



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Казачков Даниил Иванович**

Класс: 11

Технический балл: **91**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9691223

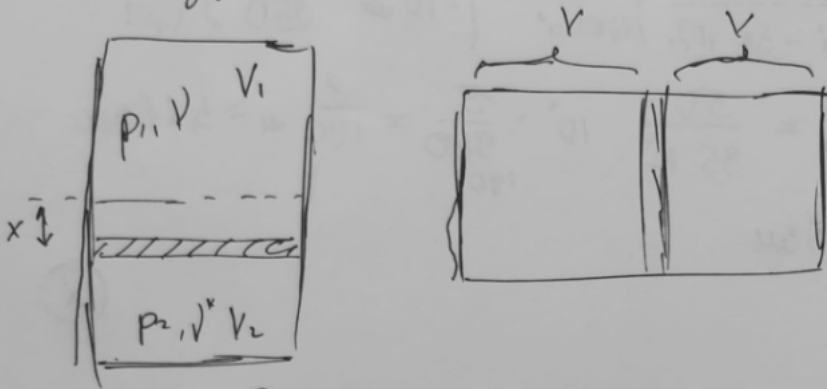
	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>14</i>	<i>14</i>	<i>12</i>	<i>15</i>	<i>91</i>
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>7</i>	

Циклограмм

1/2.2.1

Относительная влажность - это отношение парциального давления пара к равновесному давлению нас. паров при данной температуре.

Влажность - масса водяного пара, содержащегося в воздухе.



Решение

1) Поскольку изначально поршень находился по середине и был в равновесии, то закон Ньютона имеет вид:

$$p_{нп} S = p_{в} S,$$

$$p_{нп} V = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{p_{нп} V}{RT} - \text{кол во моле в цилиндре}$$

где S - пл. дль поршня, $p_{в}$ - давление воздуха, $p_{нп}$ - давление насыщ. паров.

$$p_{нп} = p_{в} = 10^5 \text{ Па.}$$

2) Поставим поршень вертикально и рассмотрим его сост:

$$p_2 V_2 = \nu RT \quad - \text{ закон Менделеева-Клапейрона для кол сост.}$$

$$p_1 V_1 = \nu RT$$

p_2 - давление пара
 p_1 - давление воздуха
 V_2 - объем пара
 V_1 - объем воздуха
 ν - кол во моле в цилиндре

Итак закон Ньютона: $p_2 S = p_1 S + mg$

Предположим, что кол во моле пара не изменилось $\Rightarrow p_2 V_2 = p_{нп} V$, и $p_2 = p_{нп}$, тк вода имеет свойство $\Rightarrow V_2 = V$, т.е. это не так, ведь поршень все равно \Rightarrow наше предп. неверно.

Значит, кол во моле воздуха изменилось, а $p_2 = p_{нп}$.

предмет смотрю стр 2

1

Neuegrößen,

$$P, V_1 = \rho_{\text{H}_2\text{O}} V, \quad V_1 = V + X S, \quad \rho_1 = \frac{(\rho_{\text{H}_2\text{O}} S - m g)}{S}$$

$$\rho \frac{(\rho_{\text{H}_2\text{O}} S - m g)}{S} (V + X S) = \rho_{\text{H}_2\text{O}} V.$$

Wurde

$$V + X S = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} V S}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} S - m g} \rightarrow X = \left(-1 + \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} V S}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} S - m g} \right) \frac{1}{S} =$$

$$= \left(-10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} + \frac{10^5 \text{Pa} \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot 0,01 \text{m}^2}{10^5 \text{Pa} \cdot 0,01 \text{m}^2 - 5 \text{N} \cdot 10^{-6} \text{m}^2} \right) \frac{1}{0,01 \text{m}^2} = \left(-10^{-5} + \frac{1}{950} \right) \frac{1}{0,01} =$$

$$= \left(\frac{1}{950} - \frac{1}{10000} \right) \frac{1}{0,01} = \frac{50}{95 \cdot 10^4} \cdot 10^2 = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ m} \approx 5,26 \text{ cm}.$$

Durch: ~~5~~ 5,26 cm.

(2)

Чертовик

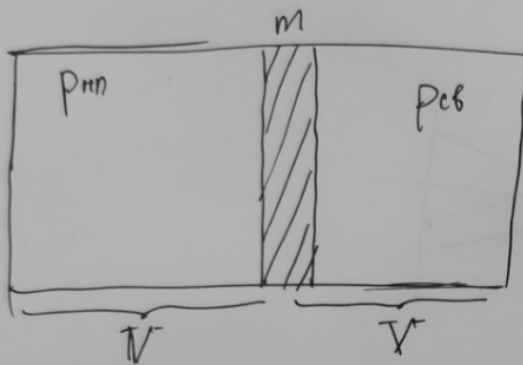


$$F_{TP} = \frac{4}{3} mg$$

$$a = \text{const} = 1g$$

№ 21

$$dA \, dq = q \frac{dm}{m}$$

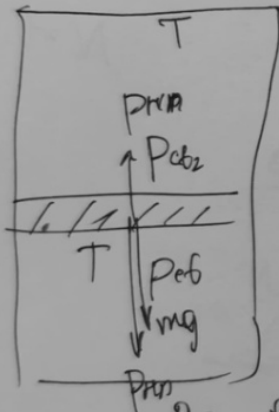


$$p_{1n} = p_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 100^\circ \text{C}$$

1) Поскольку температура одинаковая в обеих частях пар, то есть вода.

$p_{1n} = p_{2b}$ - закон Клапейрона



1	190
10	0,00526
100	
1000	
95%	
500	
300	
1200	
1140	
60	

$$p_2 V_2 = \nu R T$$

$$p_1 V_1 = \nu R T$$

$$p_{1n} V = \nu R T$$

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

$$m_b + m_n = m_{n2} + m_{b2}$$

$$V_1 = V + xS$$

$$V_2 = V - xS$$

$$p_1 V_1 = p_{1n} V$$

$$p_1 (V + xS) = p_{1n} V$$

$$p_1 = \frac{p_{1n} S - mg}{S}$$

$$\frac{(p_{1n} S - mg)(V + xS)}{S} = p_{1n} V$$

(14) ~~(15)~~

№ 2.1

Черновики

Относительная влажность - это отношение абсолютной влажности к максимуму

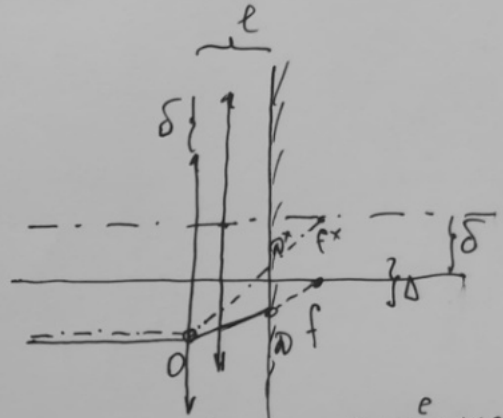
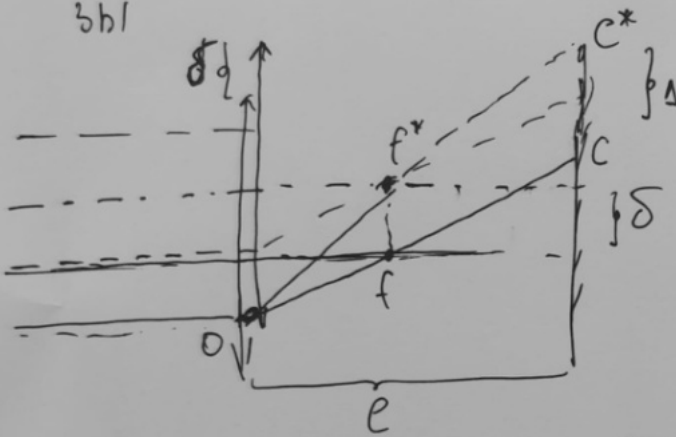
№

Черновики

№ 4.3.1

Фокусное расстояние линзы - расстояние между главными оптическими центрами линзы и её главными фокусами.

Оптическая сила D - физическая величина, показывающая преломляющую способность линзы



« для удобства непрерывная разлитка - случай, соответствующий «сдвинутой линзе».

Решение:

- 1) Рассмотрим случай $l > f$. Т.к. лучи идут параллельно FOO , то после прохождения линзы они попадут в фокус линзы.

$$\Delta OFF' \sim \Delta OCC'$$

$$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{f}{e} \Rightarrow f = \frac{\delta e}{\Delta} = \frac{0,5 \text{ см} \cdot 20 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 10 \text{ см}.$$

- 2) Рассмотрим случай $l < f$. Аналогично, продолжения лучей, прошедших через линзу, будут направлены в FOO фокус линзы.

предметные см
стр 4.

Zonwembel negatief Δ ORR* u Δ Off* nauwruw

$$\frac{\Delta}{S} = \frac{f}{F} \Rightarrow f = \frac{\Delta}{S} \approx 10 \text{ cm}$$

Oribem: 10 cm.

Wembel

(4)

Цистовек.

№1.31

Шипульве системат материальных точек - векторная сумма шипульсов каждой точки

$$\vec{R}_{\text{сист}} = \sum \vec{r}_i$$

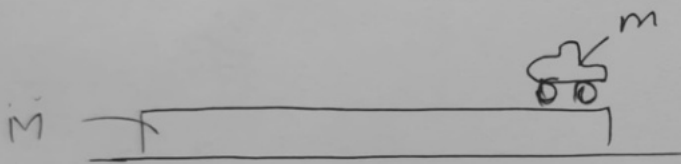
Шипульве системат сохраняется, если:

а) на систему не действуют внешние силы или их сумма равна 0.

б) Сумма внешних сил в проекции на некоторую ось равна 0. (шипульве сохраняется только если в проекции на эту ось)

в) Внешние действия не бесконечно по модулю систем очень мало

г) Внешние действия сил в проекции на некоторую ось \vec{R} очень мало.



Дано

$$N = 2 \text{ ВТ}, \mu = 0,3$$

$$M = 3 \text{ т}, m = 4 \text{ кг}$$

m - масса автомобиля.

$x = ?$

Решение:

1) Принцип д'Аламбера, потому шипульве системат "доска + автомобиль" сохр:

$$\frac{M}{3} v - m u = 0 \Rightarrow u = v/3$$

В момент прекращения проск.

$$N = \mu \frac{M}{3} g (u + v) = \frac{\mu M g}{3} \frac{4v}{3} = \frac{4 \mu M g v}{9}$$

Откуда

$$v = \frac{9N}{4 \mu M g} = \frac{9 \cdot 2 \text{ ВТ}}{4 \cdot 0,3 \cdot 10^3 \cdot 9,8} = \frac{3}{8} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = \mu g = 0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\sum \text{отн}^2 \frac{a \text{отн} t^2}{2} = \frac{4}{3} \frac{\mu g t^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{4} = 0,5 \text{ м}$$

Ответ: 0,5 м

(5)

Цестовик

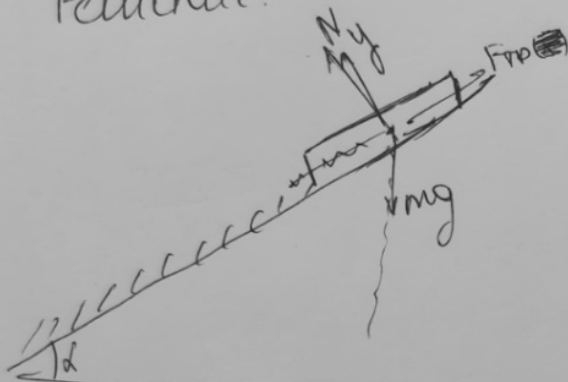
135.1

Електроємність - фізична величина, чисельно
 равна отношению заряда одной из пластин кон-
 денсатора к напряжению на его концах.

$$C = \frac{q}{U}; C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \text{ где } d - \text{расстояние между обкладками}$$

S - пл-дь обкладок, ϵ - диэлектрик
 проницаемость среды между об-
 кладками

Решение:



$$1) \mu = \tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

2) ЗСЭ:

$$mgl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = \frac{mV^2}{2} \quad (1)$$

В свою очередь $A_{тр} = \mu \frac{mV^2}{2}$,
 тк длина на участке с
 трением линейно уве-
 личивается

В первом случае

$$A_{тр} = \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2}, \text{ тк } N = mg \cos \alpha \text{ и } \Delta z = l \text{ на } \alpha \quad 2.$$

$$(1): mgl \sin \alpha - \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2} = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow V_1 = \sqrt{2gl \sin \alpha - \mu g l \cos \alpha}$$

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

Во втором случае:

$$N = mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$$

$$(1): mgl \sin \alpha - \frac{\mu (mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) l}{2} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$2mgl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q l}{2\epsilon_0} = mV_2^2$$

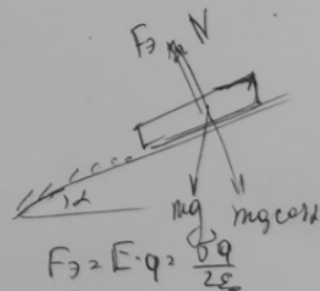
$$\sqrt{gl - \frac{gl}{2} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^9 \cdot gl}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot m}} = V_2$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{gl}{2} \left(\frac{gl}{2} + \frac{\mu \sigma q l}{2\epsilon_0 m} \right)} = \sqrt{1 + \frac{\mu \sigma q}{\epsilon mg}} = \sqrt{1 + \frac{1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^9}{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 1}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$$

Ответ: меньше в $\sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$

⑥



Шестовик: Черновик.

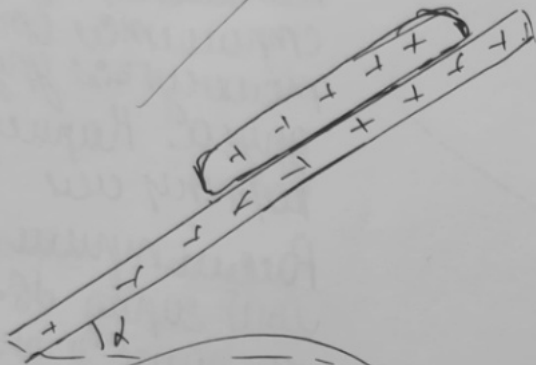
№3.5.1

Електроємність — фізична величина, показуюча чименню рівнаю отношенню заряду одной из пластин конденсатора к напругенню на ея кондук.

$$C = \frac{q}{U}; \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

где d — расстояние между обкладками
 S — площадь обкладок, ϵ — диэлектрическая проницаемость среды между обкладками

Вано

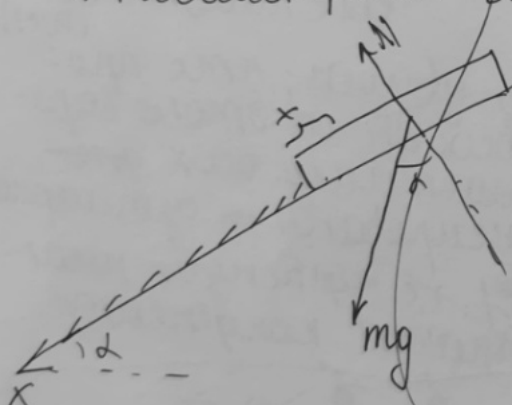


Черновик

Решение:

1) Рассмотрим заряд пластины на шероховатой поверхности.

Пусть захватим часть x .
 Она однородна \Rightarrow масса кусочка длиной $m_x = m \frac{x}{l}$,
 где l — длина пластины



$$mg \sin \alpha - F_{тр} = ma_x$$

$$mg \sin \alpha - \mu N_x = ma_x$$

$$mg \sin \alpha - \mu m \frac{x}{l} g \cos \alpha = ma_x$$

$$g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \frac{x}{l} = a_x$$

$$\ddot{x} + \left\{ \frac{\mu g \cos \alpha}{l} \right\} x = g \sin \alpha$$

$$x'' = A \cos \omega t + B \sin \omega t + \frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha$$

$$B x(0) = 0 = A + \frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha$$

$$A = -\frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha$$

$$V(0) = 0 = B$$

$$\Rightarrow x(t) = -\frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha \cos \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{l}} t + \frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha$$

$$V(t) = \frac{e}{\mu l} \operatorname{tg} \alpha \sin \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{l}} t \cdot \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{l}}$$

продолж. см. стр 7

7

Время заезда соответствует четверти периода
 $t = \frac{T}{4}$ возбудивших колебаний

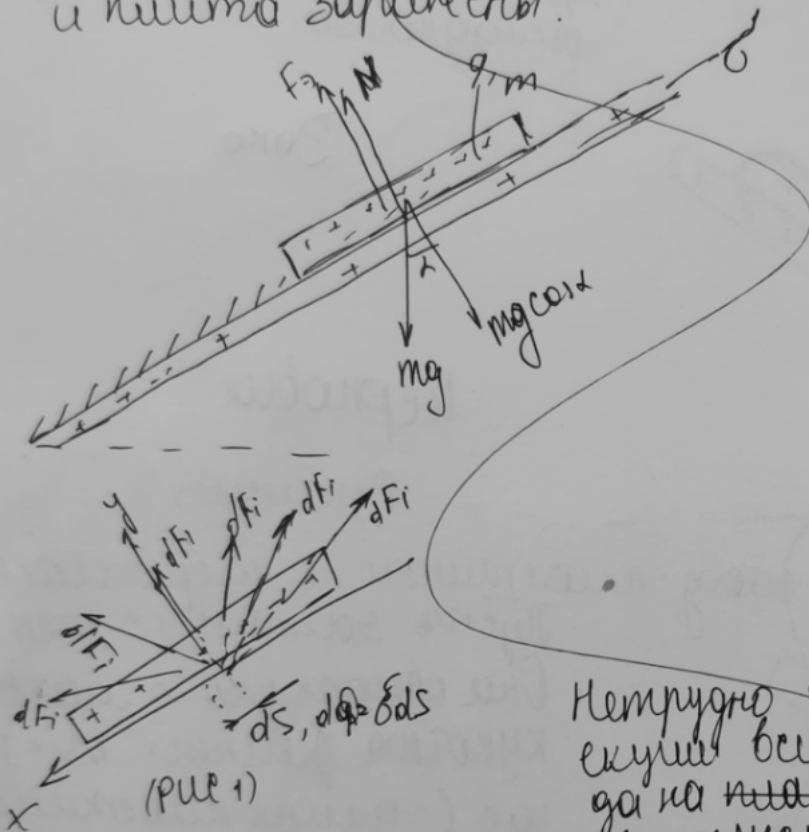
$$t = \frac{T}{4}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$U(\frac{T}{4}) = \frac{e}{m} \operatorname{tg} \alpha \cdot \sqrt{\frac{\mu_0 \epsilon_0 \cos^2 \alpha}{\epsilon}} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}\right) = \frac{e}{m} \operatorname{tg} \alpha \cdot \sqrt{\frac{\mu_0 \epsilon_0 \cos^2 \alpha}{\epsilon}}$$

$$U(\frac{T}{4}) = U_1 \text{ (по числу)}$$

Чертовик

1) Плоскопараллельный случай, когда пластинка и нить заряжены.



Поскольку заряды
 мы одинаков поло-
 жительны, то они
 стремятся от-
 толкнуться друг от
 друга. Нарисуем
 картину сил

Рассмотрим ма-
 лый заряд \$dq = \epsilon ds\$
 на нити и опреде-
 лим, как он действу-
 ет с пластинкой.
 (числ)

Нетрудно убедиться, что про-
 екции всех \$dF_i\$ от этого заря-
 да на пластинку ось \$x\$ ~~ни-~~
 компенсируются \$\Rightarrow\$ суммарное

действие будет лишь по оси \$y\$, т.е. перпендикуляр пла-
 стинке. Пластинка и нить образуют конденсатор

$$dF = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad F = \frac{\epsilon_0 \sigma \sigma}{\epsilon} \cdot \frac{q}{S} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma}{\epsilon_0} = 0 \Rightarrow$$

\$\Rightarrow\$ Заряды пластинки и нити не имеют
 картины сил, действующих на пластинку

$$\frac{U_2}{U_1} = 1$$

№3.5.1

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow F_3 = \frac{Q^2}{\epsilon_0}$$

$$N = mg \cos \alpha - F_3$$

и так в этом случае будет иметь вид.

$$\text{оx: } mg \sin \alpha - \mu \left(m \frac{x}{\epsilon_0} g \cos \alpha - \frac{Q^2}{\epsilon_0} \right) = m a x$$

$$\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + g \sin \alpha = \mu \frac{x}{\epsilon_0} g \cos \alpha + x$$

$$x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t + \left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha}$$

$$x(0) = 0 = A + \left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha}$$

$$v(0) = 0 = B$$

$$x(t) = - \left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha} \cos \omega t + \left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha}$$

$$v(t) = \left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha} \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{\ell}} = v_2$$

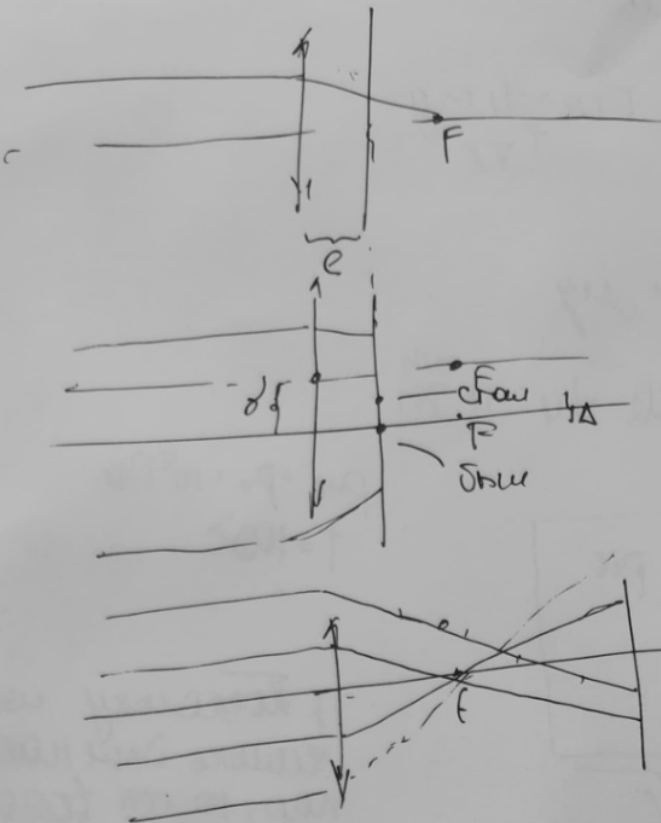
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right) \frac{g \ell}{\mu g \cos \alpha}}{\frac{g \ell \sin \alpha}{\mu \cos \alpha}} = \frac{\left(\frac{\mu Q^2}{m \epsilon_0} + \frac{g}{\sin \alpha} \right)}{g \sin \alpha} = \frac{g \ell \sin \alpha + g m \epsilon_0}{m g \sin^2 \alpha \cdot \ell} =$$

$$= \frac{9 \cdot 10^{-12} \frac{1}{23} + 10^3 \cdot 91 \text{ к} \cdot 9 \cdot 10^{-12} \frac{1}{\omega}}{0,1 \text{ м} \cdot 10^3 \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{4} \cdot 9 \cdot 10^{12} \frac{1}{\omega}} = \frac{\left(\frac{3 \cdot 10^4}{2} + 9 \right) 4}{90} = \frac{6 + 36}{90} = \frac{42}{90} = \frac{14}{30}$$

$$= \frac{7}{15}$$

9

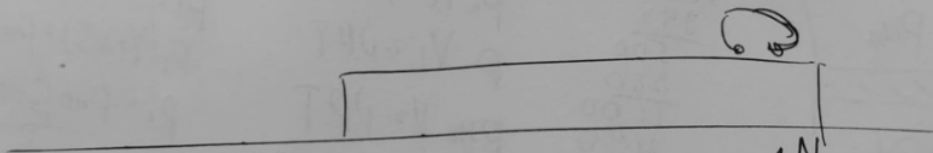
Черновик



$$\frac{1}{f} - \frac{1}{e} = \frac{1}{f}$$

Криволиней

$$N = vF$$



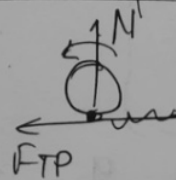
$$F - FTP = ma$$

Поскольку F не меняется

FTP.

$$\frac{N}{v} - \mu mg = m \frac{dv}{dt}$$

$$m \frac{dv}{dt} = \mu mg - FTP$$



$$FTP = \mu mg$$

$$F > FTP - \text{есть прорыв}$$

10