



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Попов Александр Максимович**

Класс: 11

Технический балл: **85**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9796141

	1	2	3	4	Σ
Задача	9	15	15	15	85
Вопрос	9	9	6	7	

Задача 1.3.1.

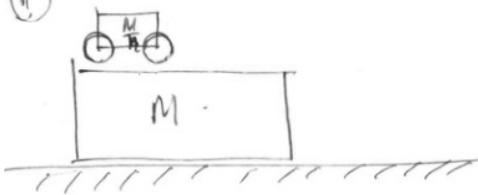
Числовик

Довести на вопросы:

1) Шипулы системы материальные точки есть векторная сумма шипулов точек этой системы: $\vec{r}_{шипулы} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \dots$

2) Если на систему не действуют внешние силы (или их нет в проекции на ось Ox) или их действие скомпенсировано (или скомпенсировано в проекции на ось Ox), координат) или время взаимодействия t бесконечно мало, то шипулы системы сохраняются (в проекции на ось Ox).

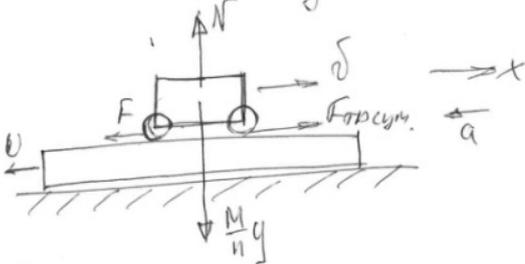
1)



- начальная скорость колес $\neq 0$, доски и машинки $= 0$.
- ~~Сразу~~ когда колеса перейдут проскальзывание, сила трения перейдет совершить работу.

2) Рассмотрим машинку с доской произвольной момент времени:

v - скорость машинки
 U - скорость доски.



3) Рассмотрим силы, действующие на машинку:

$F_{тр. сум} = \sum F_{тр. k}$ - сумма сил трения колес, где $F_{тр} = \mu N_{сум} = \mu \frac{M}{n} g$

2ЗМ в проекции на X : $F_{тр} = \frac{M}{n} a_{карт. отн.}$
 F - сила, с которой двигателю вращают колёса.

2ЗМ: X : $F - F_{тр. сум} = \frac{M}{n} a_{карт. отн.}$

X : $F_{тр} = M a_{доск.}$ $\frac{M}{n} a_{маш} = F - F_{тр.} \Rightarrow$

6) По 3СУ: $\vec{a}_{доск} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{пер}$

$\Rightarrow a_{маш} = const, a_{доск} = const \Rightarrow a_{отн} = \vec{a}_{доск} + \vec{a}_{маш}$

7) Рассмотрим ситуацию в колесе: колёса будут двигаться без проскальзывания \Rightarrow скорости точек доски и края колеса станут равны, ~~так как $v_{отн} = v_c$~~ , то $v_c = v_d \Rightarrow v_m = 0$ - ~~нет скорости~~

по 3ИМЭ:

$A_{тр} + A_x = \frac{M v_m^2}{2n} + \frac{M v_d^2}{2}$

$A_x = X \cdot t, A_{тр} = -F_{тр} \cdot X$, где X - отн. перемещение.

$X = \frac{a_{отн} t^2}{-2}$

$t = \sqrt{\frac{2X}{a_{отн.}}}$

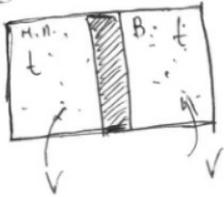
$N \cdot \sqrt{\frac{2X}{a_{доск} - a_{маш} - a_{доск}}} - F_{тр} X = \frac{M v_m^2}{2n} + \frac{M v_d^2}{2}$

Лист 1

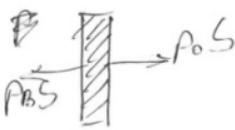
Задача 2.2.11

Числовик

① Рассмотрим сосуд в герметичной пластмассе: т.е. пар является насыщенным, то при $t=100^\circ\text{C}$, $p_{\text{нп}} = p_0$.



Рассмотрим поршень:



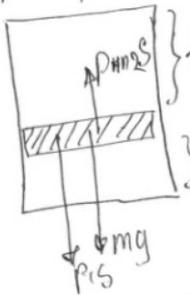
$p_0 S = p_{\text{нп}} S$, откуда $p_{\text{нп}} = p_0$.

По уравнению М-К:

② Рассмотрим цилиндр после перевертывания; через промежуток времени t .

$p_0 V = \nu_{\text{нп}} R t$, где $\nu_{\text{нп}}$ - кол-во пара

$p_0 V = \nu_{\text{в}} R t$ $\nu_{\text{в}}$ - кол-во воздуха.



Если длина цилиндра l , то в этом состоянии имеем: высота под поршнем $l-x$, над $l+x$.

Если действующие на поршень:

③ т.к. $t = \text{const}$, то при установившемся состоянии пар не будет конденсироваться, а вода конденсируется в воду $\Rightarrow p_{\text{нп}} = p_0$,

тогда по ИУР: $p_1 S = p_0 S + mg$, откуда $p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$

④ т.к. давление в верхней части увеличилось и давление уменьшилось, то пар в воздухе не конденсировался, $p_1 \Rightarrow \nu_{\text{в}}$ в начале = $\nu_{\text{в}}$ в конце.

По ур. М-К: $p_1 (l+x) S = \nu_{\text{в}} R t$, откуда:

$p_1 (l+x) S = p_0 V$

$x = \frac{p_0 V}{p_1 S} - l = \frac{p_0 V}{p_0 S + mg} - l = \frac{p_0 V}{(p_0 - \frac{mg}{S}) S} - \frac{V}{S} = \frac{V}{S} \left(\frac{p_0}{p_0 - \frac{mg}{S}} - 1 \right) = \frac{V}{S} \left(\frac{p_0 - p_0 + \frac{Mg}{S}}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right) =$

$= \frac{V}{S} \left(\frac{Mg}{p_0 S - Mg} \right) = \frac{V}{S} \left(\frac{Mg}{p_0 S - Mg} \right)$

⑤ $x = \frac{0,001}{0,01} \left(\frac{5 \cdot 10^5}{10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^5} \right) = 0,1 \left(\frac{5}{95} \right) \approx 0,1 \cdot \frac{1}{19} \approx 0,005 \text{ м (0,5 см)}$

Ответ: 0,5 см.

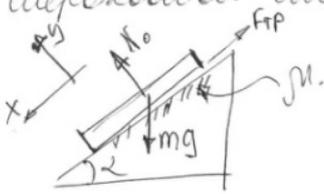
Влажность - отношение массы пара к объёму, в котором он находится (плотность пара) ^{в воздухе}

Отн. влажность - отношение давления пара к давлению насыщенного пара при данной температуре.

Задача 3.5.1

Числовик

1) Рассмотрим ситуацию, когда пластинка покоится на шероховатой части плиты:



По второму закону Ньютона для покоящейся пластинки:

$$\begin{cases} y: N = mg \cos \alpha \\ x: F_{тр} = mg \sin \alpha \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} F_{тр} = \mu N \text{ - крив. закон.} \\ \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha, \text{ откуда} \end{array} \right\}$$

$$\boxed{\mu = \tan \alpha}$$

2) Рассмотрим движение пластинки без зарядов:

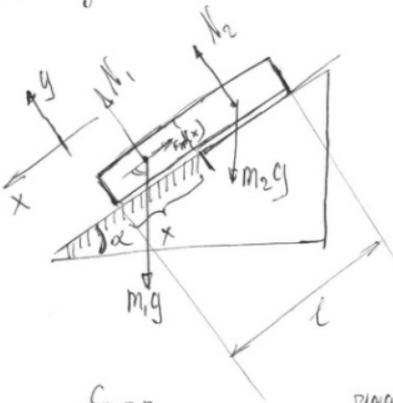


Введем 0 в протек. энергии: от преломит через ц.м. пластинки, когда она пологится полностью на шероховатой поверхности. пока однородная поверхность. Если длина пластинки l , тогда

По закону сохранения ЗИМЭ:

$$A_{тр} = \Delta E, \text{ где } A_{тр} \text{ - работа силы трения, } \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} - mgl \sin \alpha, \sin \alpha \text{ - расстояние, на которое спускается ц.м. пластинки.}$$

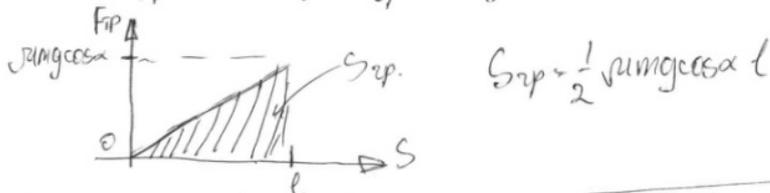
3) Найдем $A_{тр}$: рассмотрим пластинку в произвольной момент времени:



Пусть dx - длина части пластинки, находящейся на шероховатой поверхности - x , тогда в силу однородности пластинки:

$$m_1 = \frac{m}{l} \cdot x, \text{ По 2ЗМ: } \begin{cases} y: N_1 = m_1 g \cos \alpha, F_{тр}(x) = \mu N_1 = \\ F_{тр} = \frac{\mu m}{l} \mu mg \cos \alpha x, \end{cases} \quad \boxed{F_{тр}(x) = \mu mg \cos \alpha \frac{x}{l}}$$

Посореш график зависимости F силы трения от переменной x :



$$A_{тр} = -S_{тр}$$

$$\boxed{A_{тр} = -\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l}$$

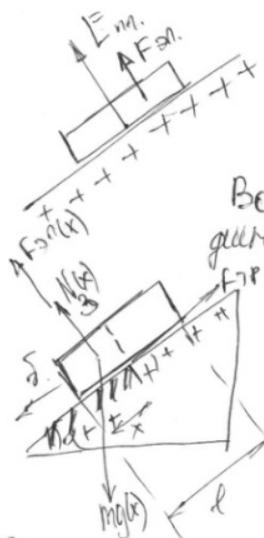
4) В итоге получаем: $-\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l = \frac{mv_1^2}{2} - mgl \sin \alpha, \quad \boxed{v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l}$

5) Рассмотрим взаимодействие пластинки и плиты, если сообщены или заряды:

Числовик

$$E_{nn} = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0}$$

Т.к. пластина обладает положительным зарядом, то сила со стороны пластины, $F_{ЭП} = Eq$, будет направлена от пластины.
 $F_{ЭП} = \frac{|\sigma|q}{2\epsilon_0}$ $q > 0, \sigma > 0$



Возьмем произвольный промежуток времени, где длина части пластины x :

$$F_{ЭП} = \mu N_3(x)$$

$$N_3 = \frac{mg \cos \alpha}{m(x)} - F_{ЭП}(x)$$

$$m(x) = \frac{m}{l} x$$

$$F_{ЭП}(x) = \frac{F_{ЭП} \cdot x}{l} \quad \text{— квадрат ширины } x \text{ в } F_{ЭП} \rightarrow$$

$$F_{ЭП} = \mu \frac{1}{2} (mg \cos \alpha - F_{ЭП}) \frac{x}{l}$$

Построим график зависимости $F_{ЭП}(\epsilon)$

$$A_{ЭП} = -S_{ЭП} = -\frac{1}{2} (\mu(mg \cos \alpha - F_{ЭП}))$$

По ЗУМЭ для заряженной пластины:

$$A_{ЭП} + A_{ЭП} = \frac{mv_2^2}{2} - mgl \sin \alpha, \text{ где } A_{ЭП} = 0 \text{ т.к. } v_2 \perp F_{ЭП}$$

$$-\frac{1}{2} (\mu(mg \cos \alpha - F_{ЭП})) = \frac{1}{2} mv_2^2 - mgl \sin \alpha$$

$$v_2^2 = 2mgl \sin \alpha - \mu(mg \cos \alpha - F_{ЭП})$$

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{2gl \sin \alpha - \mu(mg \cos \alpha - \frac{F_{ЭП}}{m})}{2gl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha} = \frac{2gl \sin \alpha - \mu(g \cos \alpha - \frac{0q}{2m\epsilon_0})}{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha} \quad \text{т.к. } \mu = \frac{q}{2m\epsilon_0}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{2gl \sin \alpha - g \sin \alpha + \frac{q}{2m\epsilon_0}}{2gl \sin \alpha - g \sin \alpha} = \frac{g \sin \alpha + \frac{q}{2m\epsilon_0}}{g \sin \alpha} = \sqrt{1 + \frac{q}{g \sin \alpha 2m\epsilon_0}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^8}{\sqrt{3} \cdot 9.8 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{-22}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}} \quad \text{— прав } \quad \text{Ответ: } \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$$

Электроемкость — величина, характеризующая способность конденсатора накапливать электрический заряд при данной разности потенциалов.

Формула электроемкости: $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

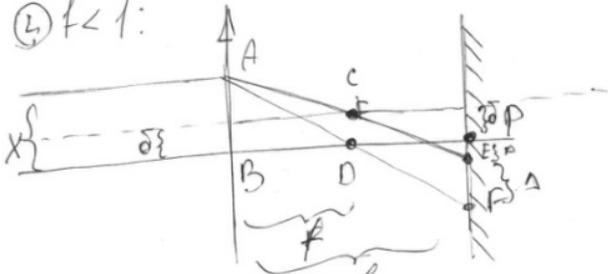
— это некое количество

Задача 4.3.1

Числовые

1) Рассмотрим положение точки на экране в 2 случаях:
 когда $f > l$ и $f < l$.

2) $f < l$:



Пусть луч разойдется на расстоянии x от ГОО.

$\Delta ABO \sim \Delta POF$

$AB = x$ $PF = \rho$ - расстояние от ГОО до Р

E - точка после передвижения линзы $\Rightarrow EF = \Delta$, $PE \parallel$

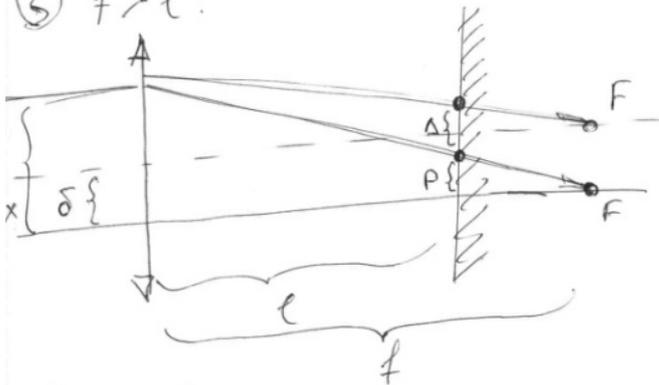
из подобия:

$\frac{x}{f} = \frac{\rho + \Delta}{l - f}$ - до передвижения. $\frac{x - \delta}{f} = \frac{\delta + \rho}{l - f}$ - после.

$\frac{x}{f} = \frac{\rho + \Delta}{l - f} = \frac{\delta + \rho}{l - f} + \frac{\delta}{f}$ $\frac{\Delta - \delta}{l - f} = \frac{\delta}{f}$ $f(\Delta - \delta) = \delta(l - f) = \delta l - \delta f$
 $f\Delta = \delta l \Rightarrow \boxed{f = \frac{\delta l}{\Delta}}$

$f = \frac{95 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$

3) $f > l$:



Аналогично из геометрии:

$\frac{x}{f} = \frac{\rho}{l - f}$ $\frac{x - \delta}{f} = \frac{\Delta + \rho - \delta}{l - f}$

$\frac{x - \delta}{f} = \frac{\Delta}{l - f} + \frac{\rho}{l - f} - \frac{\delta}{l - f}$

$\frac{\rho}{f} - \frac{\delta}{f} = \frac{\Delta}{l - f} + \frac{\rho}{l - f} - \frac{\delta}{l - f}$

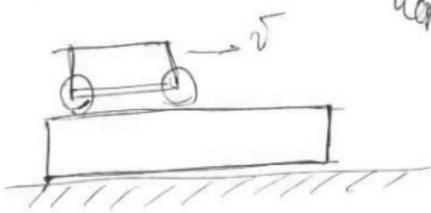
$\frac{\delta - \Delta}{f - l} = \frac{\delta}{f}$ $f(\delta - \Delta) = \delta l - \delta f$

$\boxed{f = \frac{\delta l}{\Delta}}$

$f = \frac{95 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$ - взаиморасположение экрана и фокусного расстояния и знака не важно на ф.р.
 Ответ: 10 см.

Оптическая сила линзы - величина, обратной фокусному расстоянию, характеризующая фактически способность оптической линзы.

Фокусное расстояние - расстояние между главным оптическим центром линзы и точкой, лежащей на ГОО, в которой пересекутся лучи, параллельные входным в линзу и перпендикулярные ей.



Устройство 1 (1) ~~F~~ т.к. мощность

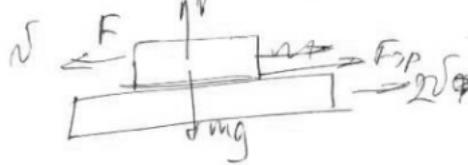
$N \cdot t = F \cdot S$ $F = \frac{N}{v_{\text{ном}}}$

$N = \text{const}$, то

$N = \text{const} \Rightarrow F = \text{const}$

б. с.о. колеса:

$S_{\text{сдв}} = S_{\text{отн}} + S_{\text{пер}}$



$S_{\text{пер}} = S$ колеса.

~~не~~

$\sum mg S + N \cdot t$

~~F~~ ~~F~~ $S = \frac{at^2}{2}$

$A = F - F_{\text{тр}}$

$A = \frac{m v^2}{2n} + \frac{m v^2}{2} = A$ $A = F_{\text{тр}} + N \cdot t$

$a = F - mg$ $F = \frac{N}{v} - mg$

$\frac{m v}{n} = \frac{m v}{n} - 2 m v$

$S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$

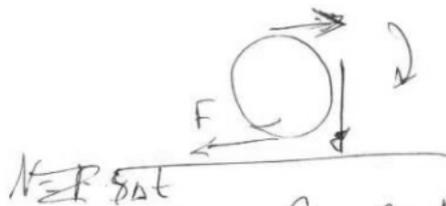
$S_{\text{отн}} = S_{\text{сдв}} - S_{\text{пер}}$

$p = m v$ ~~$F = \frac{N}{v}$~~ \Rightarrow

~~$\frac{m v}{n} = -2 m v$~~

\Rightarrow ~~$R p = F \cdot \Delta t$~~ $\rightarrow \frac{N}{S} = p$

S:



ЗУМ Д:

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

$A_{\text{тр}} + A_{\text{гн}} = \frac{m v^2}{2} + m$

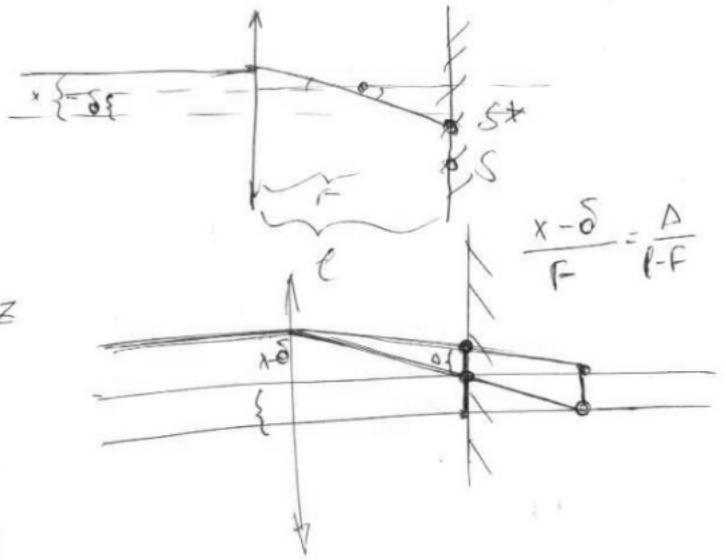
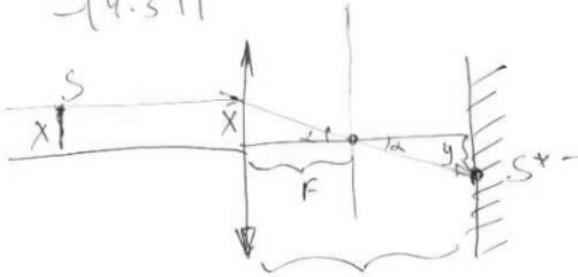
$F \cdot S = N \cdot t$

$a_{\text{отн}} = a_{\text{сдв}} - a_{\text{пер}}$

$F = \frac{N}{v_0}$

Черновики 3

3(4.31)



$$\frac{X}{F} = \frac{(X+\Delta)}{l-F} \Rightarrow \frac{X-\delta}{F} = \frac{X}{l-F}$$

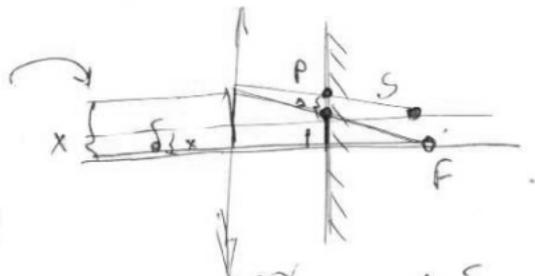
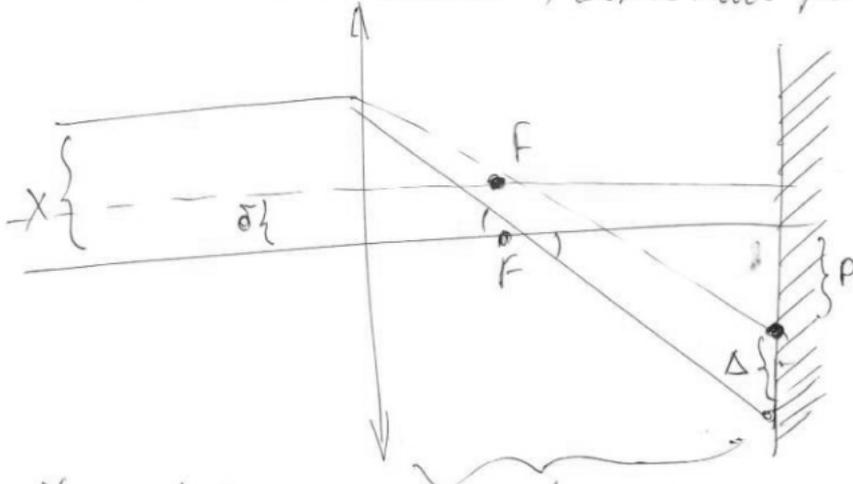
$$\frac{X}{F} \frac{X+\Delta}{l-F} - \frac{\delta}{F} = \frac{X}{l-F} \quad | \cdot F$$

$$\frac{\Delta}{l-F} = \frac{\delta}{F} \Rightarrow \Delta = \frac{\delta}{F} (l-F)$$

$$F = \frac{l\delta}{\Delta + \delta} = \frac{20 \cdot 0,005}{\frac{10}{1,5} + 0,005} = \frac{10}{1,5} = \frac{100}{15} =$$

$$= \frac{20}{3} = 6 \frac{2}{3} \text{ cm}$$

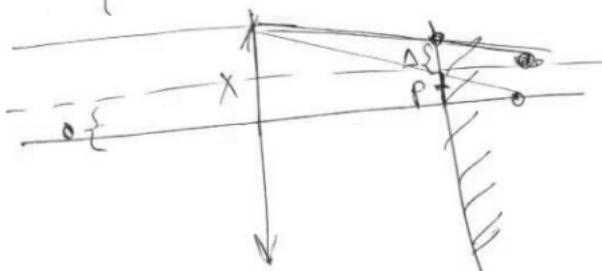
Р.р. - расстояние, на котором вытравленные предмет и изображение имеют одинаковые размеры резкости.
 это. сила - величина, обратная фокусной длине расстоянию.



$$\frac{X}{F} = \frac{P}{F-l} \quad \frac{X-\delta}{F} = \frac{P+\delta}{F-l}$$

$$\frac{X}{F} = \frac{l-F}{F}$$

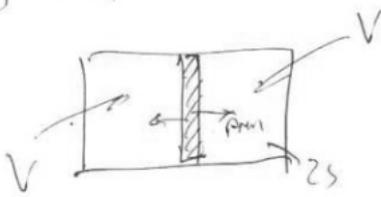
$$\frac{P}{F-l} - \frac{\delta}{F} = \frac{P}{F-l}$$



$$\frac{X}{F} = \frac{P}{F-l}$$

$$\frac{X-\delta}{F} =$$

3 221



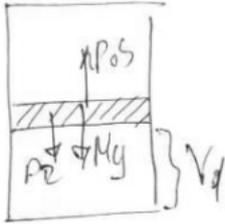
$$p_{min} V = \nu R T \quad \nu = \frac{p_0 V}{RT} = 373$$

$$p_0 S = \nu R T \quad \nu = \frac{p_0 V}{RT}$$

$$\frac{100}{95} \Big| \frac{19}{0,052}$$

$$\frac{50}{38} \\ \frac{12}{12}$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{min}}$$



$$p_0 S = p_2 S + Mg$$

$$p_0 \frac{V_1}{S} = \nu R T$$

$$V_1 = \frac{\nu R T}{p_0}$$

$$p_2 (2V - V_1) = \nu R T$$

$$p_2 2V - \frac{p_2 \nu R T}{p_0} = \nu R T$$

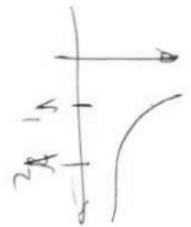
Uppre 5

$$p_2 \left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right) \left(2V - \frac{\nu R T}{p_0} \right) = \nu R T$$

$$2V - \frac{\nu R T}{p_0} = \frac{\nu R T}{\left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right)}$$

$$\frac{\nu R T}{p_0} = 2V - \frac{\nu R T}{p_0 - \frac{Mg}{S}}$$

$$\nu = \frac{p_0}{RT} \left(2V - \frac{\nu R T}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right)$$



$$p_{min} V_2 = \nu R T = p_{min} V_2 = p_0 \left(2V - \frac{\nu R T}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right)$$

$$V_2 = \frac{p_0}{p_{min}} \left(2V - \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right) = 2,7 - \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 - \frac{5 \cdot 10}{0,01}} = 2,002 - \frac{100}{10^5 - 5000}$$

$$0,002 - \frac{100}{100000 - 5000} = 0,002 - \frac{1}{100950}$$

$$X = \frac{0,001}{0,01} \left(\frac{10^5}{10^5 - 5000} - 1 \right) = 0,1 \left(\frac{10^5}{10^5 - 5000} - 1 \right)$$

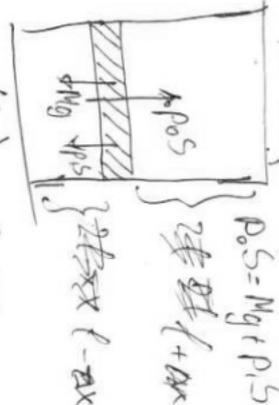
$$X = \frac{100}{950} - 1 = -\frac{50}{950}$$

$$\left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right) (V + X \cdot S) = p_0 V$$

$$\left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right) (V + X \cdot S) = p_0 V$$

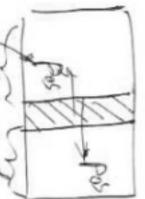
$$p_1 = p_0 - \frac{Mg}{S}$$

$$p_0 (V - X) S = \nu R T$$



$$p_0 = p_2 + p_1$$

$$p_0 V = \nu R T$$



$$\Delta V = 0,00005$$

$$\Delta h = \frac{0,00005}{0,01} = 0,005 \text{ m} = 0,5 \text{ cm}$$

$F_{тр} = \mu N$

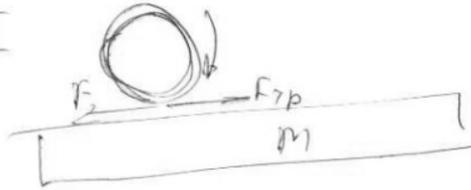
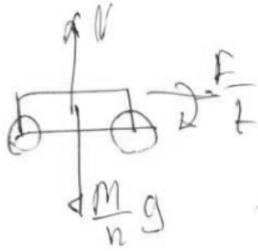
$N = \frac{F}{\epsilon}$

через диск



$N = U \eta \quad A = U I t \Rightarrow A = N \cdot t$

$A = F \cdot s = N \cdot t \Rightarrow N = \frac{F \cdot s}{t} = \sqrt{F \cdot v}$



$F_{тр} = \mu N = \mu \frac{M}{3} g$
 $N = F \cdot \delta$

1) к мощности, когда колесо обкатывается, скорость вращения увеличивается, перемещение скорости доски и нитки от доски до колес, т.е. $S_{отн} = 0 \Rightarrow$ сила трения совершает работу: $\delta x g \Rightarrow v_e = v_g \Rightarrow \delta M = 2 \delta g$

$A_{тр} + A_{g} = \frac{(2a)^2 \frac{M}{n}}{2} + \frac{\delta^2 M}{2}$

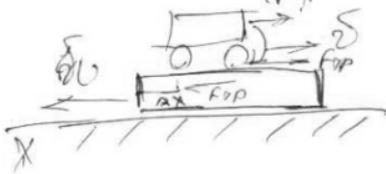
$F_{тр} = F_{тр} x$

$A_{тр} = v \cdot t$

$p = F \cdot v \quad N = \text{const}$

$\frac{p_m (l-x) \delta \cdot \delta_2 RT}{p_m (l) \delta = \delta_2 RT} \quad \frac{l-x}{l} = \frac{\delta_2}{\delta_1}$

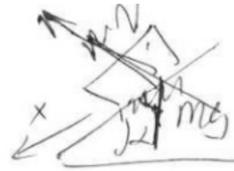
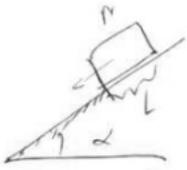
$\delta_1 (l-x) = \delta_2 = \frac{l-x}{l} \delta_1$



$\frac{0,001}{0,01}$

$56 \delta^2 a = 9,81 \cdot 0,56 = 10 \cdot 0,5 \cdot 0,61^2 = 0,1895$
 $\frac{0,61}{1} = 10 \cdot \frac{9,81}{1} = 10 \cdot \frac{9,81}{5} = \frac{1000-50}{5} = \frac{950}{5} = 190$
 $\frac{9,81-0,61}{1000} = \frac{9,20}{1000} = \frac{9,20}{1000} = 0,0092$

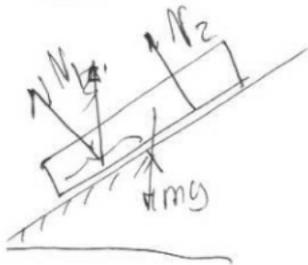
$\frac{5}{1000} \quad \frac{9,81}{1000}$
 $\frac{9,81-5}{1000} = \frac{4,81}{1000}$



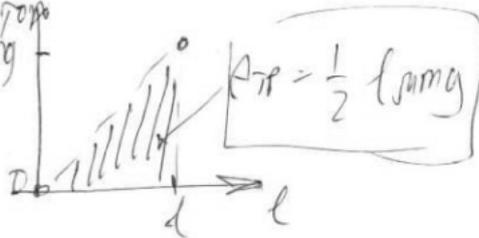
$N = mg \cos \alpha$
 $F_{op} = mg \sin \alpha$
 $\mu N = mg \cos \alpha$

Коробку 7

$\mu \cos \alpha = \sin \alpha$
 $\mu = \tan \alpha$



$F_{sp} = \mu N$
 F_{pop}
 μmg

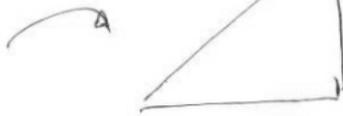
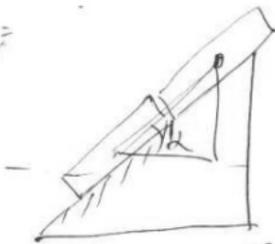


$A_{sp} = \frac{1}{2} (\mu mg)$



$F_{sp} = \mu \frac{mg x}{l}$

$A_{sp} =$

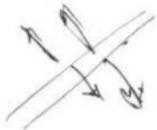


$\Delta E_n = mg l \sin \alpha$

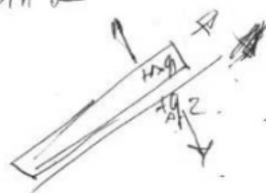
$-\frac{1}{2} \mu mg = \frac{\mu^2 g l^2}{2} - mg l \sin \alpha$

$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

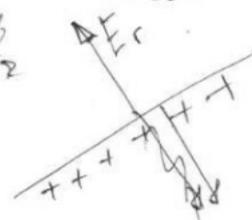
$E = \frac{q l}{2 \epsilon_0 S}$



$F = Eq$



$f = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$



$E_2 = \frac{q_2}{2 \epsilon_0}$

$N = mg \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = F_{sp}$

$F =$

$F_{sp2} =$

$\frac{\partial}{\partial t} = \dots$
 $\frac{\partial}{\partial t} = \dots$
 $\frac{\partial}{\partial t} = \dots$

$\frac{t}{s} = \frac{t-t}{s-s} \Leftrightarrow \frac{t}{s} = \frac{1-t}{s-t}$

$\frac{t}{s} + \frac{1-t}{s} - \frac{1-t}{s} + \frac{t-t}{s} = \frac{t-t}{s}$

$-\frac{t}{s} + \frac{t-t}{s-t+s} = \frac{t}{x} \quad \frac{t-t}{s} = \frac{t}{x}$

$\frac{t-t}{s} + \frac{t-t}{s} = \frac{t}{s} - \frac{t}{x}$

$\frac{t-t}{s} + \frac{t-t}{s} = \frac{t}{x}$