



**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.

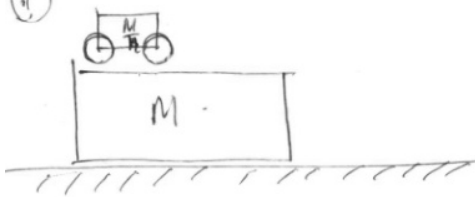
Числовик

Довести на вопросы:

1) Шипулы системы материальных точек 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), то шипулы системы сохраняются (в проекции на ось Ox) бесконечно долго, то шипулы системы сохраняются (в проекции на ось Ox) бесконечно долго, то шипулы системы сохраняются (в проекции на ось Ox) бесконечно долго.

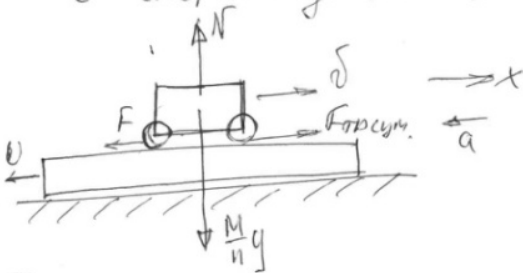
1)



- сначала скорость колес $\neq 0$, доски и машинки $= 0$.
- ~~тогда~~ когда колеса перестанут проскальзывать, сила трения перестанет совершать работу.

2) Рассмотрим машинку с доской произвольной момент времени:

v - скорость машинки
 U - скорость доски.



3) Рассмотрим силы, действующие на машинку:

$F_{тр. сум} = 2F_{тр. кол} =$ сумма сил трения колес, где $F_{тр} = \mu N_{полн} = \mu \frac{M}{n} g$

2ЗМ в проекции на X : $F_{тр} = \frac{M}{n} a_{полн. осм.}$
 F - сила, с которой двигатели вращают колеса.

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

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

6) По 3СУ: $a_{доск} = a_{полн} + a_{пер}$

$\Rightarrow a_{маш} = const, a_{доск} = const \Rightarrow a_{полн} = a_{доск} + a_{маш}$

7) Рассмотрим ситуацию в колесе: колеса будут двигаться без проскальзывания \Rightarrow скорости точек доски и края колеса станут равны, ~~тогда $v_{полн} = v_c$~~ , 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 - осм. перемещение.

$X = \frac{a_{полн} t^2}{-2}$

$t = \sqrt{\frac{2X}{a_{полн.}}}$

$N \cdot \sqrt{\frac{2X}{a_{доск} - a_{маш} - a_{полн. осм.}}}$

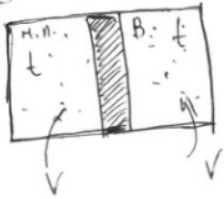
$-F_{тр} X = \frac{M v_m^2}{2n} + \frac{M v_d^2}{2}$ v_d - скорость доски, v_m - скорость машинки.

Лист 1

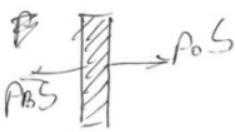
Задача 2.2.11

Числовик

① Рассмотрим сосуд в горизонтальной плоскости:
~~Т.е. пар является насыщенным, то~~
 при $t=100^\circ\text{C}$, $p_{\text{нп}} = p_0$.



Рассмотрим поршень:



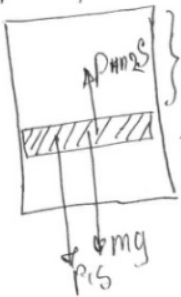
$p_0 S = p_0 S$, откуда $p_a = p_0$.

По уравнению М-К:

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

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

② Рассмотрим цилиндр после перевертывания; через промежуток времени ~~период~~



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

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: $p_0 S = p_1 S + mg$, откуда $\boxed{p_1 = p_0 - \frac{mg}{S}}$

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

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

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

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

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

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

Ответ: 0,5 см.

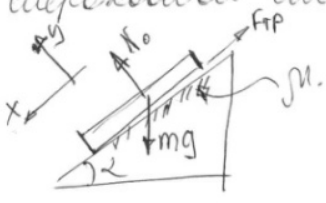
Влажность - отношение массы пара к объёму, в котором он находится (плотность пара) ^{в воздухе}

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:
 y: $N = mg \cos \alpha$
 x: $F_{тр} = mg \sin \alpha$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha, \text{ откуда}$$

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

② Рассмотрим движение пластинки без зарядов:

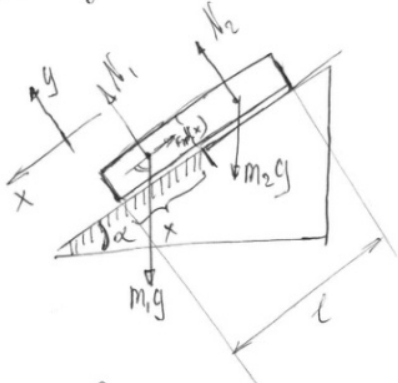


Введем 0 в п.отем. энергии: от поверхности шероховатой части плиты, когда она покоится шероховатой поверхности. Если длина пластинки l , тогда

По закону сохранения ЗИМЭ:

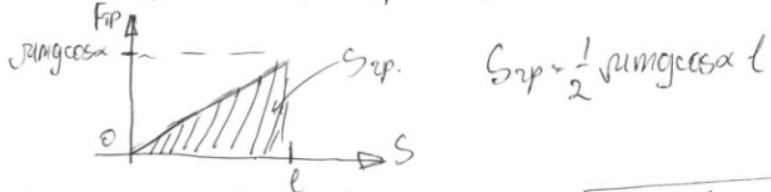
$A_{тр} = \Delta E$, где $A_{тр}$ - работа силы трения, $\Delta E = \frac{mv_1^2}{2} - mgh \sin \alpha$, $h \sin \alpha$ - расстояние, на которое спускается ц.м. пластинки.

③ Найдем $A_{тр}$: рассмотрим пластинку в произвольной момент времени: пусть x - длина части пластинки, лежащей на шероховатой поверхности - x , тогда в силу однородности пластинки:



По 2ЗМ:
 y: $N_1 = m_1 g \cos \alpha$, $F_{тр}(x) = \mu N_1 = \mu m_1 g \cos \alpha = \frac{\mu m g \cos \alpha}{l} x$, $F_{тр}(x) = \mu m g \cos \alpha \frac{x}{l}$

Посмотрим график зависимости F силы трения от переменной x :



$$A_{тр} = -S_{тр}$$

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

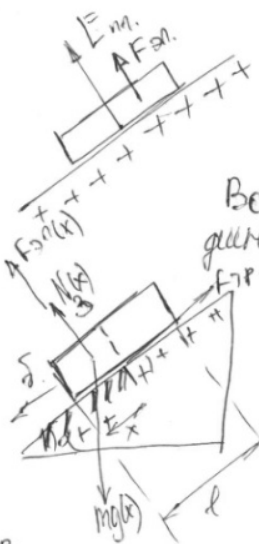
④ В итоге получаем: $-\frac{1}{2} \mu m g \cos \alpha l = \frac{mv_1^2}{2} - mgh \sin \alpha$, $\boxed{v_1^2 = 2gh \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l}$

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

Числовик

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

Т.к. пластинка обладает коллоидальными зарядами, то сила со стороны пластины, $F_{\text{эл}} = Eq$, будет направлена от пластины.
 $F_{\text{эл}} = \frac{|\sigma|q}{2\epsilon_0}$ $q > 0, \sigma > 0$



Возьмем произвольный промежуток времени, где длина части пластины x :

$$F_{2TP} = \mu N_3(x)$$

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

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

$$F_{\text{эл}}(x) = \frac{F_{\text{эл}} \cdot x}{l} \text{ - квадрат части эл. в F_2TP. } \rightarrow$$

$$F_{1P2} = \mu \frac{1}{2} (mg \cos \alpha - F_{\text{эл}}) \frac{x}{l}$$

Построим график зависимости $F_{1P2}(x)$



$$A_{1P2} = -S_{\text{пл}} = -\frac{1}{2} (\mu (mg \cos \alpha - F_{\text{эл}}))$$

По ЗУМЭ для заряженной пластинки:

$$A_{1P2} + A_{\text{эл}} = \frac{mv_2^2}{2} - mgl \sin \alpha, \text{ где } A_{\text{эл}} = 0 \text{ т.к. } v_2 \perp F_{\text{эл}}$$

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

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

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{2gl \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - \frac{qQ}{m})}{2gl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha} = \frac{2gl \sin \alpha - \mu (g \cos \alpha - \frac{Qq}{2m\epsilon_0})}{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha} \text{ где } \mu = \frac{1}{2} \epsilon_0$$

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

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{\sqrt{3} \cdot 95 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{-12}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}} \text{ - прав } \text{ Ответ: } \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$$

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

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

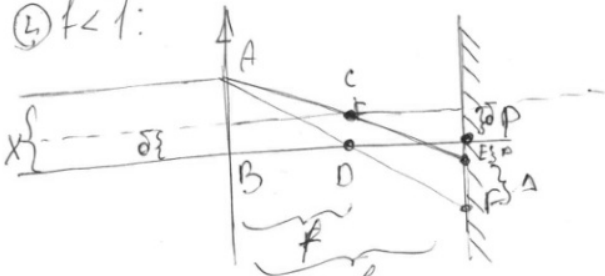
где ϵ - диэлектрическая проницаемость конденсатора

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 ГСО.

$\Delta ABO \sim \Delta PDE$

$AB = x$ $PF = p$ - расстояние от ГСО до ГСО

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

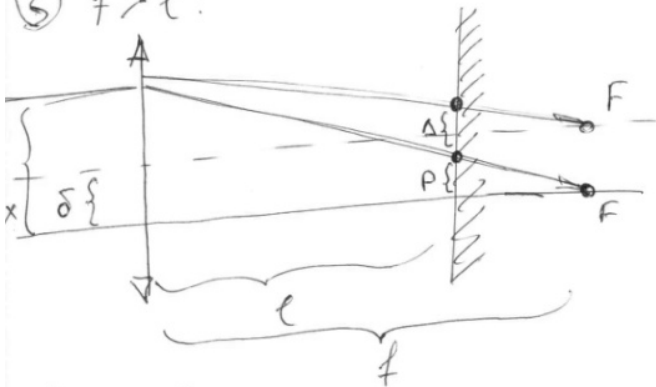
из подобия:

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

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

$f = \frac{0.5 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$

3) $f > l$:



Аналогично из геометрии:

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

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

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

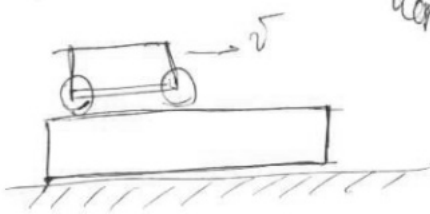
$\frac{\delta - \Delta}{f - l} = \frac{\delta}{f}$ $f(\delta - \Delta) = \delta l - \delta f$

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

$f = \frac{0.5 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$ - взаимное расположение 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 ГСО, в которой пересекутся лучи, параллельные входным в линзу и перпендикулярные ей.

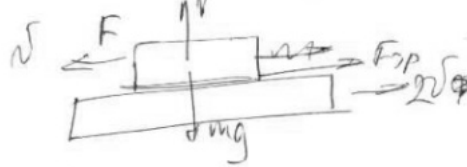


Устройство 1 (1) ~~F~~ т.к. мощность

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

$N = const$, то

$N = const \Rightarrow F = const$



б. С.О. гаски:

$S_{общ} = S_{отн} + S_{пер}$

$S_{пер} = S$ гаски.

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

$\sum m g S + N \cdot t$

$A = F - F_{тр}$

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

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

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

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

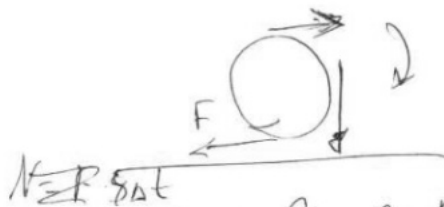
$S_{общ} = S_{общ} - S_{пер}$

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

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

$\Rightarrow P = F \cdot \Delta t \rightarrow \frac{N}{S} = P$

S:



ЗУМ D:

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

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

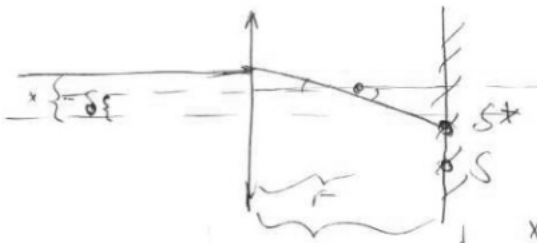
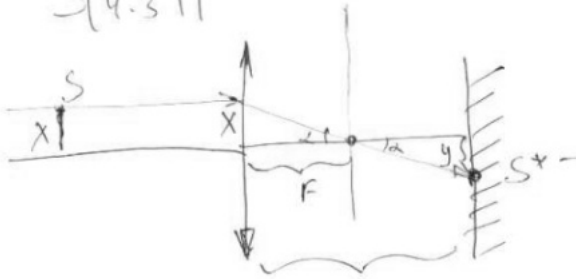
$F \cdot S = N \cdot t$

$a_{отн} = a_{общ} - a_{пер}$

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

Черновики 3

3(4.31)



$$\frac{x-\delta}{F} = \frac{\Delta}{l-F}$$

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

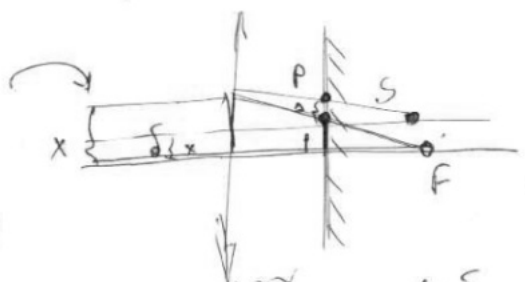
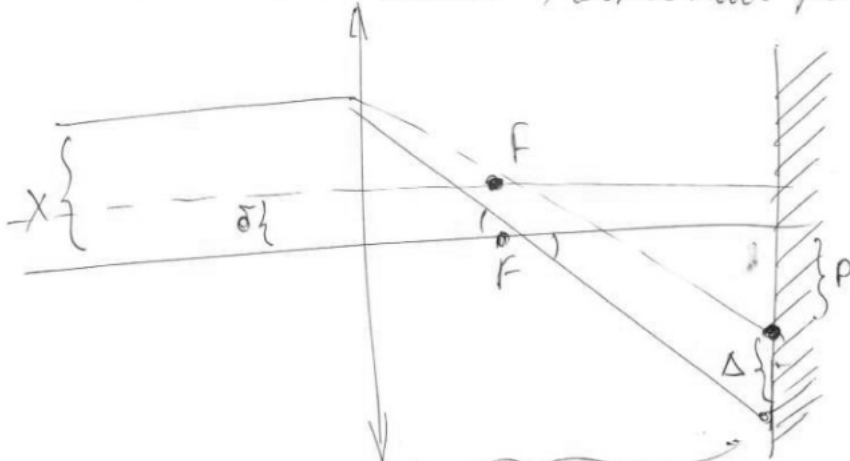
$$\frac{X}{F} = \frac{l-\delta}{F} \Rightarrow X = l - \delta$$

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

$$F = \frac{l \delta}{\Delta + \delta} = \frac{20 \cdot 0.005}{1 + 0.005} = \frac{10}{1.005} = \frac{100}{10.05} =$$

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

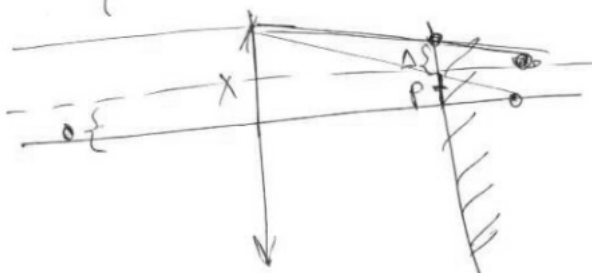
Р.р. - расстояние, на котором вытравленные предмет и изображение имеют одинаковые размеры резистера.
 это. сила - величина, обратная фокусной длине расстоянию.



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

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

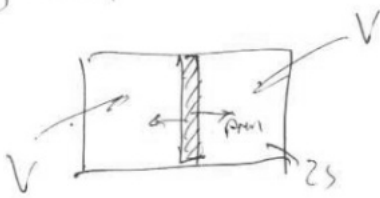
$$\frac{P}{F-l} - \frac{\delta}{F} = \frac{P}{F-l}$$



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

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

3 221



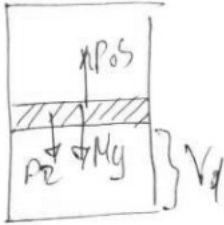
$$p_{min} V = \nu R T \quad \rightarrow \quad z = 373$$

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

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

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

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



$$p_0 S = p_2 S + Mg$$

$$p_2 = p_0 - \frac{Mg}{S}$$

$$p_0 V = \nu R T_1$$

$$V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_0}$$

$$p_2 (2V - V_1) = \nu R T_1$$

$$p_2 2V - \frac{p_2^2 \nu R T_1}{p_0} = \nu R T_1$$

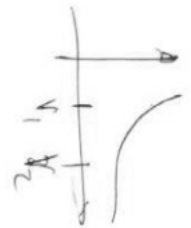
Uppre 5

$$p_2 \left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right) \left(2V - \frac{\nu R T_1}{p_2} \right) = \nu R T_1$$

$$2V - \frac{\nu R T_1}{p_0} = \frac{\nu R T_1}{\left(p_0 - \frac{Mg}{S} \right)}$$

$$\frac{\nu R T_1}{p_0} = 2V - \frac{\nu R T_1}{p_0 - \frac{Mg}{S}}$$

$$p_2 = \frac{p_0}{RT} \left(2V - \frac{\nu R T_1}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right)$$



$$p_{min} V_2 = \nu R T = p_{min} V_2 = p_0 \left(2V - \frac{\nu R T_1}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right)$$

$$V_2 = \frac{p_0}{p_{min}} \left(2V - \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{Mg}{S}} \right) = 2,1 - \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{10^5 - \frac{5 \cdot 10}{0,01}} = 90,002 - \frac{100}{10^5 - 5000}$$

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

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

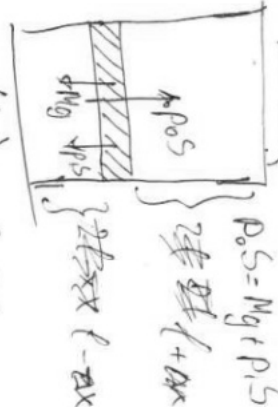
$$X = \frac{100}{950} - 1 = -\frac{50}{4750}$$

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

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

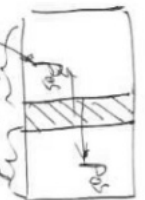
$$p_1 = p_0 - \frac{Mg}{S}$$

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



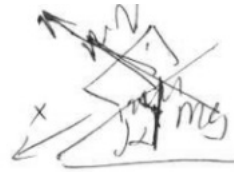
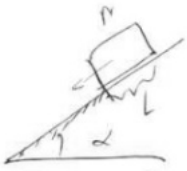
$$p_0 = p_2 + p_{in}$$

$$p_0 V = \nu R T$$



$$\phi \Rightarrow \Delta V = 0,00005$$

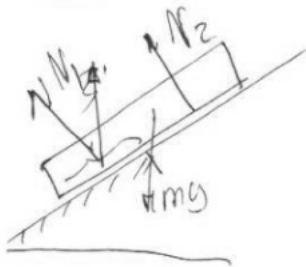
$$\Delta h = \frac{0,00005}{0,01} = 0,005 \text{ m} = 0,5 \text{ cm}$$



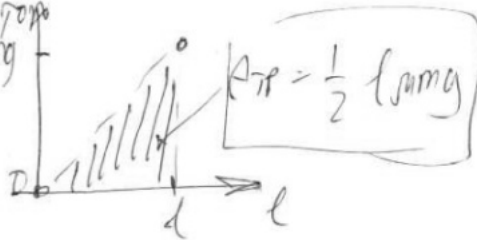
$N = mg \cos \alpha$
 $F_{op} = mg \sin \alpha$
 $\mu N = mg \cos \alpha$

Коробку 7

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



$F_{sp} = \mu N$
 F_{pop}
 μmg

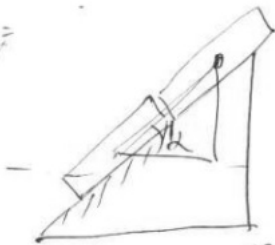


$A_{sp} = \frac{1}{2} (\mu mg)$



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

Апр:

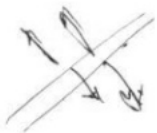


$\Delta E_n = mg l \sin \alpha$

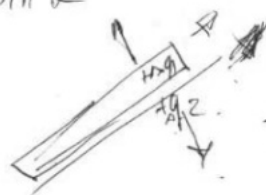
$-\frac{1}{2} \mu mg = \frac{\mu^2 g l^2}{2} - mg l \sin \alpha$

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

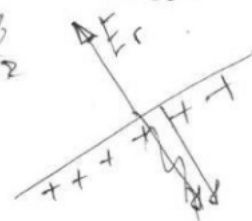
$E = \frac{q l}{2 \epsilon_0 S}$



$F = Eq$



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



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

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

$F =$

$F_{sp2} =$

$\frac{\nabla}{\partial t} = f \leftarrow \frac{\partial}{\partial t} = \nabla f$
 $\partial f - \partial f = (\nabla f - \partial) f$

$\frac{f}{s} = \frac{f-f}{\nabla - \partial} \leftarrow \frac{f}{s} = \frac{1-f}{s-\nabla}$

$\frac{f}{s} + \frac{1-f}{s} - \frac{1-f}{s} + \frac{f-f}{\nabla} = \frac{f-f}{s}$

$-\frac{f}{s} + \frac{f-f}{s-\nabla} = \frac{f}{x} \quad \frac{f-f}{s} = \frac{f}{x}$

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

$\frac{f}{s} + \frac{f-f}{s} = \frac{f-f}{\nabla}$

$\frac{f-f}{\nabla} + \frac{f-f}{s} = \frac{f}{x}$