



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Галкин Иван Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **87**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9909793

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	10	15	87
Вопрос	9	10	3	10	

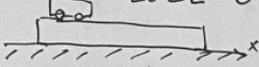
Чистовик - лист 1

Задача 1.3.1

Из начальный момент времени:

$$\sum \vec{p} = \vec{0}$$

$$E_0 = \sum E = 0$$



Нет проскальзывания:

$$\sum \vec{p} = M\vec{u} + m\vec{v}$$

$$E_1 = \sum E = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$



U - скорость авто в лабр. СО

ЗСУ: $\vec{0} = M\vec{u} + m\vec{v}$

Ox: $-Mu + mv = 0 \Rightarrow v = 3u$

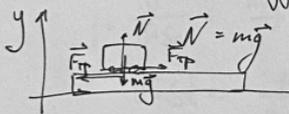
$v_{отн} = v + u = 4u$ - скорость авто отн-но доски

ЗСД: $E_1 = E_0 + A_{до} - A_{тр}$

$A_{до} = Nt$, где t - время от момента до момента, когда прекращ. проскальзывание.

$A_{тр} = F_{тр}x$, где x - исконая величина, опр. в условии.

Поскольку в момент времени t после начала движения проскальзывание только началось, будем считать, что $F_{тр} = \text{const}$: $F_{тр} = F_{тр\text{max}} = \mu mg$.



Заметим, что $a_{авто} = \frac{F_{тр}}{m} = \mu g$, $a_{доски} = \frac{F_{тр}}{M} = \frac{\mu g}{3}$.

Тогда, перейдя в СО доски, запишем $a_{отн} = \frac{4}{3}\mu g = a_{авто} + a_{доски}$.

Значит, при $a_{отн} = \text{const}$, $v_{отн}(t=0) = 0$, $x = \frac{a_{отн}t^2}{2} = \frac{2}{3}\mu g t^2$.

Заметим, что $u = a_{доски}t = \frac{\mu g t}{3}$.

Тогда запишем ЗСД: $\frac{Mu^2}{2} + \frac{M \cdot (3u)^2}{3 \cdot 2} = 0 + Nt - \mu mgx$

$$2Mu^2 + \mu mgx = Nt$$

$$2M \cdot \frac{\mu^2 g^2}{9} \cdot t^2 + \mu mg \cdot \frac{2}{3}\mu g \cdot t^2 = N \cdot t \quad | :t, t \neq 0$$

$$\left(\frac{2}{9}M\mu^2 g^2 + \frac{2}{3}M\mu^2 g^2\right)t = N \Rightarrow t = \frac{N}{M} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2}{3}\mu g\right)^2}$$

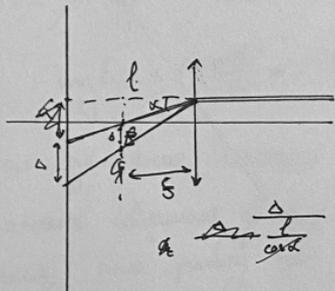
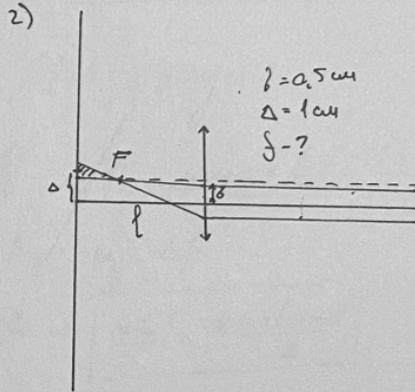
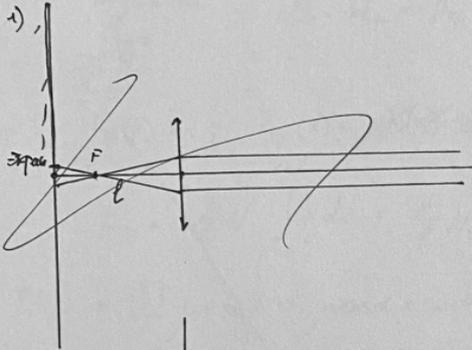
Тогда $x = \frac{2}{3}\mu g \cdot \frac{N^2}{M^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2}{3}\mu g\right)^4} = \frac{N^2}{M^2 \left(\frac{2}{3}\mu g\right)^3} = \frac{4}{1 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{2}{10} \cdot 10\right)^3} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ (м)}$

Ответ: $x = 0,5 \text{ м}$.

Вопрос: $\vec{p} = \sum (m_i \vec{v}_i)$; ЗСУ: суммарный импульс системы $|\vec{p}|$ не меняется в отсутствие внешних сил. $|\vec{p}| = \text{const}$ в отсутствие внешних сил.

Упроблема - 40

4.3.1



$$\sin \frac{\Delta}{l} = \frac{\Delta}{l} = \frac{\lambda}{s} \Rightarrow f = \frac{2}{\Delta} l = 10 \text{ см} ?$$

~~Черновик - лист 3~~

~~Черновик~~

Черновик - лист 5

~~Задача 3.5 - упражнение~~

Задача 3.5 - упражнение

Занесли ЗС: ~~$E_0 = E_1 + A_{тр}$~~ . $E_0 = E_1 + A_{тр} \Leftrightarrow \Delta E = A_{тр}$

$\Delta E_n = -mgl \sin \alpha$ $\Delta E_n + \Delta E_k = -A_{тр}$

Черновик - лист 14

$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2}$

$A_{тр} = \int_{x=0}^l F_{тр}(x) \cdot dx$; $F_{тр}(x) = \mu \cancel{N} = \mu \cancel{N} = \mu \cancel{mg \cos \alpha}$

$A_{тр} = \frac{\mu}{2} N \int_0^l x dx = \frac{\mu}{2} N \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{\mu l^2}{2} = \frac{\mu mg \cos \alpha \cdot l}{2}$

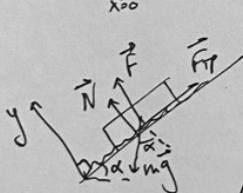
Из п. I $\mu = \tan \alpha \Rightarrow \mu \cos \alpha = \sin \alpha$: $A_{тр} = \frac{mgl \sin \alpha \cdot l}{2}$

Итак, $-mgl \sin \alpha + \frac{mv^2}{2} = -\frac{mgl \sin \alpha \cdot l}{2} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{mgl \sin \alpha \cdot l}{2}$

IV Рассмотрим движение пластины под действием эл. поля:

Поскольку пластина совершает движение в м-ти поле, т.е. перн. ~~движ.~~
 нап-ти эл. поля, поле работы не совершает. П.е. меняется только
 работа силы трения $A_{тр}$:

$A_{тр} = \int_{x=0}^l F_{тр2}(x) dx$; $F_{тр2}(x) = \mu \cancel{N_2}(x)$



Из п. II $N = mg \cos \alpha - F$, $F = \frac{Q\beta}{\epsilon_0}$ (см. п. I)

Тогда $F_{тр2}(x) = \mu \cancel{N} = \mu \cancel{mg \cos \alpha - \frac{Q\beta}{\epsilon_0}}$

$A_{тр} = \frac{\mu}{2} (mg \cos \alpha - \frac{Q\beta}{\epsilon_0}) \int_0^l x dx = \frac{\mu}{2} (mg \cos \alpha - \frac{Q\beta}{\epsilon_0}) \cdot \frac{l^2}{2} =$

$= (mgl \sin \alpha - \frac{\mu Q\beta}{\epsilon_0}) \cdot \frac{l}{2}$

ЗС: $-mgl \sin \alpha + \frac{mv^2}{2} = -mgl \sin \alpha + \frac{\mu gl Q\beta}{2\epsilon_0} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{mgl \sin \alpha \cdot l}{2} + \frac{\mu gl Q\beta}{2\epsilon_0}$

Итак, отсюда берем $k = \frac{v}{v_1}$ и занесли

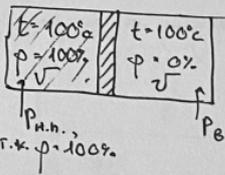
$\frac{1}{k^2} = \frac{v_1^2}{v^2} = \left(\frac{mv_1^2}{2}\right) : \left(\frac{mv^2}{2}\right) = \frac{mgl \sin \alpha + \frac{\mu gl Q\beta}{2\epsilon_0}}{mgl \sin \alpha} = 1 + \frac{Q\beta}{mg \epsilon_0 \cos \alpha}$

$= 1 + \frac{Q\beta}{mg \epsilon_0 \cos \alpha} = 1 + \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{0.1 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 1 + \frac{2 \cdot 10^{-11}}{\sqrt{3} \cdot 10^{-11}} = 1 + \frac{2}{10\sqrt{3}} = \frac{10\sqrt{3} + 2}{10\sqrt{3}}$

Чистовик - мст 2

Задача 2.2.1

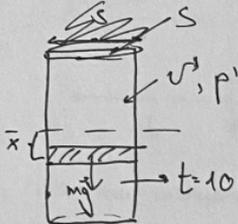
1)



$$P_{н.н.} (t = 100^\circ\text{C}) = P_0$$

Считаем, поршень скользит без трения $\Rightarrow P_в = P_0$.

2)



$t = 100^\circ\text{C}$, $\varphi = 100\% \Rightarrow P_{н.н.} = P_0$ (часть пара конденсировалась в воду, давление остаётся тем же)

$$V' = V + \Delta x \Rightarrow p' = p_0 \frac{V}{V'} \quad (T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const} \text{ по закону Менделеева-Клапейрона})$$

Запишем $p' + p_{\text{поршня}} = p_{н.н.}$, где $p_{\text{поршня}}$ - давление, оказываемое поршнем на нижнюю часть сосуда; $p_{\text{поршня}} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$.

$$p_0 \frac{V}{V + \Delta x} + \frac{mg}{S} = p_0; \quad p_0 \frac{V}{V + \Delta x} = p_0 - \frac{mg}{S};$$

$$V + \Delta x = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} = \frac{V}{1 - \frac{mg}{Sp_0}} \Rightarrow \Delta x = \frac{V}{1 - \frac{mg}{Sp_0}} - V = \frac{1 - \frac{mg}{Sp_0}}{1 - \frac{mg}{Sp_0}} V =$$

$$= V \frac{\frac{mg}{Sp_0}}{1 - \frac{mg}{Sp_0}} = V \frac{1}{\frac{Sp_0}{mg} - 1};$$

$$x = \frac{V}{S \left(\frac{Sp_0}{mg} - 1 \right)} = \frac{10^{-3}}{10^{-2} \left(\frac{10^5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10} - 1 \right)} = 0,1 \cdot \frac{1}{(20 - 1)} =$$

$$= \frac{1}{190} \text{ (м)}; \quad V = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, \quad S = 10^{-2} \text{ м}^2, \quad p_0 = 10^5 \text{ Па}, \quad m = 5 \text{ кг}, \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $x = \frac{1}{190} \text{ (м)}$ или $x \approx 5,263 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$

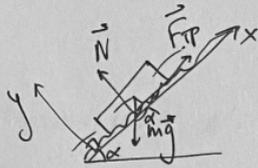
Вопрос: влажность - плотность водяных паров в воздухе

отн. влажность - отношение плотности водяных паров в воздухе к плотности нас. пара при той же температуре; $\varphi = \frac{p_n(t)}{p_{н.н.}(t)} \cdot 100\%$

Числовое - мет 4

Задача 3.5.1

I. Рассмотрим ситуацию, когда пластинка покоится на шероховатой поверхности под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Из н.: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0}$



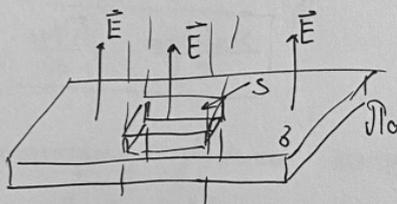
$$O_y: N - mg \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

$$O_x: \cancel{F_{\text{тр}}} - mg \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

$F_{\text{тр}} = \mu N$, т.к. при $\alpha > 30^\circ$ пластинка соскальзывает с места, т.е. $F_{\text{тр}} = (F_{\text{тр}})_{\text{max}}$.

Тогда (2): (1) \rightarrow (2): $\mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$
 $\mu = \text{tg} \alpha = \boxed{\text{tg} 30^\circ}$ - коэф. трения между шерох. пов-тью и пластинкой

II. Определим напряженность поля от заряженной пластины.

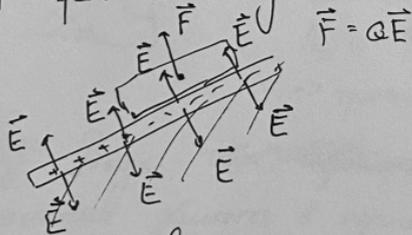


Возьмем участок площадью S .

В нем заключим заряд $q = \delta S$.

Th. Гаусса $E \cdot S = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\delta}{\epsilon_0}$.

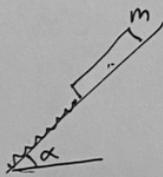
Зная $E = \frac{\delta}{\epsilon_0}$, скажем, что сила, действ. на точечный заряд q в поле, равна $d\vec{F} = dq\vec{E}$. Поскольку пластинка заряжена равномерно, $\vec{F} = Q\vec{E} = \frac{Q\delta}{\epsilon_0}$.



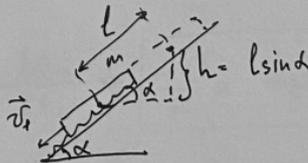
III. Рассмотрим движение пластины без действия эл. поля:

пусть длина пластины - l . Тогда:

E_0 :



E_1 :



~~Учтенов - лист 5~~
~~Загора 3.5.1 - прохождение~~

Учтенов - лист 5
 Загора 3.5.1 - прохождение

Занесли ЗСЭ: $E_0 = E_1 + A_{\text{тр}} \Leftrightarrow \Delta E = -A_{\text{тр}}$

$$\Delta E_n = -mgl \sin \alpha$$

$$\Delta E_k = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A_{\text{тр}} = \int_{x=0}^x F_{\text{тр}}(x) dx; \quad F_{\text{тр}}(x) = \mu \tilde{N}, \quad N = mg \cos \alpha$$

$$\text{I} \Rightarrow \mu = \tan \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}}(x) = \frac{x}{l} mgl \sin \alpha.$$

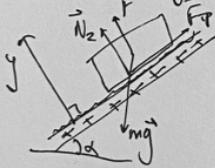
$$A_{\text{тр}} = mgl \sin \alpha \cdot \frac{1}{l} \cdot \int_{x=0}^{x=l} x dx = mgl \sin \alpha \cdot \frac{l}{2}.$$

$$\Delta E_n + \Delta E_k = -A_{\text{тр}}$$

$$-mgl \sin \alpha + \frac{mv_1^2}{2} = -mgl \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mgl \sin \alpha}{2}}$$

IV Рассмотрим движение пластины под действием э. поля:



$$O_y: \text{II з.н.}: N_2 = mg \cos \alpha - F = mg \cos \alpha - \frac{Q\delta}{\epsilon_0} \quad (\text{н. IV})$$

Кстати,

$$N_2 = 0,1 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{-12}} = \frac{\sqrt{3}}{2} - 1 > 0 \text{ (Н)}$$

\Rightarrow трение есть, пластинка движется вдоль плоск.

Поскольку сила $F_{\text{тр}}$ и $F_{\text{эл}}$ э. поле не совершает работу (т.к. пластинка движется в перпендикулярной плоскости).

\Rightarrow изменится только работа силы трения $A_{\text{тр}}$.

$$A_{\text{тр}} = \int_{x=0}^{x=l} F_{\text{тр}2}(x) dx = \frac{\mu}{l} \left(mg \cos \alpha - \frac{Q\delta}{\epsilon_0} \right) \int_{x=0}^{x=l} x dx = \left(mgl \sin \alpha - \frac{\mu Q\delta}{\epsilon_0} \right) \frac{l}{2}$$

Занесли ЗСЭ:

$$-mgl \sin \alpha + \frac{mv_2^2}{2} = -\frac{l mgl \sin \alpha}{2} + \frac{\mu Q\delta}{2\epsilon_0} \Rightarrow \boxed{\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mgl \sin \alpha}{2} + \frac{\mu Q\delta}{2\epsilon_0}}$$

$$\text{Если известное значение } k = \frac{v_2}{v_1}, \text{ то } \frac{1}{k^2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{mv_2^2}{mv_1^2} = \frac{mgl \sin \alpha + \frac{\mu Q\delta}{2\epsilon_0}}{\frac{mgl \sin \alpha}{2}}$$

$$= 1 + \frac{\mu Q\delta}{mg \epsilon_0 \sin \alpha} = 1 + \frac{Q\delta}{mg \epsilon_0 \cos \alpha} = 1 + \frac{3 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{0,1 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{3}} = 1 + \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}+2}{\sqrt{3}}$$

Чистовик - лист 6

Задача 3.5.1 - продолжение

$$\text{Когда } k = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3+2} \cdot 10^6} = \frac{1}{10^6}.$$

$$\text{Ответ: Когда } k = \frac{10\sqrt{3}}{2+10\sqrt{3}} = \frac{2}{10}.$$

$$\text{Когда } k = \frac{1}{\frac{1}{k_2}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3+2}}}.$$

Ответ: U_1 меньше U_2 в $\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3+2}}}$ раз.

Вопрос: ёмкость - способность системы накапливать и сохранять заряд. (электрический)

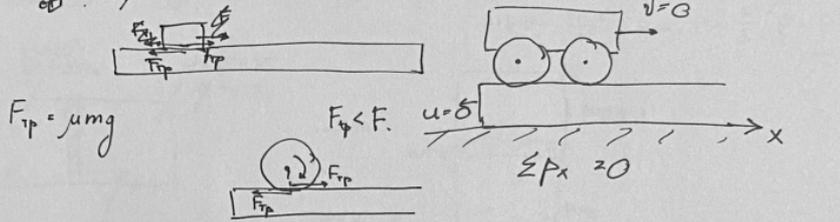
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} - \text{ёмкость плоского конденсатора.}$$

Черновик - 7

1.31

$M = 1 \text{ кг}, N = 2 \text{ Вт}, m = \frac{M}{n}, n = 3, \mu = 0.3, x = ?; g = 10 \text{ м/с}^2$

$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t}$



$\Rightarrow v_{\text{отн}} = v + u = 4u$

$E_0 = 0$

$E_1 = M \frac{u^2}{2} + m \frac{v^2}{2} - A_{\text{гс}} + A_{\text{тр}}$

$A_{\text{гс}} = A_{\text{тр}} + \frac{Mu^2}{2} + \frac{M \cdot (3u)^2}{3 \cdot 2}$

$N \cdot t = \mu mgx + \frac{Mu^2}{2} + \frac{3Mu^2}{2}$

$Nt = \mu mgx + 2Mu^2$

$Nt = M(\frac{1}{3}\mu gx + 2u^2)$

$N = \frac{F \cdot S}{t}$
 $N = \text{const}, F = \text{const?}$

$F_{\text{тр max}} = \text{const} \Rightarrow a_{\text{отн}} = \text{const}$

$v_{\text{отн}}(t) = at, v_{\text{отн}}(t) = 4u, \mu gt$
 $u = \frac{\mu gt}{4}$

$F_{\text{тр}} = \text{const} + \mu mg \Rightarrow a = v_{\text{отн}} = \mu g$

$a_{\text{абс}} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g, a_{\text{гс max}} = \frac{\mu mg}{M} = \frac{\mu g}{n}$

$\frac{4}{3}\mu gt = 4u, t = \frac{3u}{\mu g}, u = \frac{\mu gt}{3}$

$x = \frac{4}{3}\mu g \frac{t^2}{2} = \frac{2}{3}\mu g t^2$
 $Nt = \frac{1}{3}M\mu g \cdot \frac{2}{3}\mu g t^2 + 2 \frac{\mu g t^2}{3} M$

$N = (\frac{2}{9}M\mu g^2 t + \frac{2}{3}M\mu g^2 t) = \frac{4}{9}M\mu g^2 t$

$t = \frac{N}{\frac{4}{9}M\mu g^2}$

$x = \frac{2}{3}\mu g \cdot \frac{N^2}{M^2} \cdot \frac{1}{(\frac{4}{9}\mu g)^2} = \frac{N^2}{M^2 (\frac{2}{3}\mu g)^3}$

$N = \frac{H \cdot u}{c}$
 $\mu \cdot u/c^2 = H$
 $\frac{u}{c} \cdot \frac{c^2}{n^2 \cdot u} = \frac{c}{n^2}$

$\frac{H^2 \cdot u^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot H^2 \cdot u}$

Черновик - 8

$$x = \frac{N^2}{M^2 \left(\frac{2}{3} \mu g\right)^2} = \frac{4}{1 \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{2}{10} \cdot 10\right)^2} = \frac{4}{\frac{4}{9}} = 9 \cdot 0,5 \text{ (м)}$$

2.2.1

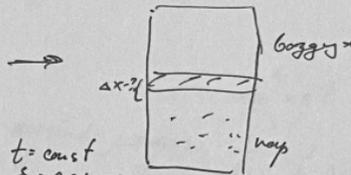
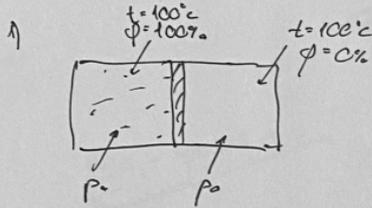
$m = 5 \text{ кг}, V = 1 \text{ м}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$

$H = m \cdot \frac{u}{c^2}$

Плотность $\rho = \frac{m}{V}$

$P = F/S = P \cdot S$

$A = P \cdot U = \frac{m \cdot u}{c^2} = H \cdot u, P = \frac{F}{S}, F = P \cdot S$



$t = \text{const}, S = 901 \text{ м}^2, g = 10 \text{ м/с}^2, p_0 = 10^5 \text{ Па}$

$P_0 + \frac{mg}{S} =$

for problems

$P_0 + P_{\text{поршня}} = p_0$

$P_0 = \frac{V}{V'} p_0, V' = V + S \Delta x$

$P_0 = \frac{V}{V + S \Delta x} p_0, P_{\text{поршня}} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$

$\frac{V}{V + S \Delta x} p_0 + \frac{mg}{S} = p_0$

$V p_0 + \frac{mg}{S} = p_0 (V + S \Delta x)$

$V + S \Delta x = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}}, S \Delta x = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} - V$

$\Delta x = \frac{\frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} - V}{S} = \frac{\frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 - \frac{50}{10^2}} - 10^{-3}}{10^{-2}} =$

$= \frac{10^2}{10^5 - 5 \cdot 10^3 - 10^{-3}} = 10^2 \cdot \left(\frac{10^2}{95 \cdot 10^3 - 10^{-3}} \right) =$

$= 10^2 \cdot \left(\frac{1}{95} \cdot 10^{-1} - \frac{1}{100} \cdot 10^{-4} \right) =$

$= 10 \left(\frac{1}{95} - \frac{1}{100} \right) = 10 \left(\frac{5}{9500} \right) = \frac{50}{9500} =$

$= \frac{5}{950} \approx \frac{1}{190} \text{ (м)}$

$\frac{55}{5} = 11$

100/19 = 5,2631...
 95 | 100
 - 50
 50
 - 38
 120
 - 114
 60
 - 55
 50
 - 45
 5

$$\frac{\delta \cdot 10^8 \cdot 8 \cdot 10^8}{0,1 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} =$$

$$3.5.1. = 2 \frac{10^7}{\sqrt{3}}$$

$$k = 1 + \frac{2 \cdot 10^7}{\sqrt{3}}$$

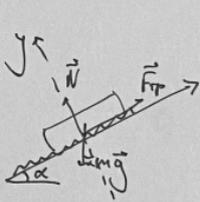
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3} + 2 \cdot 10^7}$$

1) $\alpha_{np} = 30^\circ$

Черновик - 9.

$$\frac{K_n \cdot \frac{K_u}{u^2} \cdot u}{m \cdot \varphi} = \frac{K_n}{m \cdot \varphi \cdot u}$$

$$\varphi = \frac{K_n}{m \cdot u} ?$$

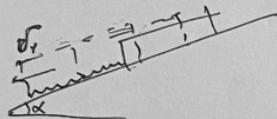


$$Oy: N = mg \cos \alpha \quad C = \frac{E \cdot \epsilon S}{d} = \varphi$$

$$Ox: mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha = \tan 30^\circ$$

2)



$$a = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \cdot \left(\frac{x}{l} \right)$$

или $a = 0$ при $x = l$.

l - длина пластины, x - смещение пластины

$$\ddot{x} = g \left(\sin \alpha - \sin \alpha \frac{x}{l} \right) = g \sin \alpha \left(1 - \frac{x}{l} \right)$$

$$\dot{x}(t) = v_1, \quad x(t) = l, \quad \ddot{x}(t) = 0.$$

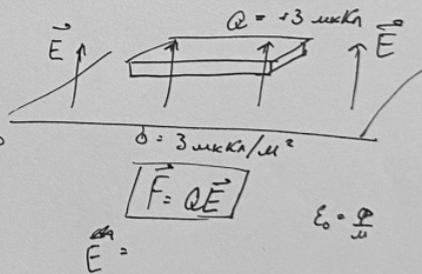
$$3C: -mg \sin \alpha + \frac{m v_1^2}{2} - A_{тр} = 0$$

$$A_{тр} = F_{тр} \cdot l, \quad F_{тр} = \frac{1}{2} mg \sin \alpha.$$

$$-mg \sin \alpha + \frac{m v_1^2}{2} - \frac{1}{2} mg \sin \alpha = 0$$

$$m v_1^2 = 3 mg \sin \alpha$$

$$v_1^2 = 3 g \sin \alpha \quad ??$$



3) $F_{ка} = ?$

$$dF = k \quad F = \frac{Q \delta}{\epsilon_0}$$

$$F_{тр} = \frac{1}{2} \sin \alpha \cdot N'$$

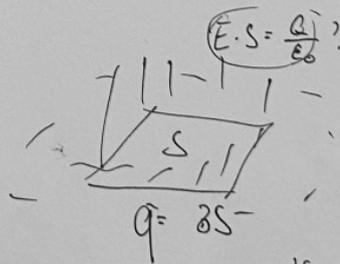
$$N' = mg - \frac{Q \delta}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow F_{тр} = \frac{1}{2} \sin \alpha \left(mg - \frac{Q \delta}{\epsilon_0} \right)$$

$$-mg \sin \alpha + \frac{m v_2^2}{2} - \frac{1}{2} mg \sin \alpha \left(mg - \frac{Q \delta}{\epsilon_0} \right) = 0$$

$$\frac{m}{2} v_2^2 = \frac{3}{2} mg \sin \alpha - \frac{1}{2} l \frac{Q \delta}{\epsilon_0}$$

$$v_2^2 = 3 g \sin \alpha - \frac{l}{m} \cdot \frac{Q \delta}{\epsilon_0}$$



$$E \cdot \delta S = \frac{\delta S}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\delta}{\epsilon_0}, \quad F = \frac{Q \delta}{\epsilon_0}$$

$$k = \frac{v_2^2}{v_1^2} = 1 - \frac{l Q \delta}{m \epsilon_0 \cdot 3 g \sin \alpha}$$

$$= 1 - \frac{Q \delta}{3 m \epsilon_0 g \sin \alpha}$$