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

# ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шевякова Ксения Викторовна**

Класс: 11

Технический балл: **86**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9621505

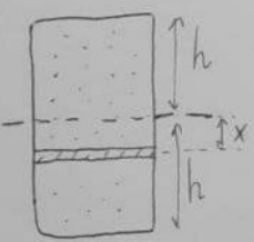
| | 1 | 2 | 3 | 4 | ∑ |
|---|---|---|---|---|---|
| Задача | *3* | *15* | *13* | *15* | ***86*** |
| Вопрос | *10* | *10* | *10* | *10* | |

№ 2.2.1. Задача.

**Дано:**
$m = 5$ кг
$V_{1_0} = V_{2_0} = V = 1$ л
$t = 100°C$
$S = 0{,}01$ м$^2$
$p_0 = 10^5$ Па

$x - ?$

**Решение:**




Условие равновесия поршня:
$\sum \vec{F_i} = 0$
$p_в \cdot S + mg = S p_п$, где $p_в$ - давление воздуха;
$p_п$ - давление пара.

Процесс изотермический ($T = t + 273 = 373\ K = const$)
$\Rightarrow p_{в_0} \cdot V = p_в \cdot V_1$, где $V_1 = S(h+x)$, где $h = \frac{V}{S}$

~~$p_{п_0} \cdot V$~~ пар изначально был насыщенным. При уменьшении объема он начнет конденсироваться. При $T = 373\ K$ нас. пар и вода будут находиться в состоянии термодинамического равновесия. Пар останется насыщенным ($p_п = p_0$)

$p_{в_0} \cdot \cancel{V} = p_0$, т.к. в горизонтальном положении поршень тоже покоился.

$$p_0 \cdot \frac{SV}{V+Sx} + mg = p_0 S; \quad V + Sx = V \cdot \frac{p_0 S}{Sp_0 - mg}$$

$$\Rightarrow x = \frac{V}{S}\left(\frac{p_0 S}{Sp_0 - mg} - 1\right) = \frac{V}{S} \cdot \frac{mg}{Sp_0 - mg}$$

$$x = \frac{10^{-3}\,м^3}{0{,}01\,м^2} \cdot \frac{5\,кг \cdot 10\,Н/кг}{10^5\,Па \cdot 0{,}01\,м^2 - 50\,Н} = 0{,}1 \cdot \frac{5\cancel{0}}{100\cancel{0} - 5\cancel{0}}\,м = \frac{5}{950}\,м = \frac{1}{190}\,м.$$

$x \approx \frac{1}{200}$ м $= 0{,}5$ см.

Проверим, возможно ли это (хватит ли пара). $\nu_{0п} = \frac{p_0 V}{R \cdot T}$; $\nu_п = \frac{p_0(V - xS)}{RT}$

$\nu_п < \nu_{0п}$, т.к. $x > 0$; $\nu_п > 0$, т.к. $V > xS$ ($xS = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-5}$ м$^3$; $V = 10^{-3}$ м$^3$)
$\rightarrow$ это возможно.

Ответ: $x = 0{,}5$ см.

стр 2

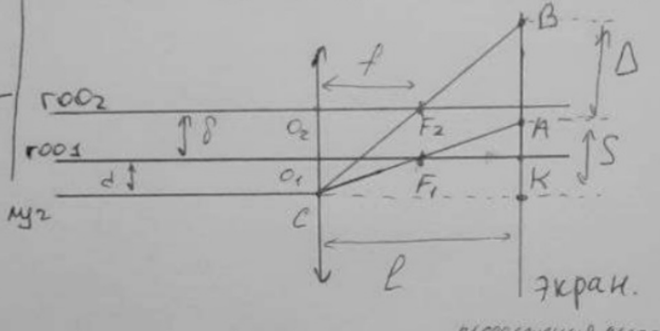
Чистовик

№4.3.1. Задача.

Дано:
$l = 20$ см
$\delta = 0{,}5$ см
$\Delta = 1$ см

$f$ - ?

Вся картина на экране смещается одинаково => выберем 1 луч и будем наблюдать за ним и по смещению.




При смещении линзы на $\delta$ изображение перешло из A в B => $AB = \Delta$. Пусть луч шел на расстоянии $d$ от $ГОО_1$. Тогда он будет идти на $(d+\delta)$ от $ГОО_2$

пусть K - точка пересечения экрана и продолжения луча ~~$ГОО_1$~~. Тогда $AK = S$, $BK = S + \Delta$.

$\Delta$ ~~$F_1$~~$C$$AK \sim \Delta F_1 C O_1$ по 2м углам: $\angle O_1 = \angle K = \frac{\pi}{2}$; $\angle O_1 F_1 C = \angle AF_1K$ - как вертикальные. Из подобия следует рав-во отношений:
$\angle AF_1K = \angle ACK$ как соот. углы при $\parallel$ых прямых: луч $\parallel$ ГОО.

$$\frac{S}{l} = \frac{d}{f} \quad (1)$$

Аналогично $\Delta O_2F_2C \sim \Delta KCB$: $\angle K = \angle O_2 = \frac{\pi}{2}$; $\angle CF_2O_2 = \angle BF_2A = \angle BCK$.

$$\Rightarrow \frac{S+\Delta}{l} = \frac{d+\delta}{f} \quad (2)$$

$$(2)-(1): \frac{S+\Delta-S}{l} = \frac{d+\delta-d}{f} \Rightarrow \frac{\Delta}{l} = \frac{\delta}{f} \Rightarrow \boxed{f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta}} = \frac{l}{2}.$$

$$f = \frac{20\text{ см}}{2} = 10 \text{ см.}$$

При построении изобр использовалось св-во луча, идущего $\parallel$но ГОО: такой луч после преломления проходит через фокус.
Если бы экран стоял до фокуса, а все обозначения сохранились, текущие формулы бы не поменялись → и ответ. Т.обр. ответ на задачу единственный, т.к. $f < l$ => экран за фокусом.

Ответ: $f = 10$ см

9621505

Черновик, стр 4

$\cancel{Md\vartheta = mdt}$

$ma = F + F_{тр}$

$Дж = Н \cdot м = \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$ ; $Вт = \frac{кг \cdot м^2}{с^3}$

$м = \left(\frac{кг \cdot м^2}{с^3}\right)^2 \cdot \frac{1}{кг^2} \cdot \frac{с^6}{м^3}$ ; $X = N^2 \cdot \frac{n}{M^2} \cdot \frac{1}{g^3}$

$\tau = \frac{N}{Mg^2}$

Вопросы.

1.3.1. Импульс системы материальных точек – векторная сумма импульсов всех материальных точек, входящих в систему. Закон сохранения импульса: если на мат. точку (систему мат. точек) не действуют внешние силы или их действие скомпенсировано, импульс мат. точки (суммарный импульс системы мат. точек) сохраняется. Импульс мат. точки – векторная физическая величина, равная произведению массы мат. точки на вектор ее (мгновенной) скорости.

2.2.1. Абсолютная влажность – скалярная физическая величина, равная массе жидкости (воды), приходящейся на единицу объема газа (воздуха). Относительная влажность – скалярная физ. величина, равная отношению абсолютной влажности рассматриваемого пара к абсолютной влажности насыщенного пара при той же температуре.

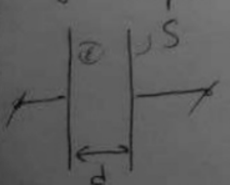
$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{нас}} \cdot 100\% = \frac{p}{p_{нас}} \cdot 100\%,$$ где $p$ – давление пара, $p_{нас}$ – давление нас. пара при той же температуре

Абсолютная влажность обозначается $\rho$, имеет размерность $[кг/м^3]$.

Относительная влажность – безразмерная величина. Иногда измеряется в %.

3.5.1. Электроемкость – ~~способность тела нак~~ скалярная физ. величина, характеризующая способность тела накапливать заряд. Электроемкость является коэффициентом пропорциональности между потенциалом (разностью потенциалов) и зарядом. Для уединенного проводника $q = \varphi \cdot C$, где $q$ – его заряд; $\varphi$ – его потенциал; $C$ – его собственная емкость.

Для плоского конденсатора: $C = \frac{S\varepsilon_0\varepsilon}{d}$, где $S$ – площадь обкладок, $\varepsilon$ – диэл. проницаемость материала м/у обкладками (для воздушного конденсатора $\varepsilon = 1$); $d$ – расстояние м/у пластинами обкладок




$d \ll \sqrt{S}$ – характерный размер пластины.

$\varepsilon_0$ – эл. ~~константа~~ постоянная, $\varepsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

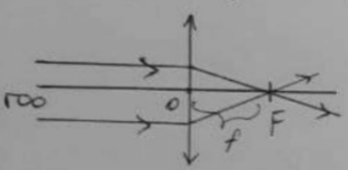
стр 4

Чистовик

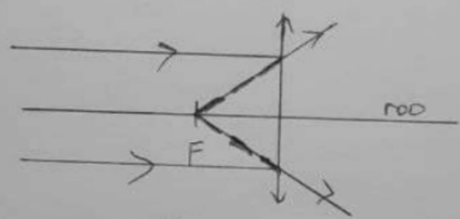
№4.3.1. Вопрос. Фокусное расстояние линзы $f$ — расстояние между ее оптическим центром и такой точкой $F \in$ ГОО, что лучи, параллельные ГОО, после преломления в линзе, сходятся в этой (·) $F$.

~~Ответ~~ $f>0$, если линза собирающая (определение дано для собир. линзы).

$f<0$, если линза рассеивающая. Тогда фокусное расстояние — расстояние м/у оптическим центром линзы и такой точкой $F \in$ ГОО, что продолжения лучей, до преломления идущих $\parallel$ ГОО, после преломления проходят через эту точку $F$. $f = [м]$




собир. линза




продолжения лучей показано пунктиром.

рассеив. линза.

Оптическая сила тонкой линзы $D$ — величина, обратная фокусному расстоянию линзы. $D=\frac{1}{f}$. $D>0$, если линза собир; $D<0$, если линза рассеивающая. $D=[дптр]$

стр 5

Чистовик

## № 1.3.1

**Дано:**

$M = 1$ кг

$N = 2$ Вт

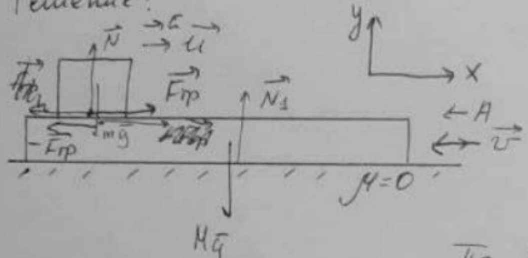
$m = \frac{M}{n}$

$n = 3$

$\mu = 0,3$

$x$ - ?

**Решение:**




Равновесие машинки вдоль OY: $mg = N$

По закону Кулона-Амонтона $F_{тр} = \mu \cdot N = \mu mg$ - сила трения скольжения.

По 3 з-ну Ньютона на доску действует $-\vec{F}_{тр}$ вдоль OX. Когда проск. прекратится, на доску не будет действовать сил вдоль OX => не будет ускорения (по 2ого з-на Ньютона), ~~т~~ скорость перестанет меняться. Относительная скорость тел станет равна 0.

Пусть $\vec{F}$ - сила, с кот. двигатель разгоняет машину в данный момент.

$m\vec{a}_x = \vec{F}_x + \vec{F}_{тр\,x}$; $ma = F + \mu mg$

$MA = -F_{тр\,x}$; $MA_x = -\mu mg$, $-M \cdot dv_x = \mu mg\, dt$

Закон сохр. и изм. импульса: $F_x dt = m\, dU_x + M\, dv_x$, $\vec{U}$ - абс. скорость машины

$N = \frac{dA_F}{dt} = \frac{F \cdot dx}{dt} = F(U - v) = F \cdot v_{от}$

$ma_{от} = F + \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right)$; $m\, dv_{от} = \frac{N\, dt}{v_{от}} + \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right) \cdot \cancel{dx}\, dt$

$$\int_0^0 m \cdot v_{от} \cdot dv_{от} = \int_0^\tau N\, dt + \int_0^x \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right) dx;$$

$$N\tau = \mu mg\left(1 + \frac{1}{n}\right) x = \mu \frac{M}{n} g \left(1 + \frac{1}{n}\right) x;$$

$$\tau = \frac{N}{Mg^2} \Rightarrow \frac{N^2}{Mg^2} = \mu \frac{M}{n} g \left(1 + \frac{1}{n}\right) x; \quad x = \left(\frac{N}{Mg}\right)^2 \cdot \frac{n^2}{n+1} \cdot \frac{1}{\mu g}$$

$$x = \left(\frac{2}{10}\right)^2 \cdot \frac{\cancel{9}^{3}}{4} \cdot \frac{1}{\cancel{0,3 \cdot 10}} = 0,03\ (м) = 3\ (см)$$

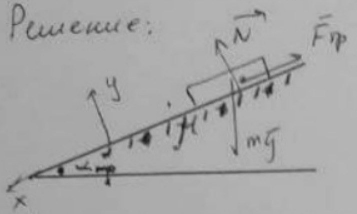
**Ответ:** $x = 3$ см.

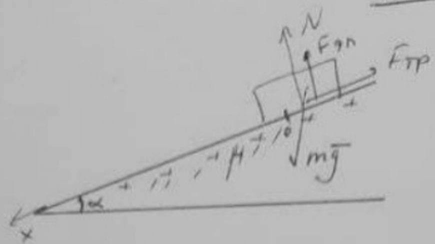
№3.5.1.

**Дано:**
$\sigma = 3 \frac{мкКл}{м^2}$
$q = 3$ мкКл
$m = 100$ гр
$\alpha_{пр} = 30^\circ$
$v_1; v_2$

$\frac{v_2}{v_1}$ - ?

**Решение:**




в незаряженном случае при $\alpha = \alpha_{пр}$:

Равновесие (OY): $mg\cos\alpha_{пр} = N$

(OX): $mg\sin\alpha_{пр} = F_{тр}$; $F_{тр} = \mu \cdot N$ =>

$mg\sin\alpha_{пр} = \mu mg\cos\alpha_{пр}$ => $\boxed{\mu = tg\,\alpha_{пр}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

при $\alpha < \alpha_{пр}$ (иначе не поедет). OY. $mg\cos\alpha = N$; ~~Fтр~~

$F_{тр}$ действует только на заехавшую часть. Пусть $x=0$ в начале шер. части.

$F_{тр} = N \cdot \frac{x}{\ell}$, где $x$ - длина заех. части; $\ell$ - полная длина.

$ma = m\ddot{x} = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha \cdot \frac{x}{\ell}$ - 2ой з-н Ньютона в пр. на OX.

$\ddot{x} + \mu g\cos\alpha \cdot \frac{x}{\ell} = g\sin\alpha$ - ур. кол. (но движение остановится при $v=0$)

$x = A\cos\omega t + B\sin\omega t + C$, где $\omega = \sqrt{\frac{\mu g\cos\alpha}{\ell}}$; $C = \ell\frac{tg\alpha}{\mu} = \frac{g\sin\alpha}{\omega^2}$

$x(0)=0$ => $A=-C$
$\dot{x}(0)=0$ => $B=0$ => $x = \ell\frac{tg\alpha}{\mu}(1-\cos\omega t)$ -> $v = \dot{x}$

$v = \ell\frac{tg\alpha}{\mu}\cdot\sqrt{\frac{\mu g\cos\alpha}{\ell}}\cdot\sin\omega t = \sin\alpha\cdot\sqrt{\frac{g\ell}{\mu\cos\alpha}}\cdot\sin\omega t = \frac{g\sin\alpha}{\omega}\cdot\sin\omega t$

при $v = v_1$ $x = \ell$, т.е. $1-\cos\omega t = \frac{\mu}{tg\alpha}$ => $\cos\omega t = 1 - \frac{\mu}{tg\alpha}$ =>

$\sin\omega t = \sqrt{1-\cos^2\omega t} = \sqrt{2\frac{\mu}{tg\alpha} - \frac{\mu^2}{tg^2\alpha}}$

В случае заряженных тел: поле равномерно заряж. плоскости

$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, $\vec{E} \perp$ плоскости. => $F_{эл} = Eq = \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$

прод. на листе 7

стр 7

Чистовик

N3.5.1. прод.

Равн. ОУ: $N + F_{эл} = mg\cos\alpha \Rightarrow N = mg\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$

$F_{тр} = \mu N_3 = \mu\left(mg\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)\cdot\frac{x}{l}$

$\cancel{m}\ddot{x} = \cancel{m}g\sin\alpha - \mu\left(\cancel{m}g\cos\alpha - \frac{\cancel{m}\sigma q}{m\cdot 2\varepsilon_0}\right)\frac{x}{l} \Rightarrow$

$\ddot{x} + \mu\left(g\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}\right)\frac{x}{l} = g\sin\alpha$; $\omega_2 = \sqrt{g\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}}\cdot\sqrt{\frac{\mu}{l}}$

$x_2(t) = A\cos\omega_2 t + B\sin\omega_2 t + C$. Аналогично $C = -A = l\cdot\frac{g\sin\alpha}{\mu\left(g\cos\alpha + \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}\right)}$ " $\frac{g\sin\alpha}{\omega_2^2}$";

$B = 0$.

$x_2(t) = l\cdot\frac{g\sin\alpha(1-\cos\omega_2 t)}{\mu\left(g\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}\right)} \Rightarrow v(t) = \dot{x}_2 = \frac{g\sin\alpha}{\omega_2^{\cancel{2}}}\cdot\cancel{\omega_2}\cdot\sin\omega_2 t$

$v(t) = v_2 \Leftrightarrow x_2(t) = l \Rightarrow$ ~~...~~ $\Rightarrow \cos\omega_2 t_2 = 1 - \frac{\mu\left(g\cos\alpha - \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}\right)}{g\sin\alpha}$

$\sin\omega_2 t_2 = \sqrt{\frac{2l\omega_2^2}{g\sin\alpha} - \frac{l^2\omega_2^4}{g^2\sin^2\alpha}} = \omega_2\sqrt{\frac{2l}{g\sin\alpha} - \frac{l^2\omega_2^2}{g^2\sin^2\alpha}}$

$v_2 = \sqrt{g\sin\alpha\left(2l - \frac{l^2\omega_2^2}{g\sin\alpha}\right)}$; $v_1 = \sqrt{g\sin\alpha\left(2l - \frac{l^2\omega^2}{g\sin\alpha}\right)}$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 - \frac{l\omega_2^2}{g\sin\alpha}}{2 - \frac{l\omega^2}{g\sin\alpha}}} = \sqrt{\frac{2g\sin\alpha - l\cdot\mu(g\cos\alpha - \sigma q/2m\varepsilon_0)\cdot\frac{1}{l}}{2g\sin\alpha - l\cdot\frac{\mu g\cos\alpha}{l}}} =$

$= \sqrt{\frac{4mg\sin\alpha\cdot\cancel{\varepsilon_0} - \mu g\cos\alpha + \sigma q}{4mg\sin\alpha\,\varepsilon_0 - \mu g\cos\alpha\cdot 2m\varepsilon_0}} = \sqrt{1 + \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha)g}}$

Если $\alpha = \alpha_{пр}$, то $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0 g(2\sin\alpha - tg\,\alpha_{пр}\cos\alpha)}} =$

$= \sqrt{1 + \frac{\sigma q}{2mg\varepsilon_0(2\sin\alpha_{пр} - \sin\alpha_{пр})}} = \sqrt{1 + \frac{\sigma q}{2mg\varepsilon_0\cdot\sin\alpha_{пр}}}$; ~~$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1+\frac{3\cdot 3\cdot 10^{-12}}{2\cdot 0{,}1\cdot 10}}$~~

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\cancel{8}\cdot\cancel{8}\cdot 10^{-12}}{\cancel{8}\cdot 10^{-12}\cdot\cancel{2}\cdot 0{,}1\cdot\cancel{10}\cdot\frac{1}{2}}} = \sqrt{2}$

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2}$

стр 1

Черновик

$\cancel{F\cdot t = MV + mu\ ,\ F = \frac{N}{u}\ ;\ t=}$

$N = \frac{dA}{dt} = \frac{F dx}{dt} = Fu$

$\frac{N}{u}\cdot dt = M\cdot dV + m\cdot du$

3С7: $\mu mg\cdot t = MV \to$

$ma = F - F_{тр}\ ;\ m\frac{du}{dt} = \frac{N}{u} - \mu mg$

$\sqrt{\frac{m^2\cdot 1/c^2}{m^2/c^4}} = c$

$mu\,du = N dt - \mu mg\ u\,dt$

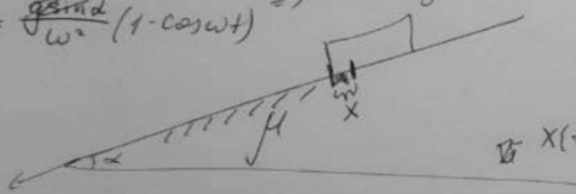
$x(t) = \frac{g\sin\alpha}{\omega^2}(1-\cos\omega t)$

$\sin\omega t = \sqrt{-\frac{l^2\omega^4}{g^2\sin^2\alpha} + \frac{2l\omega^2}{g\sin\alpha}}$

$\Rightarrow \cos\omega t = \frac{-l\omega^2}{g\sin\alpha} + 1 \Rightarrow$

$l = \frac{g\sin\alpha}{\omega^2}(1-\cos\omega t)$

$ma = mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha\cdot\frac{x}{l}$



$m\ddot{x} + \mu mg\cos\alpha\cdot\frac{x}{l} = mg\sin\alpha$

$x(t) = \frac{g\sin\alpha}{\omega^2}(1-\cos\omega t)$

$v(t) = \frac{g\sin\alpha}{\omega}\cdot\sin\omega t =$

$m\ddot{x} = mg\sin\alpha - \mu\left(mg\cos\alpha + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}q\right)\frac{x}{l}$

$= g\sin\alpha\sqrt{-\frac{l^2\omega^2}{g^2\sin^2\alpha} + \frac{2l}{g\sin\alpha}} =$

$\ddot{x} + \mu\left(g\cos\alpha + \frac{\sigma}{2m\varepsilon_0}q\right)\frac{x}{l} = g\sin\alpha$

$C = g\frac{\operatorname{tg}\alpha}{g\mu}\,l = -A$

$B = 0;$

$x(t) = l\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu}(1-\cos\omega t) \to v(t) = l\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu}\sqrt{\left(g\cos\alpha + \frac{\sigma}{2m\varepsilon_0 q}\right)\cdot\frac{\mu}{l}}\cdot\sin\omega t$

$1-\cos\omega t = \frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha} \Rightarrow \sin\omega t = \sqrt{1-\left(1-\frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha}\right)^2} = \sqrt{2\frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha} - \frac{\mu^2}{\operatorname{tg}^2\alpha}}$

$\sqrt{g\sin\alpha\left(\frac{l^2\omega^2}{g\sin\alpha} + 2l\right)}$

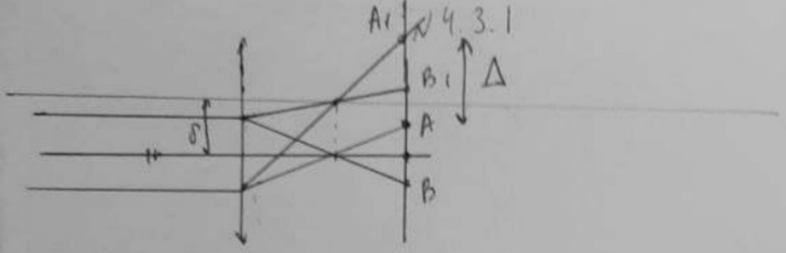
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{l\sin\alpha/\cos\alpha}{\mu\cdot\sin\alpha}\cdot\frac{\sqrt{\left(g\cos\alpha + \frac{\sigma}{2m\varepsilon_0}q\right)\cdot\frac{\mu}{l}}}{\sqrt{gl}}\cdot\sqrt{\mu\cos\alpha}$

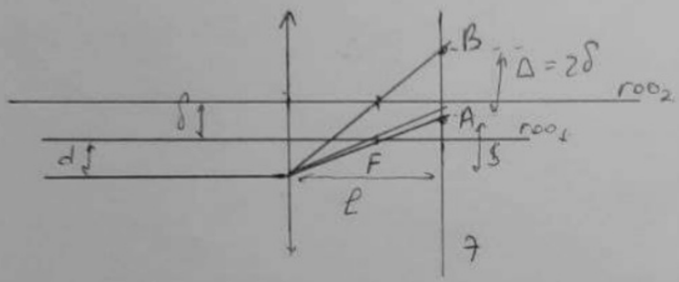
$\frac{v_2}{v_1} = \frac{l^2\omega^2 + 2lg\sin\alpha}{l^2\omega_1^2 + 2lg\sin\alpha}$

$= \frac{l\sin\alpha\sqrt{g\cos\alpha + \frac{\sigma q}{2m\varepsilon_0}}\cdot\sqrt{\mu}\sqrt{\cos\alpha}}{\mu\sin\alpha\sqrt{g}\cdot l} = \sqrt{\cos^2\alpha + \frac{\sigma q\cos\alpha}{2m\varepsilon_0 g}}$

ф 2

Черновик 4/4



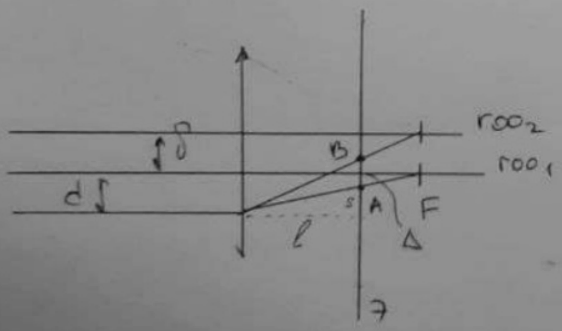




$$\frac{d}{F} = \frac{S}{l}$$

$$\frac{d+\delta}{F} = \frac{S+\Delta}{l}$$

$\ominus$

$$\frac{d+\delta}{F} - \frac{d}{F} = \frac{S+\Delta}{l} - \frac{S}{l}; \quad \frac{\delta}{F} = \frac{\Delta}{l} \Rightarrow F = l \cdot \frac{\delta}{\Delta}$$




$$\cancel{\frac{l}{S} = \frac{F-l}{d}}$$

$$\frac{S}{l} = \frac{d}{F}$$

$$\frac{d+\delta}{F} = \frac{S+\Delta}{l}$$

Черновик, стр 3

$N = \frac{dA_F}{dt} = \frac{F \cdot d\cancel{S}}{dt} = F \cdot v_{абс}$ абс

$\frac{N}{v} = m \cdot a + MA$

$m\ddot{x} = \frac{N}{\dot{x}} - \mu mg$ ; $m \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{N}{v} - \mu mg$ $\frac{N}{v} = \frac{N}{v} - F_{тр} + F_{тр}$

$m v dv = Ndt - \mu mg \cdot (vdt)$ $dS$ $F = F_{тр} \Rightarrow \frac{N}{u} = \mu mg$

$m v dv = Ndt - \mu mg dx \rightarrow \frac{mv^2}{2} = N \cdot t - \mu mg \cdot x$

$\mu mg dt = Mv$

$\cancel{\frac{Mv^2}{2}}$ $\mu mg dt = M dv$ $\boxed{\frac{N}{v} dt = m dv + M du}$ абс абс

$\frac{Mv^2}{2} = \mu mg x$ $Nt = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} + \mu mg(-x)$

$x + l$

$\frac{mv^2}{2} = Nt - \mu mg S$ $0 = Nt - \mu mg x$

$\frac{mv^2}{2} = Nt - A_{тр} = Nt - \mu mg x$ $Nt = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} - \mu mg x$

$\frac{Mv^2}{2} = \mu mg x$ $m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F_{тр}} - m\vec{A}$

$m a_{от} = F - F_{тр} - \frac{m}{M} F_{тр}$ , $m a_{от} = F - \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right)$

$m \cdot \frac{dv_r}{dt} = \frac{N}{v} - \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right)$ ; $m v dv = N dt - \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right) dx$

$\frac{mv^2}{2} = Nt - \mu mg\left(1 + \frac{m}{M}\right)x$ $\frac{(m+M)v^2}{2} = Nt - \mu mg x$

$mv = \mu mg t$

$m du = \frac{N dt}{u - v} - \mu mg dt$ $m(u - v)du = Ndt - \mu mg u dt + \mu mg v dt$

$\frac{Mv^2}{2} = \mu mg x$

$m u du - m v du = \cancel{\mu mg u dt + \mu mg} - \mu mg dx$ $\frac{Дж}{с \cdot Дж}$

$\cancel{\frac{Mv^2}{2}}$ $m du = \frac{N}{u - v} dt$ $\tau = \frac{\cancel{Mg}}{\cancel{Mx}} \frac{N}{Mgx}$