



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Зенков Максим Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **85**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9854221

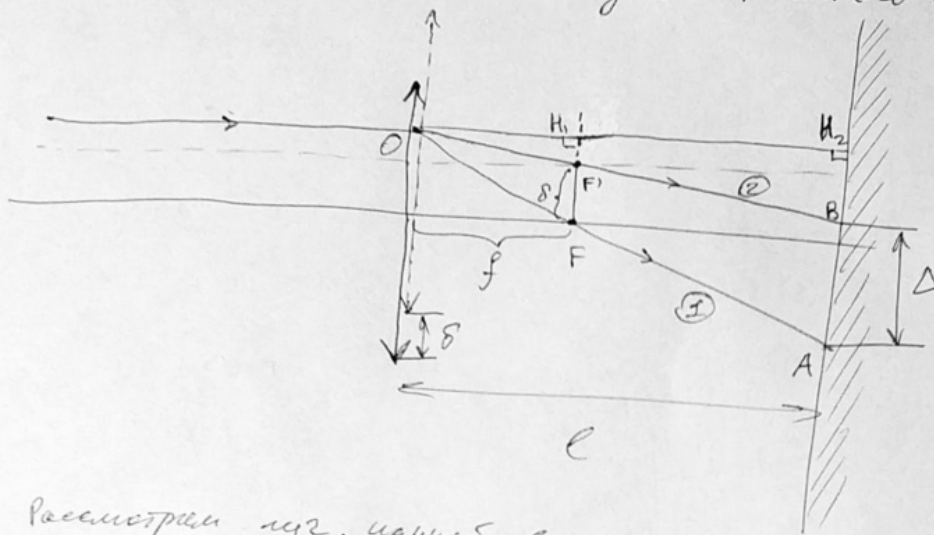
	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<b>85</b>
Вопрос	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>5</i>	

Чистовик

п. 4. 9. 1

1

расстояние от источника и от изображения до главной  
опт. оси не зависит от расстояний вдоль оптической оси до линзы



Рассмотрим луч, идущий в центре пучка.

тогда в первом случае он пройдет, пройдя через фокус  $F$  (луч 1).

После передвижения линзы пройдет и ее фокус из  $F$   
в  $F'$  (луч 2), причем на ту же величину  $\delta$ .

Получим два подобных треугольника.  $\triangle OFF'$  и  $\triangle OAB$ .

$$\triangle OFF' \sim \triangle OAB \Rightarrow$$

$$\frac{OH_1}{OH_2} = \frac{FF'}{AB}$$

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

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

Ответ:  $f = 10 \text{ см}$

Вопрос

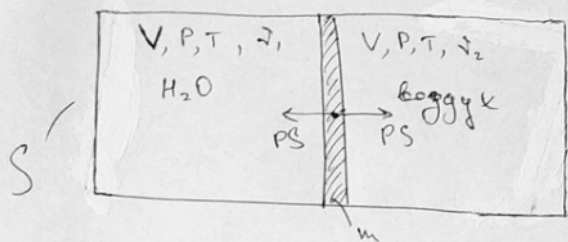
Фокусное расстояние  $f$  - это расстояние вдоль опт. оси от линзы до точки фокусировки параллельного пучка света.

$$\text{Опт. сила } D = \frac{1}{f}$$

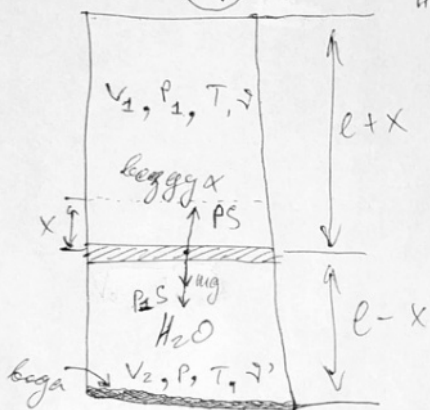
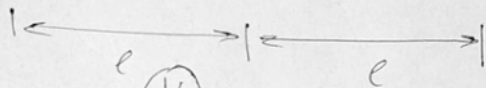
Условие

~ 2.2.1

2



Из второго закона Ньютона для <sup>поршней</sup> следует, что давление в обеих частях цилиндра в равновесном состоянии равно.



При изотермическом сжатии насыщ. пар <sup>наконец конденсируется в воду</sup> (причем ее объемом можно пренебречь), сохраняя давление, равное первоначальному.

$$\Rightarrow \text{ИЗН: } pS = P_1 S + mg$$

$$\Rightarrow p_1 = p - \frac{mg}{S}$$

$$V = Sl$$

$$V_1 = S(l+x) = Sl + Sx = V + Sx$$

$$V_2 = S(l-x) = Sl - Sx = V - Sx$$

Ур. М-кр.:  
 газ нач. сост.  $\begin{cases} pV = \nu RT \\ pV = \nu_2 RT \end{cases} \Rightarrow \nu_1 = \nu_2 = \nu$

газ конч. сост.  $\begin{cases} P_1 V_1 = \nu RT \\ P V_2 = \nu RT \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (P - \frac{mg}{S})(V + Sx) = \nu RT \\ P(V - Sx) = \nu RT \end{cases}$

$$pV - \frac{mgV}{S} + pSx - mgx = \nu RT$$

$$(pV = \nu RT) \quad pV - \frac{mgV}{S} + pSx - mgx = pV \Rightarrow pSx = \frac{mgV}{S}$$

$$x(pS - mg) = \frac{mgV}{S}$$

$$x = \frac{mgV}{S(pS - mg)}$$

Давление нас. пара при  $t = 100^\circ\text{C}$   
 $P_{нас} = P_0 = P$

$$\Rightarrow x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10 \cdot 10^{-2}}$$

$$x = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10^1 - 5 \cdot 10^{-1}} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0,5} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{9,5} \approx 0,053 \cdot 10^{-2} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} -5,00 \\ 4,25 \\ \hline -2,50 \\ 1,90 \\ \hline 6,00 \\ \hline -2,20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 2,95 \\ \hline 1,90 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 2,95 \\ \hline 1,90 \end{array}$$

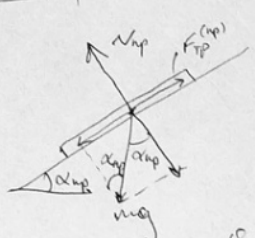
Ответ:  $5,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$

~~Видно что конденсируется часть пара Sx~~

Уверенно

2.3.5.1

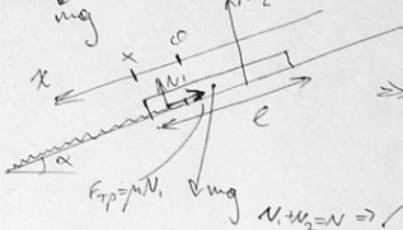
3



ИЗ.Н.:

$$\mu mg \cos \alpha_{up} = mg \sin \alpha_{up}$$

$$\Rightarrow \mu = \tan \alpha_{up} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



границы равномерно растянуто

$$\Rightarrow \frac{N_1}{xS} = \frac{N_2}{(l-x)S} \Rightarrow N_2 = \frac{l-x}{x} N_1$$

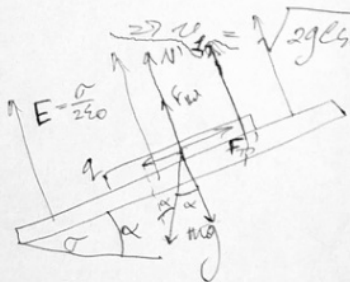
$$N_1 + N_2 = N \Rightarrow N_1 \left( 1 + \frac{l-x}{x} \right) = N$$

$$\Rightarrow N_1 = \frac{x}{l} N$$

$$\Rightarrow A_{F_{1p}} = \int_0^l \frac{x}{l} \mu N dx = \frac{\mu N}{l} \int_0^l x dx = \frac{1}{2} \mu N \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{1}{2} \mu N l = \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l$$

3. С.Д.:

$$mg \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha = \frac{mv^2}{2}$$



$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha} = \sqrt{gl(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

нечетное количество  $\Rightarrow$  можно считать бесконечным  
 количество  $\Rightarrow$  все сдвиги равномерные и равные

На каждый элемент массы \$dq\$ действует сила \$dF\_{el} = Eq dq\$

$$\Rightarrow F_{el} = Eq = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$$

С.С.Д.:

$$mg \sin \alpha - \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \right) l = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{2gl \sin \alpha + \mu gl \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0}}$$

Пусть \$v\_1\$ в и раз некое \$v\_2\$

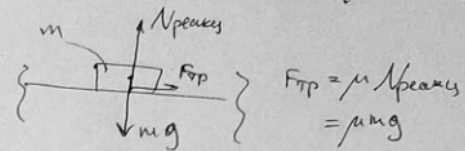
$$\Rightarrow n = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{gl(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha) + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0}}}{\sqrt{gl(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$

Ответ: \$v\_2 = \sqrt{1 + \frac{\mu \sigma q \tan \alpha}{2\epsilon\_0 gl(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}\$ раз

Числовые

2.3.1

4



$$F_{тр} = \mu N_{reakcy} = \mu mg$$

$$N = N_{потерь} + F_{тр} v_1 + F_{тр} v_2 = N_{потерь} + F_{тр} (v_1 + v_2)$$

Пусть  $v_1 + v_2 = v$ .

$v_1, v_2$  - величины скорости  $\Rightarrow N_{потерь}$  - величина силы

Тогда мощность преобразования преобразовываемые соответствует отсутствию потерь по закону, другим словами:

$$N = F_{тр} v_k \quad (N_{потерь} = 0) \quad (v_k = v_1^{(k)} + v_2^{(k)})$$

$$N = \mu mg v_k \Rightarrow v_k = \frac{N}{\mu mg} = \frac{nN}{\mu Mg}$$

На машину и груз действуют постоянные силы  $\Rightarrow$  движение равноускоренное

$$\text{ЗСИ: } mv_1 = Mv_2 \Rightarrow \frac{v_1}{n} = v_2$$

$$v_1 = nv_2$$

$$\frac{dv_1}{dt} = n \frac{dv_2}{dt}$$

$$\rightarrow a_1 = na_2$$

$$\rightarrow a = (n+1)a_2 = (n+1) \cdot \frac{\mu \frac{M}{n} g}{M} = \frac{n+1}{n} \mu g$$

$$\Rightarrow x = \frac{v_k^2}{2a} = \left(\frac{nN}{\mu Mg}\right)^2 \cdot \frac{n}{2(n+1)\mu g} = \left(\frac{3 \cdot 2}{0,3 \cdot 2 \cdot 10}\right)^2 \cdot \frac{3}{2(3+1) \cdot 0,3 \cdot 10}$$

$$x = \left(\frac{6}{3}\right)^2 \cdot \frac{3}{2 \cdot 4 \cdot 3} = 4 \cdot \frac{1}{8} = 0,5 \text{ м}$$

Ответ: 0,5 м

2.1 абс. влажность - это плотность паров воды  
Отн. влажность - отношение давления паров к давлению насыщенным паров

Вопросы: 2.3.1

Диэлектрическая удельная проводимость называется отношением заряда к потенциалу на кем.

2.3.1 Диэлектрическая постоянная:  $\epsilon = \frac{q}{n \cdot \text{напр. кс}}$  - заряд по л. поверхности

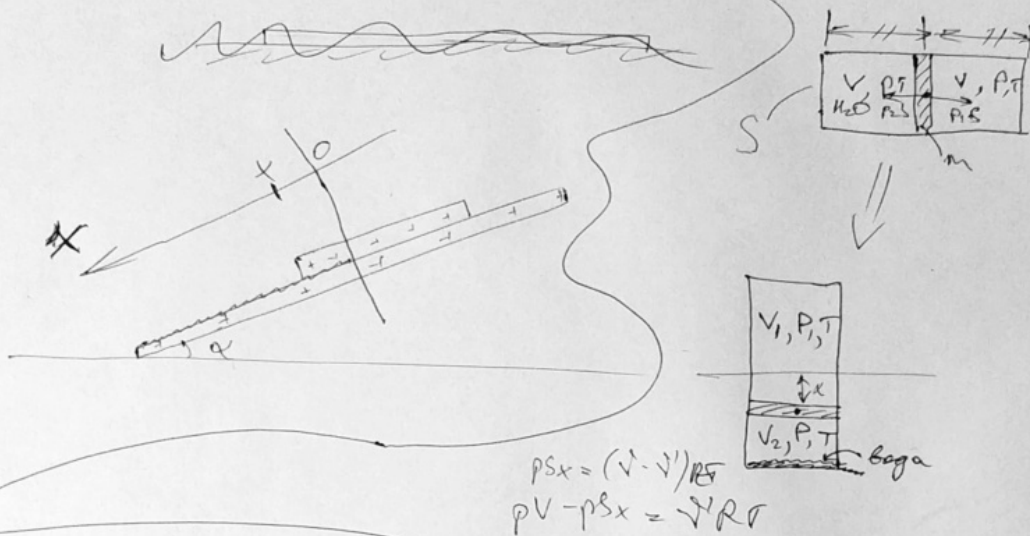
Плотность системы мат. точек - это сумма импульсов всех точек системы.

Закон сохранения импульса: в системе, где отсутствуют внешние силы, импульс системы сохраняется.



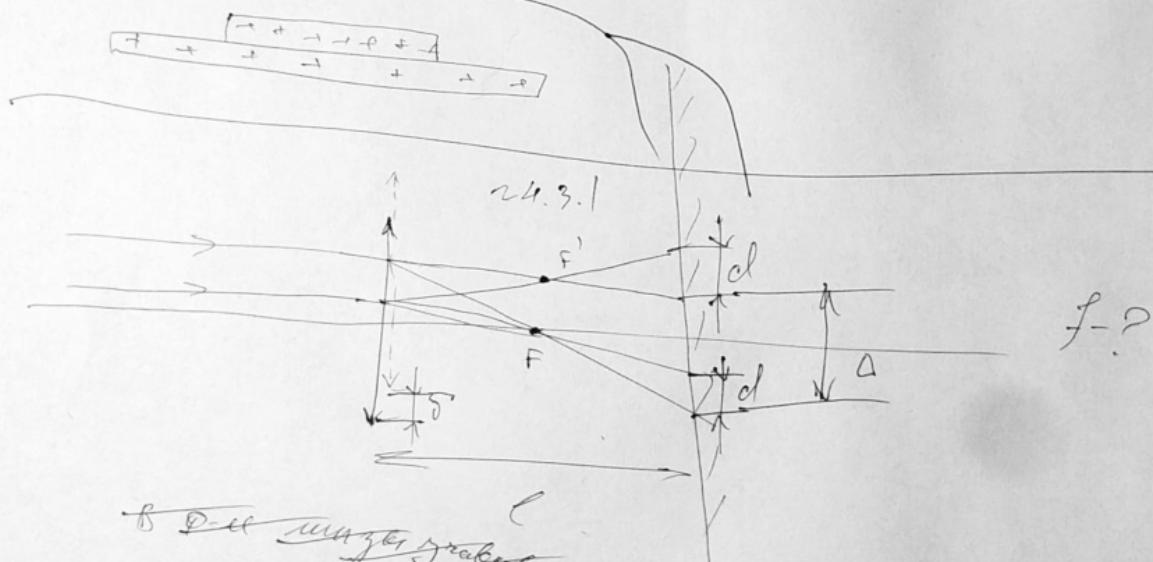
Черновик

50

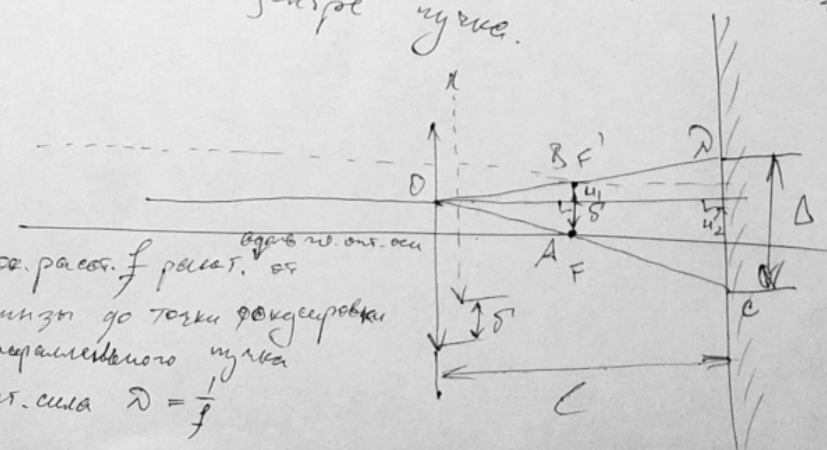


$$p_{sx} = (v - v') \rho S$$

$$pV - p_{sx} = \rho V R T$$



В D-е мінзи граветься велье расеотине вгеле цент. оси  
 ⇒ вгеле  
 вгеле над м. ант. осю не унаветься в р-е  
 мінзи ⇒ расеотри ~~мінзи~~ мінзи мінзи в  
 центре мінзи.



$\triangle OAB \sim \triangle OCA$

$$\Rightarrow \frac{OH_1}{OH_2} = \frac{AB}{CA}$$

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

$$\Rightarrow f = \frac{\delta \cdot l}{\Delta} = \frac{0.5 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$$

вгеле м. ант. осю  
 расеот. f расеот. в  
 мінзи до точки фокусировки  
 направленного мінзи  
 ант. сила  $D = \frac{1}{f}$

Упробух

~~$p \cdot S \cdot x + mg \cdot x$~~

6

$$v = \frac{S}{\rho S - mg} = \frac{S}{10^5 \cdot 10 - \rho}$$

$$\frac{v}{\frac{\rho S^2}{mg} - S} = \frac{1}{\frac{\rho S^2}{mg} - 1} \cdot \frac{v}{S}$$

$$1.1 = 1 \text{ g cm}^3 = 1 \cdot (10^{-1} \text{ m})^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$0.01 \text{ m}^2 = 0.01 \cdot (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\frac{v}{S} = \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{10^{-6} \text{ m}^2} = 10^3 \text{ m/s}$$

расота, которую выдерживает.

$$\frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10} - 1$$

$$x = \frac{S}{\rho S - mg} = \frac{S}{10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10} = \frac{S}{5}$$

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{d(FS)}{dt} = F \frac{dS}{dt} = F \cdot v$$

эквивалентная.

процесса формирования.

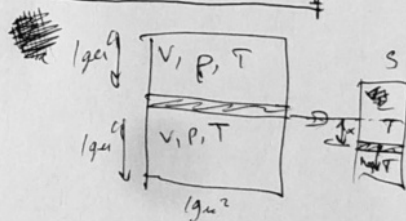
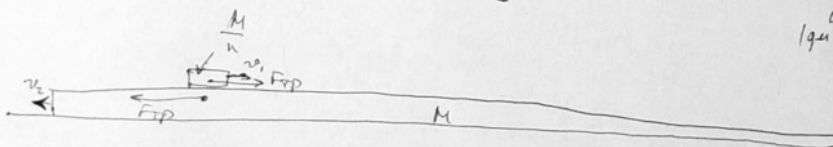
$$v = F \cdot v$$

$$N = \frac{dA_{TP}}{dt} = \frac{d(F_{TP} \cdot S)}{dt} = F_{TP} \cdot v$$

сила, с которой масса гасителыет на горюю (горюю на массу)

Донгетам сито

$$l = \frac{v}{S} = 0.1 \text{ m}$$



расота по направлению силы

$F_{S1} + F_{S2}$  - расота

$$F_{TP} = M a_2 = \frac{M}{k} a_1$$

$$N = \frac{\delta A}{dt} = \frac{\delta (S \cdot (v_1 + v_2))}{dt} = F \left( \frac{ds_1}{dt} + \frac{ds_2}{dt} \right)$$

$$\Rightarrow a_2 = \frac{a_1}{k}$$

$$N = F \cdot (v_1 + v_2)$$

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

$$p_2 = p_1 + \frac{mg}{S}$$

$$\begin{cases} p_0 V = \nu RT \\ p_1 V_1 = \nu RT \\ p_2 V_2 = \nu RT \end{cases}$$

$$p_0 V = \nu RT$$

$$p_1 (V + Sx) = \nu RT \Rightarrow p_1 = \frac{\nu RT}{V + Sx}$$

$$(p_1 + \frac{mg}{S})(V - Sx) = \nu RT \Rightarrow \left( \frac{\nu RT}{V + Sx} + \frac{mg}{S} \right) (V - Sx) = \nu RT$$

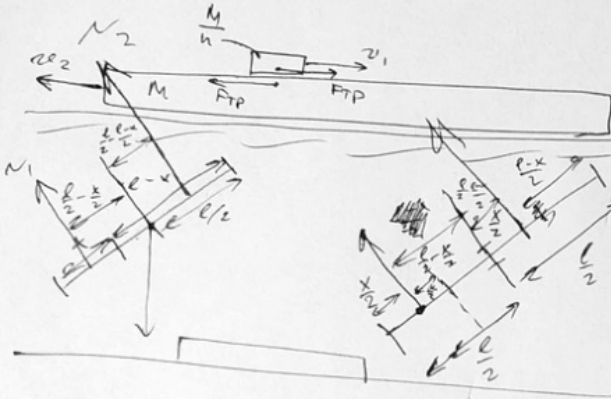


Чертежи

$$mg = 5 \cdot 10 = 50 \text{ Н}$$

$$\rho_0 S = 10^5 \cdot 10^{-2} = 10^3 = 1000 \text{ Н}$$

$$1000 - 50 \cdot 2 \cdot (10 - 9.5)$$



$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p \cdot V = (p - \frac{\rho g}{S}) (V + Sx)$$

$$pV = pV - \frac{\rho g V}{S} + pSx - mgx$$

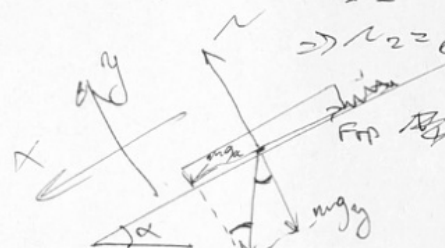
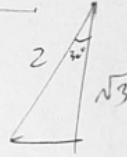
$$(pS - mg)x = \frac{\rho g V}{S}$$

$$x = \frac{\rho g V}{pS - mg}$$

$$10^5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$$

$$10 - 9.5$$

$$N_1 \cdot \frac{l-x}{2} + N_2 \cdot \frac{x}{2}$$

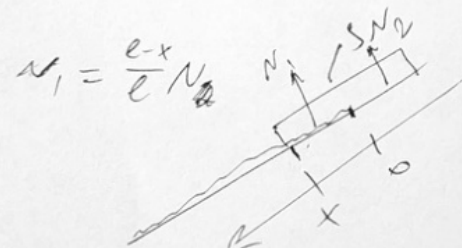


$$\int \mu N = mg \sin \alpha \cdot l$$

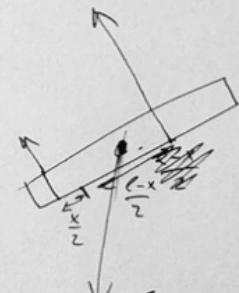
$$N = mg \cos \alpha \cdot x$$

$$N_1 (1 + \frac{x}{l-x}) = N_2$$

$$\mu = \tan \alpha = \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



~~$$p = \frac{N}{S} = \text{const}$$~~
~~$$p_1 S_1 = p_2 S_2$$~~
~~$$p_1 = \frac{N_1}{S_1}$$~~
~~$$p_2 = \frac{N_2}{S_2}$$~~

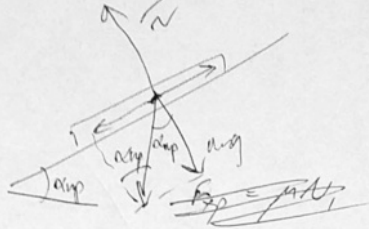


~~$$N_1 \frac{x}{l} = N_2 \frac{l-x}{2}$$~~
~~$$N_1 S_1 = N_2 S_2$$~~
~~$$N_1 \frac{S_1}{l} = N_2 \frac{S_2}{l-x}$$~~

~~$$N_1 + N_2 = N$$~~
~~$$N_2 \frac{l}{x} = N$$~~
~~$$\left( \frac{l-x}{x} N_1 + N_2 \right) = N$$~~
~~$$N_2 = \frac{x}{l-x} N$$~~
~~$$N_1 = \frac{l-x}{l-x} N$$~~

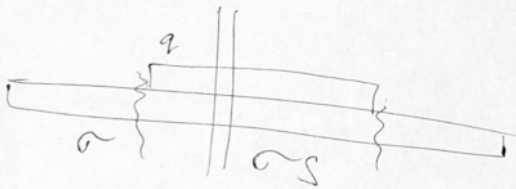
Упробрик

$F_{TP} = \mu N_1$



$\Rightarrow \mu = \text{tg} \alpha_{\text{кр}}$

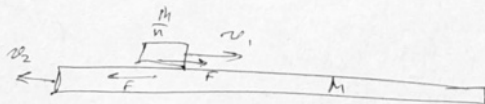
1,73 / 3



$E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$



$N = N_{\text{норм}} + F_{TP}$



$N = N_{\text{норм}} + F_{TP} v_1 + F_{TP} v_2$

Зде:  $\frac{M}{n} v_1 = M v_2$

$\Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{n}$

$N = N_{\text{норм}} + F_{TP} v_1 (1 + \frac{1}{n}) =$

$= N_{\text{норм}} + F_{TP} \frac{\mu M g}{n} \cdot v_1 \cdot \frac{n+1}{n}$

$= N_{\text{норм}} + \mu M g v_1 \cdot \frac{n+1}{n^2}$

$\left(\frac{N}{\mu M g}\right)^2 = \frac{1}{2 \frac{n+1}{n} \mu g} = \frac{n^2 N^2}{\mu^2 M^2 g^2}$

$a_2 = \frac{1}{n} a_1$

$\Rightarrow a = \frac{n+1}{n} a_1 = \frac{n+1}{n} \cdot \frac{\mu M g}{m} = \frac{n+1}{n} \mu g$