом}$

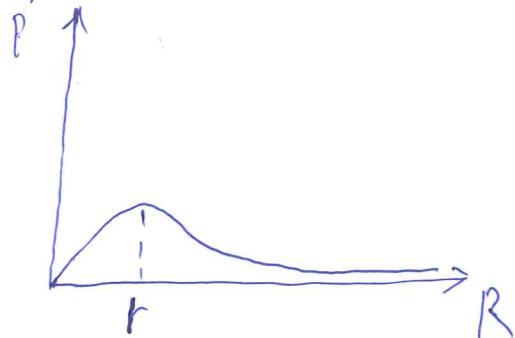
$\mathcal{E} = 1 \text{ В}$

- В проводящей среде будет возникать $F_x = qVB$, перемещая заряд. Вычислим по плоскости $u = \frac{F \cdot d}{q} = \frac{qVB \cdot d}{q} = BVd$
- Построим эквивалентную цепь:



$P = \frac{U_{\text{рез}}^2}{R}$

Объединяем, что зависимость $P(R)$ внешнего сопротивления $P_{\text{внеш}}(R)$ (показано голубым)

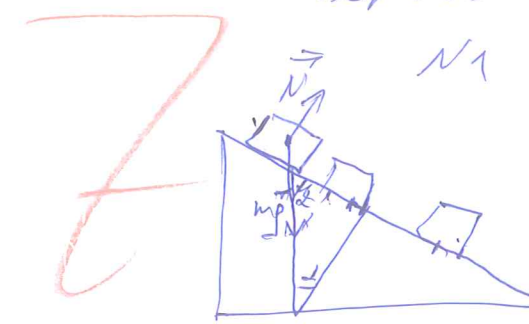


u $P_{\text{макс}} \text{ при } R=r$

$\Rightarrow r = R = 0,4 \Rightarrow u = \frac{\mathcal{E}R}{2R} = \frac{\mathcal{E}}{2}$

$P_m = \frac{u^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{4R} \Rightarrow \frac{(BVd)^2}{4R} = P_m$

Черновик



$\sigma = \rho \sin \theta$

$t = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$l = v = 0,1 \text{ м}$

$0,1 = v_{01} t_1 + \frac{a t_1^2}{2}$

$0,15 = 2v_0 + 2a$

$2v_{01} = -2,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$0,1 = v_{01} + 2a$

$v_{02} =$

$0,1 = v_{02} + \frac{a}{2}$

$10,1$

$\Rightarrow v_{02} = v_{01} + \frac{9a}{2}$

$v_{01} - \frac{9a t^2}{2} = 0,1$

$2V = \rho a t \Rightarrow t = 5 \frac{3}{2} \text{ с}$

$2v_0 - 10 = 0,1$

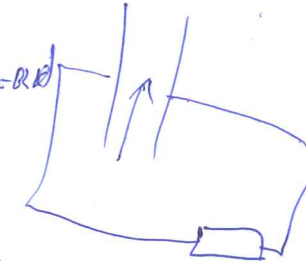
v_{01} - скорость в момент касания

$2v_0 > 10,1 \Rightarrow v_{01} = 5,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№3

$v_{02} - \frac{v^2}{2} = 0,1$

$u = \frac{F \cdot d}{q} = \frac{qVB \cdot d}{q} = BVd$



$v_{01} = 5,05$

$\mathcal{E} = BVd \Rightarrow \frac{5 \cdot 0,1}{d} = \frac{q}{q} \Rightarrow u = \frac{5 \cdot 0,1}{d} = \frac{0,5}{d}$

$v_{02} = 2,6$

$2V = 2,45 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow t = 2,45 \text{ с}$

$u = \frac{\mathcal{E}}{2}$

$\frac{BVd}{2} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 2,45 \Rightarrow \frac{(BVd)^2}{4} = 10^{-3}$

$\frac{2,45^2}{4} = 10^{-3} \Rightarrow \frac{2,45^2}{4} = 10^{-3} \Rightarrow \frac{2,45^2}{4} = 10^{-3} \Rightarrow \frac{2,45^2}{4} = 10^{-3}$

$\frac{BVd}{2} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot d^2 \Rightarrow t = 0,49$

$\frac{10^{-1} d^2}{4} = 10^{-3} \Rightarrow \frac{10^{-1} d^2}{4} = 10^{-3}$

$\frac{2,45 d}{2} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 \Rightarrow 10^{-1} d^2 = 10^{-3}$

$\frac{10^{-1} d^2}{4} = 10^{-3}$

$d^2 = 4 \cdot 10^{-2} \Rightarrow d = 20 \text{ см}$

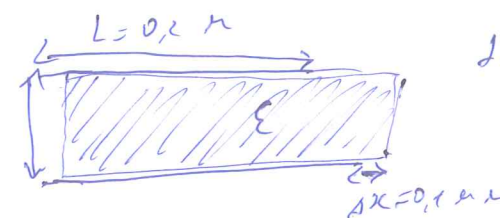
$$U^2 \cdot d^2 R = 4 P_m R$$

местовик

$$1 \cdot 10^{-2} \cdot d^2 = 4 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow d^2 = 16 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \Rightarrow d = 0,4 \text{ м}$$

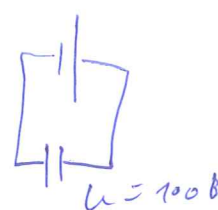
Ответ: 0,4 м +

№ 5.2.1



$d = 1 \text{ м}$ $\epsilon = 4$ плоский-кварц
 $m = 10^{-2} \text{ кг}$ $T = 2\pi \text{ м}$
 $\epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

1. До внесения диэлектрика:

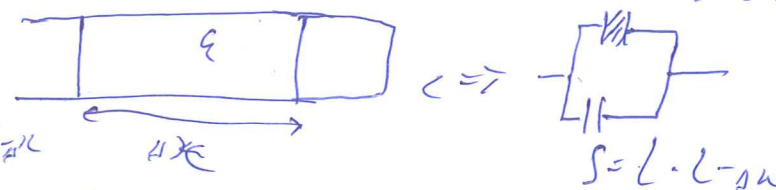


$$q_0 = C_0 \cdot U = \frac{\epsilon_0 L^2}{d} \cdot U$$

После отключения $U \Rightarrow q = \text{const}$

$$U_2 = q_0 \cdot \frac{1}{C} = \frac{\epsilon_0 L^2 U}{\epsilon \epsilon_0 L^2} = \frac{U}{\epsilon} = \frac{U}{4} = 25 \text{ В}$$

2. При внесении диэлектрика по Δx:



$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{d}{\epsilon \epsilon_0 \cdot L \cdot \Delta x} + \frac{d}{\epsilon_0 L(L-\Delta x)}$$

$$C_{\text{общ}} = \frac{\epsilon_0 L}{d} \cdot \left(\frac{\epsilon \Delta x \cdot (L-\Delta x)}{L-\Delta x + \epsilon \Delta x} \right) = \frac{\epsilon \epsilon_0 L}{d} \left(\frac{L\Delta x - \Delta x^2}{L-\Delta x + \epsilon \Delta x} \right)$$

3. В системе нет течения $\Rightarrow E = \text{const}$

Энергия конденсатора = $\frac{CU^2}{2}$ Энергия системы = $\frac{m v^2}{2}$

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = \text{const} = E_0$$

$E_0 = E_{\text{конд}} + 0$ $E_{\text{конд}} = \frac{\epsilon_0 \cdot q_0^2}{2 \cdot C_{\text{конд}}}$ Чистовик

Следовательно $L-k = P$, когда

$C_{\text{обд}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon_0 L^2}{d} \cdot P \cdot k \cdot \epsilon}{\frac{\epsilon_0 L}{d} \cdot (P\epsilon + k)} = \frac{\epsilon_0 L k}{d} \left(\frac{P\epsilon}{P\epsilon + k} \right)$

$C_{\text{обд}} = \frac{\epsilon_0 L k}{d} \cdot \frac{1}{1 + \frac{k}{P\epsilon}}$ По условию $k \ll d \ll L$

$\Rightarrow k \text{ - мал} \Rightarrow \frac{1}{1+k} = 1 \Rightarrow C_{\text{обд}} = \frac{\epsilon_0 L k}{d}$

Поэтому $\frac{q_0^2}{2 \epsilon_0 L k} = E_{\text{макс}}$, k - максимальная

амплитуда \Rightarrow все k в процессе колебаний малы $\Rightarrow E_{\text{св}}(t) = \frac{q_0^2}{2 \epsilon_0 L k(t)} = \frac{q_0^2 d}{2 \epsilon_0 L k(t) d}$

~~$E_{\text{св}}(t) = \frac{\epsilon_0 L^2}{2 \epsilon_0 L k(t) d}$~~ $E_{\text{св}}(t) = \frac{\epsilon_0^2 \cdot L^2 \cdot \omega_0^2 \cdot d}{2 \epsilon_0 L k(t) \cdot d^2} = \frac{\omega_0^2 L^3 \cdot \epsilon_0}{2 k \cdot d}$

~~$E_{\text{св}} + \frac{m v^2}{2} = \text{const}$~~ ~~$\frac{\omega_0^2 L^3 \epsilon_0}{2 k d} + \frac{m v^2}{2} = \text{const}$~~
 - интегральное уравнение колебаний $\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L C_0}}$
 ~~$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0^2 \epsilon_0^2}{d}} = 2\pi \sqrt{\frac{m_0^2 \epsilon_0^2}{d}}$~~

Дифференциальное уравнение колебаний $a = -\omega^2 x$
 $x = A \cos(\omega t)$ $A = r_0 = 1 \text{ мм}$ $A = k_0 = 1 \text{ мм}$

Докажем утверждение из задачи 3.7.1, что $P_{\text{макс}}$ при $R = \nu$ Чистовик

$P(R) = \frac{\epsilon^2 R}{(R+\nu)^2}$
 $P'(R) = \epsilon^2 \cdot \frac{\nu + R^2 - 2R(\nu + R)}{(R+\nu)^4} = \epsilon^2 \cdot \frac{(\nu + R)(\nu - R)}{(R+\nu)^4}$

