



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Тихонов Дмитрий Романович**

Класс: 11

Технический балл: **80**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9505961

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	3	15	12	15	<b>80</b>
Вопрос	10	10	9	6	

Чистовик

N1.3.1.

Решение

Задача.

$$M = 1 \text{ кг}$$

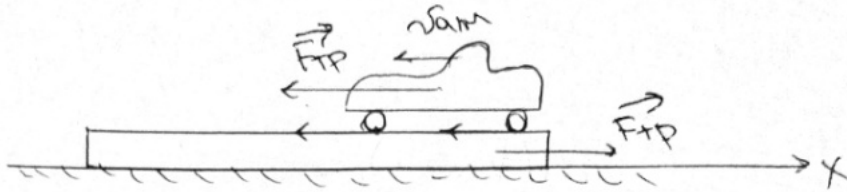
$$n = 3$$

$$N = 2 \text{ ВТ}$$

$$\mu = 0.3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

x



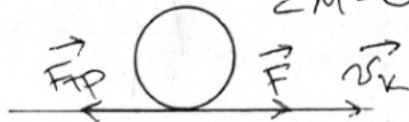
- ①  $\sum F_{\text{внеш}} = 0$  - сумма внешних сил на  $Ox$  для системы "доска + а/м" равна нулю, значит: ~~мы можем~~ ~~запишем~~ закон:
- $$\frac{M}{n} (-v_{am} + v_d) + M v_d = 0$$

Отсюда,  $v_{am} = (n+1) v_d = 4 v_d$

- ② Рассмотрим колесо:

$$m_k = 0 \Rightarrow \sum F = 0 -$$

$$\sum M = 0$$



$$F_{TP} = F = N \cdot v_k$$

В момент отсутствия проск.: :

$$v_k = v_d + v_{am}$$

- ③ Второй закон Ньютона для доски:

$$F_{TP} = M a_d = N \cdot v_k = M \frac{dv_d}{dt}$$

- ④ Из п. 1.:  $S_{am} = 4 S_{v_d} = 4 S$

т.е. перемещение относительно доски:

автомобиль:  $S_{\text{отн}} = 5S$  <sup>чистовик</sup>

⑤ Найдём скорость вращения колеса в момент отс. проск. ( $v^*$ ):

$v^* - v_{\text{ам}} = \bar{V} > 2gr\bar{V}$  и  $v_{\text{ам}}$  - скорость точки  $a$  и  $b$  в этот мом.

$$v^* = 5\bar{V}$$

$$\textcircled{6} N \cdot v_k dt = M(\bar{V} - 0)$$

$$N \cdot 5S = M\bar{V}$$

⑦ В мом. отсчёт. проск:

$$N \cdot 5\bar{V} = \mu mg = \mu \frac{M}{n} g$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр, max}} = \mu \frac{M}{n} g, \text{ в мом. отс. проск.}$$

$$\bar{V} = \frac{\mu \frac{M}{n} g}{5N} \Rightarrow N \cdot 5S = M \frac{\mu \frac{M}{n} g}{5N}$$

$$S = \frac{\mu M^2 g}{5N^2} \Rightarrow S_{\text{отн}} = \frac{\mu M^2 g}{5N^2} = \frac{0,2 \cdot 1^2 \cdot 10^2 \cdot 10^4}{5 \cdot 4 \cdot 10^2} = 0,75M$$

Ответ:  $0,75M$

Чистовик.

№ 4.31.

Задача.

$$f = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

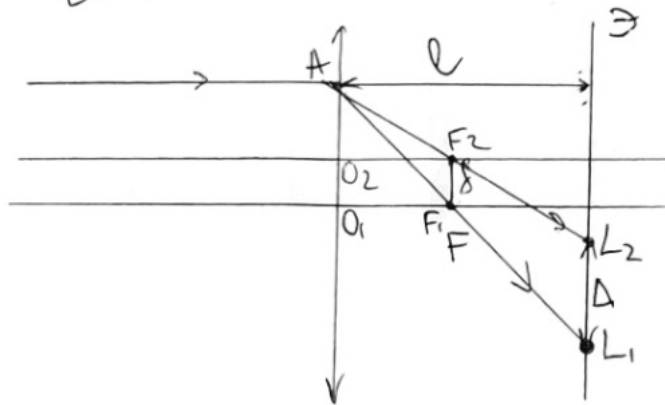
$$l = 20 \text{ см}$$

F = ?

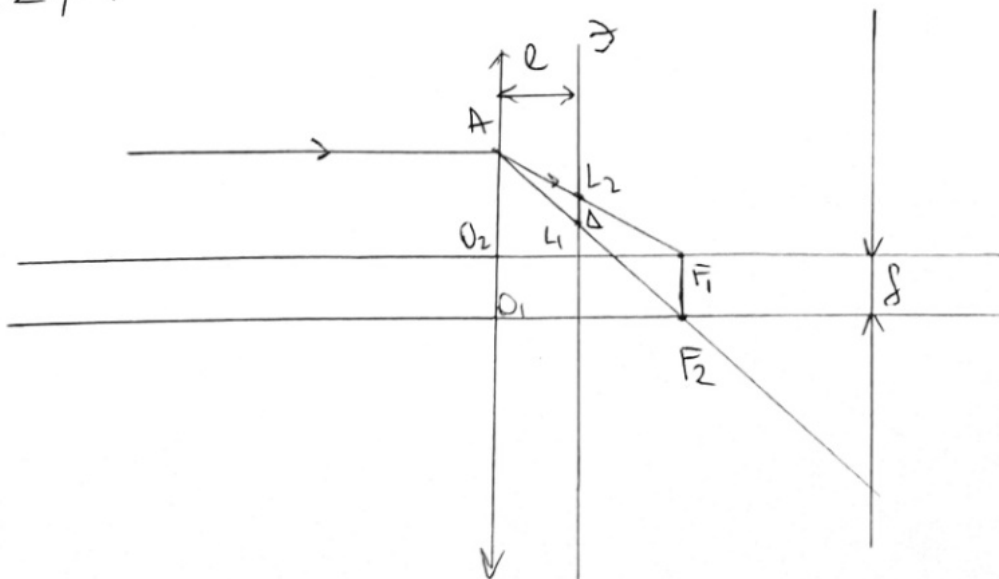
Решение

Рассмотрим несколько случаев:

① Центральным луч не проходит через центр линзы:

-  $l > F$ :Из подобия  $\Delta AF_1F_2 \sim \Delta AL_1L_2$ :

$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{f} \Rightarrow F = \frac{f}{\Delta} l = \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ см} = \underline{\underline{10 \text{ см}}} < 20 \text{ см}$$

-  $l < F$ :

стр. 11 из 20

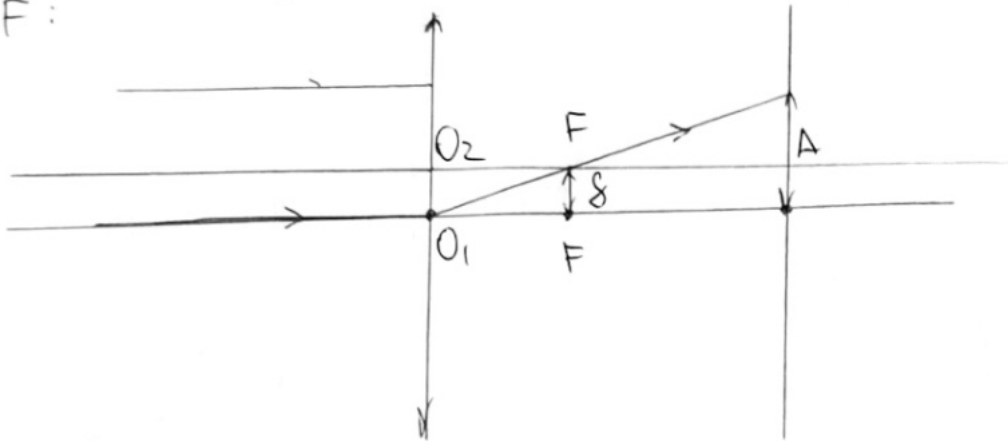
Из подобия тех же <sup>числовик</sup> треугольников:

$$\frac{\Delta}{f} = \frac{l}{F} \Rightarrow F = \frac{f}{\Delta} l = 10 \text{ см} < l = 20 \text{ см, но } F > l \Rightarrow$$

такого невозможно

② Центральный луч проходит через центр линзы:

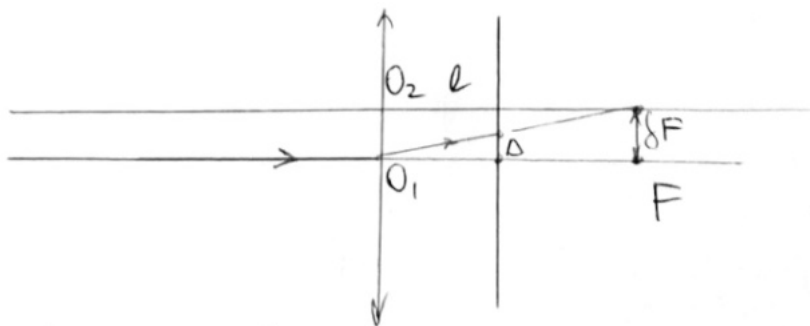
-  $F > f$ :



Из подобия:

$$\frac{f}{\Delta} = \frac{F}{l} \Rightarrow F = \frac{1}{2} l = \underline{10 \text{ см}} < l$$

-  $l < f$ :



$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{f} \Rightarrow F = \frac{1}{2} l = 10 \text{ см} < l; \text{ но } l < f.$$

Ответ: 10 см.

### №4.3.1. (Чистовик)

Вопрос.

Фокусное расстояние ТЛ - это расстояние от центра линзы до её фокуса.  
Обозначается  $F$ .

Оптическая сила тонкой линзы - это величина, обратная пропорц. фокусному расстоянию.

$$D = \frac{1}{F} \quad ; \quad [D] = [D_{\text{ДПР}}] = \left[ \frac{1}{\text{м}} \right]$$

$D > 0$  - для собирающих линз

$D < 0$  - для рассеивающих линз  
(измеряется в диоптриях)

Церновик  
N13.1

Вопрос.

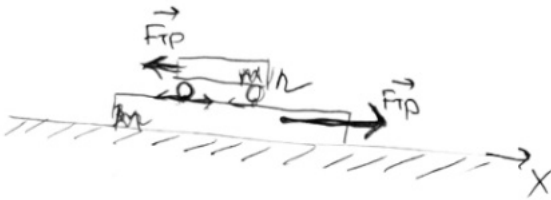
$$\vec{P}_c = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i$$

Закон сохранения импульса:

$$\vec{P}_c = \text{const}, \text{ если:}$$

- 1)  $\sum \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0}$  - сумма внешних сил равна 0
- 2)  $\sum F_{\text{внеш}} = 0$  - проекция на выбр. ось равна 0  $\Rightarrow$   
 $P_{c,x} = \text{const}$
- 3)  $F_{\text{внеш}} \cdot \Delta t \ll P_c$

Задача.



$$\begin{aligned} M &= 1 \text{ кг} \\ n &= 3 \\ N &= 2 \text{ В} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

$$+ \frac{M}{n} \cdot (2v_{\text{ам}} + v_0) + M v_0 = 0$$

~~$n v_{\text{ам}} + M v_0 = 0$  - для обеих масс времени~~

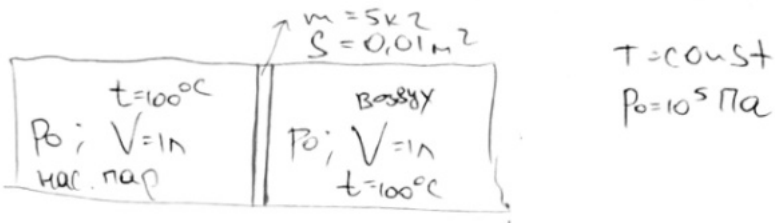
$$+ \frac{M}{n} v_{\text{ам}} = M v_0 + \frac{M}{n} v_0$$

$$+ v_{\text{ам}} = n v_0 + v_0 = (n+1) v_0$$

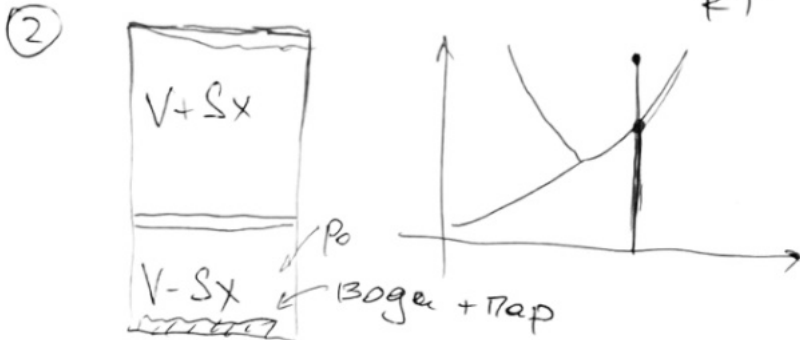
$$\textcircled{2} N \cdot v_{\text{ам}} = \mu \frac{M}{n} g - \text{когда нет проск.}$$



## №2.2.1. Углубил



① Тар уар. Вакуум :  $p_{n1} = p_0$   
 $p_0 V = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{p_0 V}{RT} = \nu$



$$mg + \frac{\nu RT}{V + Sx} S = \frac{\nu RT}{V - Sx} S$$

$$mg + \frac{p_0 V}{V + Sx} S = p_0 S$$

$$mgV + mgSx + p_0 VS = p_0 VS + p_0 S^2 x$$

$$x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^{-3}}{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-4} \text{ м}^4 - 5 \text{ кг} \cdot 10 \cdot 0,01} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0,05} = \frac{0,05}{9,95} = \frac{5}{995} = \frac{1}{199}$$

Чепубук

WLLZ

$$(1-k^2)v_2^2 = \beta$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2}$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2} - \beta$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2}$$

$$k^2 = \frac{\frac{\beta}{1-k^2} - \beta}{\frac{\beta}{1-k^2}} = \frac{\beta - \beta(1-k^2)}{\beta} =$$

4.

$$l = \frac{v_2^2}{20}$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{k}{k+\beta} =$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = 1 + \frac{\beta}{k}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 9 \cdot 10^6 \cdot \frac{10^5}{2 \cdot 9 \cdot 10^2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{5}{10 - 5 + \frac{10^5}{2\sqrt{3}}}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{10^4}{\sqrt{3}}}$$

СТР. 16 и 20

Чепуховик.

N 1. 3. 1.

$$\textcircled{1} \quad \frac{M}{n} (-v_{am} + v_0) + M v_0 = 0$$

$$X = \int (v_{am} - v_0(t)) dt$$

$$-\frac{M}{n} v_{am} + \frac{M}{n} v_0 + M v_0 = 0$$

$$v_{am} = (n+1)v_0$$

$$v_{0-H} = n \cdot v_0$$

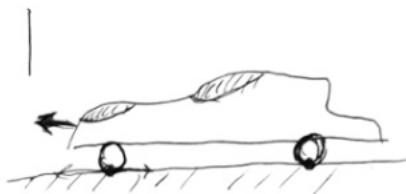


$$v_{am} = (n+1)V$$

$$v^* = v_{am} = V - \text{б мом. отсчитыв.}$$

вправо.

$$v^* = (n+2)V$$



$$S_{0-H} = n \cdot v_0'$$



$$n \cdot 4S = MV$$

стр. 17 из 20

# Чепуобук

$$\textcircled{1} \frac{M}{n} (-v_{aM} + v_{\partial}) + M v_{\partial} = 0$$

$$-v_{aM} + v_{\partial} + n v_{\partial} = 0$$

$$v_{aM} = (n+1) v_{\partial}$$

$$\underline{v_{aM} = n v_{\partial}}$$

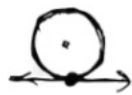
$$S_{\text{отн}} = \underbrace{S}_{S} + S_{aM} = (n+2) S$$

$$\textcircled{2} N \cdot v^* = \mu m g = \mu \frac{M}{n} g$$

$$\textcircled{3} v_{\partial} = V - k \text{ога} \text{ и} \text{е} + \text{и} \text{р} \text{о} \text{с} \text{ } k$$

$$V = v^* - v_{aM} \quad \text{и} \text{и} \text{и}$$

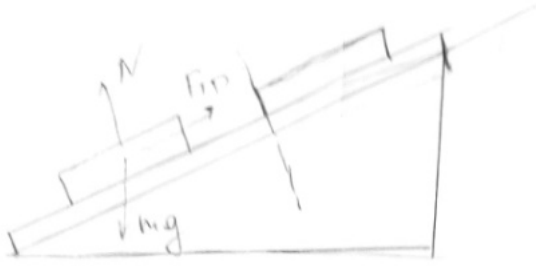
$$v^* = (n+2) V$$



$$N \cdot v_k = F + p$$

$$n v_k = (v_{aM} + v_{\partial})$$

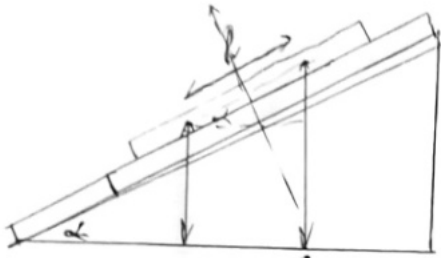
Упробин.  
N3.5.1.



$$\textcircled{1} \quad mgsin\alpha = \mu mgcos\alpha$$

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

\textcircled{2}



$$mgl sin\alpha = \int_0^l \mu N(x) dx + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$A_{тр1} = \int_0^l \mu \frac{mgcos\alpha}{2} x dx = \mu \frac{mg}{2} \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{\mu mgl}{2} cos\alpha$$

$$mgl sin\alpha = \frac{\mu mgl}{2} cos\alpha + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$\textcircled{3} \quad mgl sin\alpha = A_{тр2} + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$F_{\exists N} + N = mgcos\alpha$$

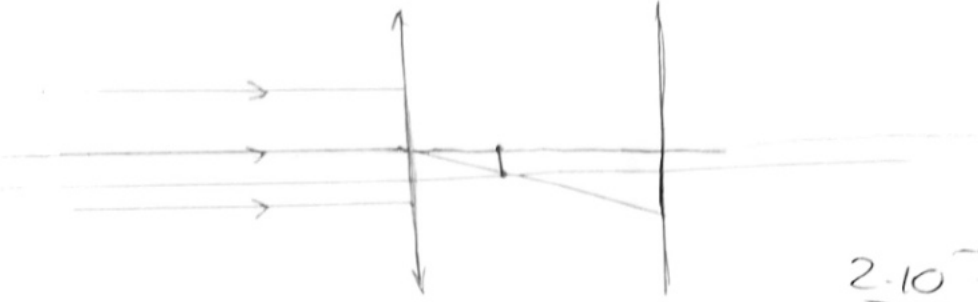
$$F_{\exists N} = \frac{5}{260} g \Rightarrow N_{max,2} = mgcos\alpha - \frac{5}{260} g$$

$$N(x) = \frac{mgcos\alpha}{2} x - \frac{5}{260} \cdot \frac{g}{2} x$$

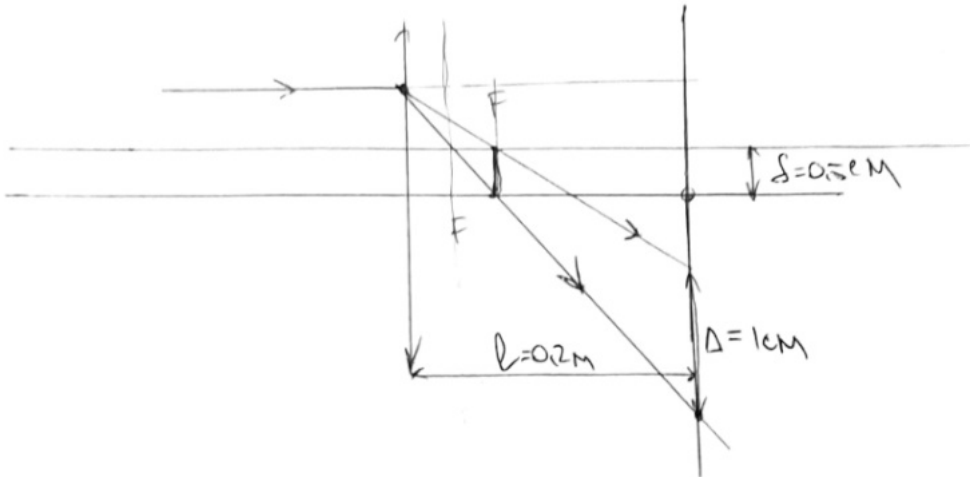
$$A_{тр2} = \int_0^l \left( \frac{mgcos\alpha}{2} x - \frac{5}{260} \cdot \frac{g}{2} x \right) dx$$

(ГП.19) 43/10

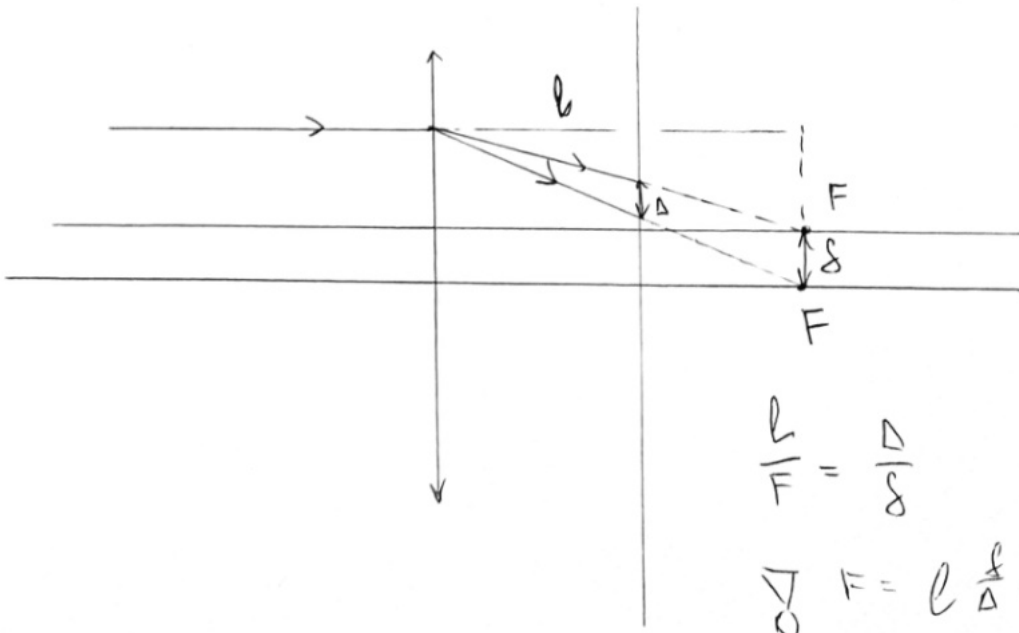
№131.  
Чертовик



$$\frac{2 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-1} = 0,2 \text{ м}$$



$$\frac{F}{l} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta}{\Delta} l = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,1 \text{ м}$$



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

$$\Delta F = l \frac{\delta}{\Delta} = 0,1 \text{ м}$$

стр. 70 из 70

Числовик.

N 1.3.1.

Вопрос.

Импульс системы мат. точек - это векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему:

$$\vec{P}_c = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i$$

Закон сохранения импульса:

$$\vec{P}_c = \text{const}, \text{ если}$$

- 1) На тело не действуют внешние силы или их векторная сумма равна нулю:

$$\sum_i \vec{F}_{\text{внеш},i} = \vec{0} \quad (\text{это следствие из закона изменения импульса с-мы мат. точек})$$

$$\boxed{\frac{\Delta \vec{P}_c}{\Delta t} = \vec{F}_{\text{внеш}}} \Rightarrow \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0} \Rightarrow \Delta \vec{P}_c = \vec{0}$$

- 2)  $\sum F_{x, \text{внеш}} = 0$  - проекция внешних сил на выбранный ось равна нулю  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow P_{c,x} = \text{const}$$

- 3)  $F_{\text{внеш}} \cdot \Delta t \ll P_c$ , действие внешней силы можно пренебречь

Чистовик

№2.2.1.

Задача.

$M = 5 \text{ кг}$

$V = 1 \text{ л}$

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

$S = 0,01 \text{ м}^2$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

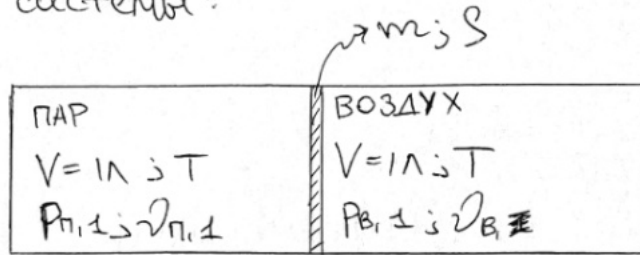
$p_0 = 10^5 \text{ Па}$

$x = ?$

Решение

①  $t = 100^\circ\text{C} \rightarrow T = 373^\circ\text{K}$

② Рассмотрим начальное состояние системы:



$p_{n,1} = p_0$ , т.к. по условию пар насыщенный, а  $T = 373^\circ\text{K}$

Найдем кол-во в-ва пара и воздуха:

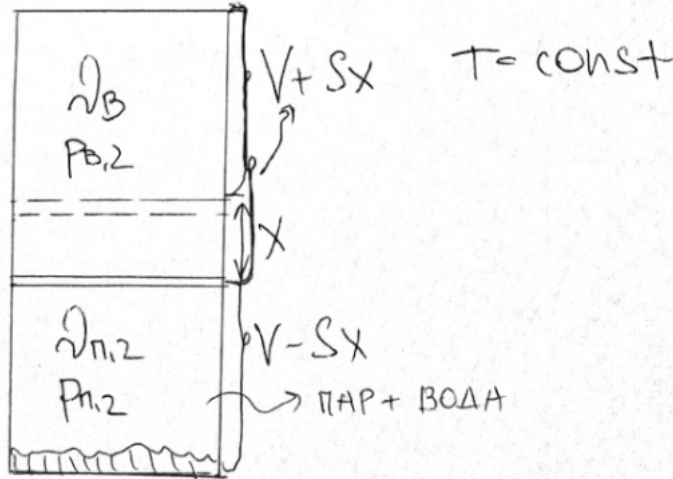
$p_{b,1} = p_0$ , т.к. с-ма в равновесии, а поршень подвижный

Закон Менделеева-Клапейрона:

$p_0 V = \nu R T$

$\nu = \nu_{n,1} = \nu_B = \frac{p_0 V}{R T}$

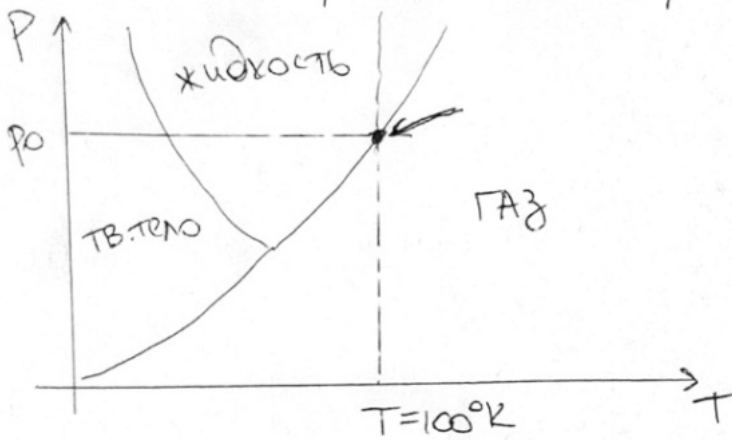
③ Рассмотрим конечное состояние системы:





## Чистовик

Т.к.  $T = \text{const}$ , то из фазовой диаграммы следует, что часть пара сконденсировалась:



Отсюда,  $p_{1,2} = p_0$  - пар насыщен

④ Условие равновесия поршня:

$$mg + p_{в,2} S = p_{1,2} S$$

$$mg + \frac{2RT}{V+Sx} S = p_0 S$$

$$mg + \frac{p_0 V \cdot S}{V+Sx} = p_0 S$$

$$mg = \frac{p_0 S^2 x}{V+Sx} \Rightarrow x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS}$$

$$x = \frac{5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{105 \text{ Па} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 - 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0,5} \text{ м}$$

$$= \frac{5}{1000 - 50} \text{ м} = \frac{5}{950} \text{ м} = \frac{1}{190} \text{ м} \approx 0,5 \text{ см}$$

Ответ: 0,5 см.

Чистовик.  
№2.2.1.

Вопрос.

Влажностью воздуха называют массу водяных паров, содержащихся в нем.

$$[\rho] = [\text{г/м}^3]$$

Относительной влажностью воздуха называют отношением давления парциальным водяных паров, содержащихся в воздухе, к давлению насыщенных паров при данной температуре.

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

Чистовик

№3.5.1

Задача.

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$$

$$\sigma = +3 \frac{\text{мккВ}}{\text{м}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

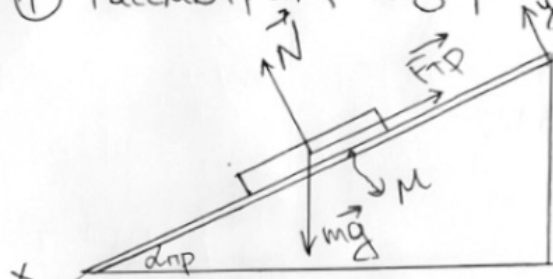
$$q = +3 \text{ мккВ}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

Решение

① Рассмотрим незаряженную пластинку:



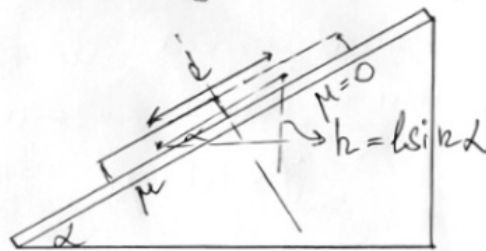
$$mg + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0}$$

$$y: mg \cos \alpha = N$$

$$x: mg \sin \alpha - \mu N = 0; F_{\text{тр}} = \mu N - \text{кр. сила}$$

$$\text{Отсюда, } \boxed{\mu g \cos \alpha = \mu}$$

②



Сначала найдем работу силы трения:

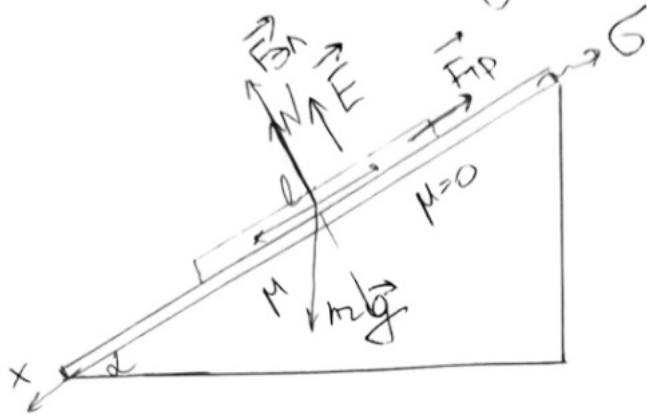
$$A_{\text{тр},1} = \int_0^l \mu N(x) dx = \int_0^l \mu \frac{mg \cos \alpha}{l} x dx =$$

$$= \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

$$\text{ЗСЭ: } mgl \sin \alpha = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

стр. 7 из 20

③ Рассмотрим заряженную пластинку:



Найдем  $N(x)$ :

$$N(x) = \frac{mg \cos \alpha}{e} x - F_{эл}(x) = \frac{mg \cos \alpha}{e} x - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{q}{e} \cdot x$$

Т.к. напряж. поле, создаваемое пластиной:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$$F_{эл} = qE$$

$$ЗЗЭ: mgl \sin \alpha + W_{эл} = W_{эл} + \frac{mv_2^2}{2} + A_{тр,2}$$

$W_{эл}$  - энергия взаимодействия обеих зар. тел; она не увеличивается, т.к. плата бесконечная

$$A_{тр,2} = \int \left( \frac{mg \cos \alpha}{e} x - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{q}{e} x \right) dx \cdot \mu = \mu \left( \frac{mg \cos \alpha}{e} - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 e} \right) \cdot \frac{l^2}{2}$$

$$\textcircled{4} \begin{cases} v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha \\ v_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0} l \cdot m \end{cases}$$

Пластинку смещают, не меняя угол наклона:

$$\begin{cases} v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \mu p gl \cos \alpha \\ v_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu g \mu p gl \cos \alpha + \frac{\mu g \mu p \sigma \cdot q \cdot l \cdot m}{2\epsilon_0} \end{cases}$$

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = \frac{\mu g \mu p \cdot \sigma \cdot q \cdot l \cdot m}{2\epsilon_0}$$

$$\left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right) \left(1 + \frac{v_1}{v_2}\right) \cdot v_2^2 = \frac{\mu g \mu p \cdot \sigma \cdot q \cdot l \cdot m}{2\epsilon_0}$$

Учет обук

$$v_2^2 - v_1^2 = \frac{tg \alpha_{np} \cdot \Delta q \cdot l_m}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha - tg \alpha_{np} \cdot g \cos \alpha}{2gl \sin \alpha - tg \alpha_{np} \cdot g \cos \alpha + \frac{tg \alpha_{np} \cdot \Delta q \cdot l_m}{2\epsilon_0}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2g \sin \alpha - tg \alpha_{np} \cdot g \cos \alpha}{2g \sin \alpha - tg \alpha_{np} \cdot g \cos \alpha + \frac{tg \alpha_{np} \cdot \Delta q \cdot l_m}{2\epsilon_0}}}$$

стр. 9 и 370

Числовик.

№3.51.

Вопрос.

Емкость это отношение заряда тела к его потенциалу:

$$C \stackrel{\text{def}}{=} \frac{q}{\varphi} \quad [C] = [q\varphi] \text{ (Фарад)}$$

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{\frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \cdot 2d} = \frac{q}{\frac{q}{2\epsilon_0\epsilon} \cdot 2d} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \text{ - емкость конденсатора}$$

Чистовик

N1.3.1.

Решение

Задача.

$$M = 1 \text{ кг}$$

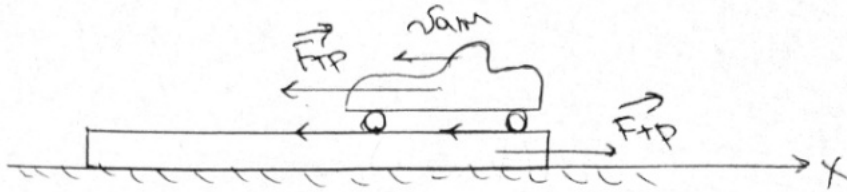
$$n = 3$$

$$N = 2 \text{ ВТ}$$

$$\mu = 0.3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

x



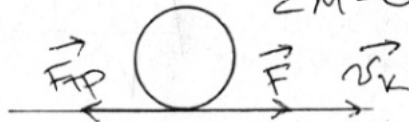
- ①  $\sum F_{\text{внеш}} = 0$  - сумма внешних сил на  $Ox$  для системы "доска + а/м" равна нулю, значит: ~~мы можем~~ ~~запишем~~ ~~ЗСН:~~ 
$$\frac{M}{n} (-v_{am} + v_d) + M v_d = 0$$

Отсюда,  $v_{am} = (n+1) v_d = 4 v_d$

- ② Рассмотрим колесо:

$$m_k = 0 \Rightarrow \sum F = 0 -$$

$$\sum M = 0$$



$$F_{TP} = F = N \cdot v_k$$

В момент отсутствия проск.: :

$$v_k = v_d + v_{am}$$

- ③ Второй закон Ньютона для доски:

$$F_{TP} = M a_d = N \cdot v_k = M \frac{dv_d}{dt}$$

- ④ Из п. 1.:  $S_{am} = 4 S_{v_d} = 4 S$

т.е. перемещение относительно доски:

Убто мобила:  $S_{\text{отн}} = 5S$

⑤ Найдём скорость вращения колеса в момент отс. проск. ( $v^*$ ):

$v^* - v_{\text{ам}}' = \bar{V} > 2g\bar{V}$  и  $v_{\text{ам}}'$  - скорость точки  $a$  и  $a/m$  в этот мом.

$$v^* = 5\bar{V}$$

$$\textcircled{6} N \cdot v_k dt = M(\bar{V} - 0)$$

$$N \cdot 5S = M\bar{V}$$

⑦ В мом. отс. пр. проск.:

$$N \cdot 5\bar{V} = \mu mg = \mu \frac{M}{n} g$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр. max}} = \mu \frac{M}{n} g, \text{ в мом. отс. проск.}$$

$$\bar{V} = \frac{\mu \frac{M}{n} g}{5N} \Rightarrow N \cdot 5S = M \frac{\mu \frac{M}{n} g}{5N}$$

$$S = \frac{\mu M^2 g}{50N^2} \Rightarrow S_{\text{отн}} = \frac{\mu M^2 g}{5N^2} = \frac{0,3 \cdot 1^2 \text{ кг}^2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5 \cdot 4 \text{ Н}^2} = 0,75$$

Ответ:  $0,75M$



Чистовик.

№ 4.31.

Задача.

$$f = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

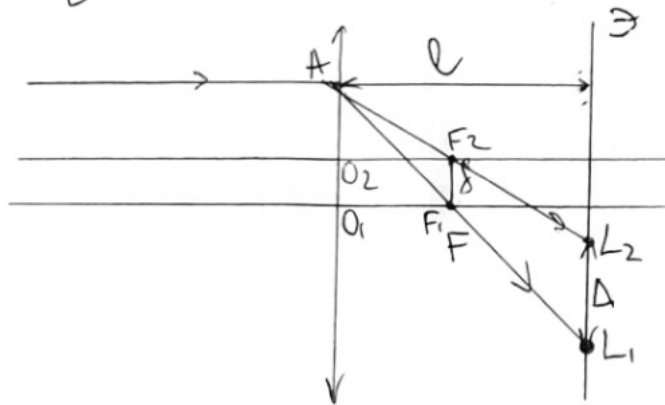
$$l = 20 \text{ см}$$

F-?

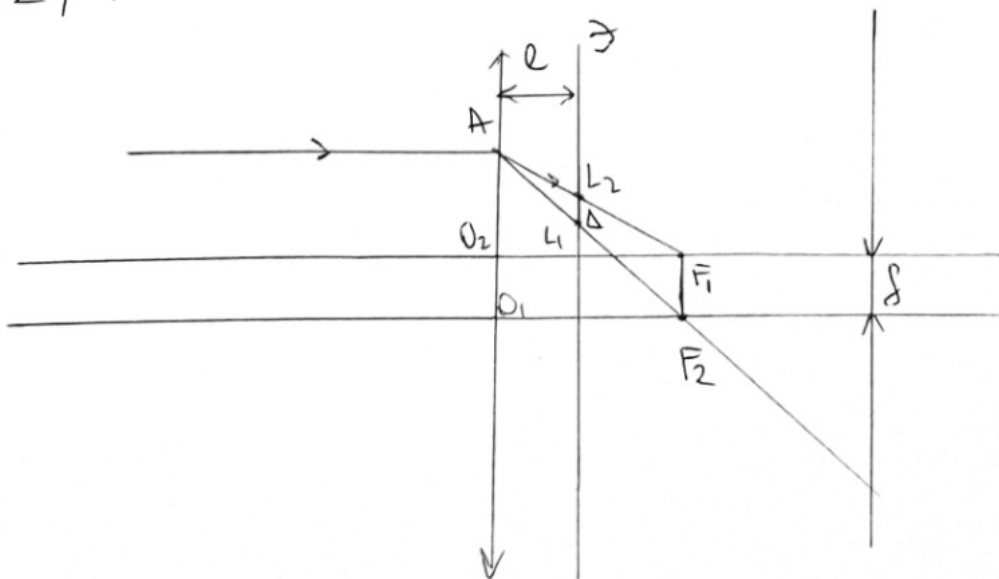
Решение

Рассмотрим несколько случаев:

① Центральный луч не проходит через центр линзы:

-  $l > F$ :Из подобия  $\Delta AF_1F_2 \sim \Delta AL_1L_2$ :

$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{f} \Rightarrow F = \frac{f}{\Delta} l = \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ см} = \underline{\underline{10 \text{ см}}} < 20 \text{ см}$$

-  $l < F$ :

стр. 11 из 20

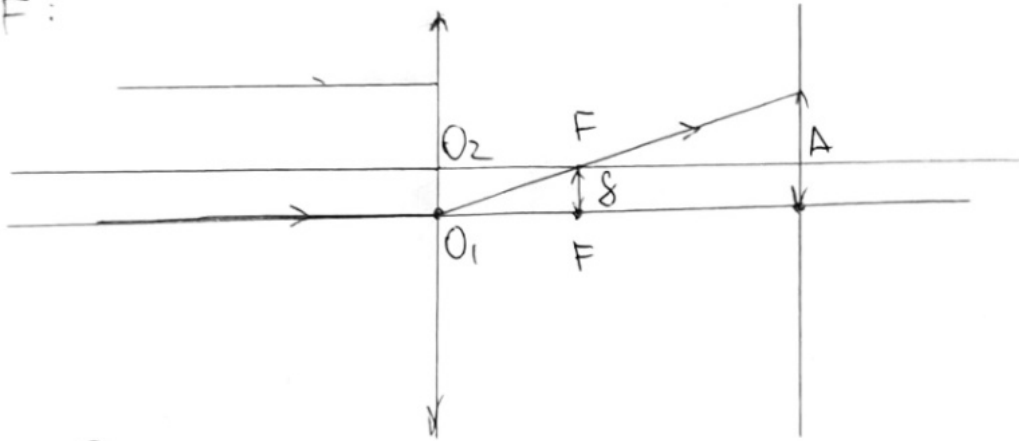
из подобия тех же треугольников:

$$\frac{\Delta}{f} = \frac{l}{F} \Rightarrow F = \frac{f}{\Delta} l = 10 \text{ см} < l = 20 \text{ см, но } F > l \Rightarrow$$

такого невозможно

② Центральный луч проходит через центр линзы:

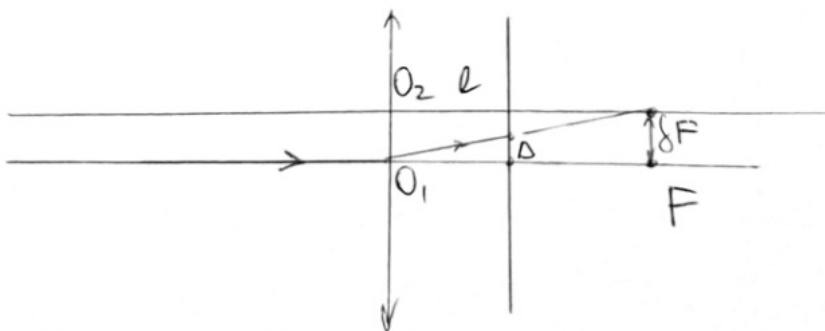
-  $l > F$ :



из подобия:

$$\frac{f}{\Delta} = \frac{F}{l} \Rightarrow F = \frac{1}{2} l = \underline{\underline{10 \text{ см}}} < l$$

-  $l < F$ :



$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{f} \Rightarrow F = \frac{1}{2} l = 10 \text{ см} < l; \text{ но } l < F.$$

Ответ: 10 см.

### №4.3.1. (Чистовик)

Вопрос.

Фокусное расстояние ТЛ - это расстояние от центра линзы до её фокуса.  
Обозначается  $F$ .

Оптическая сила тонкой линзы - это величина, обратная пропорц. фокусному расстоянию.

$$D = \frac{1}{F} \quad ; \quad [D] = [D_{\text{ДПР}}] = \left[ \frac{1}{\text{м}} \right]$$

$D > 0$  - для собирающих линз

$D < 0$  - для рассеивающих линз  
(измеряется в диоптриях)

Церновик

N13.1

Вопрос.

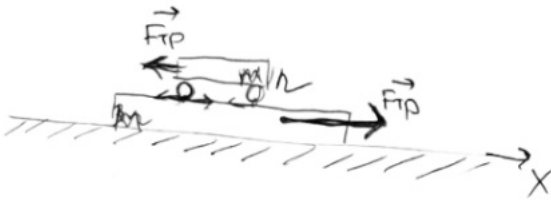
$$\vec{P}_c = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i$$

Закон сохранения импульса:

$$\vec{P}_c = \text{const}, \text{ если:}$$

- 1)  $\sum \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0}$  - сумма внешних сил равна 0
- 2)  $\sum F_{x \text{ внеш}} = 0$  - проекция на выбр. ось равна 0  $\Rightarrow$   
 $P_{c,x} = \text{const}$
- 3)  $F_{\text{внеш}} \cdot \Delta t \ll P_c$

Задача.



$$M = 1 \text{ кг}$$

$$n = 3$$

$$N = 2 \text{ В}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$+\frac{M}{n} \cdot (2v_{\text{ам}} + v_0) + M v_0 = 0$$

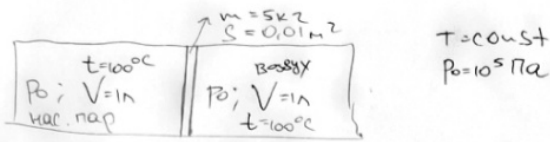
~~$n v_{\text{ам}} + M v_0 = 0$  - для обеих масс времени~~

$$+\frac{M}{n} v_{\text{ам}} = M v_0 + \frac{M}{n} v_0$$

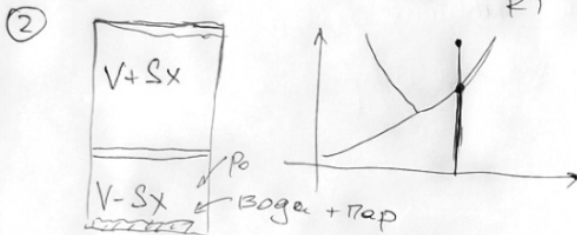
$$+v_{\text{ам}} = n v_0 + v_0 = (n+1) v_0$$

$$\textcircled{2} N \cdot v_{\text{ам}} = \mu \frac{M}{n} g - \text{когда нет трения.}$$

№2.2.1.



① Нар. нар. вакуум:  $p_{\text{нар}} = p_0$   
 $p_0 V = \nu RT \Rightarrow \nu = \frac{p_0 V}{RT} = \nu$



$$mg + \frac{\nu RT}{V + Sx} S = \frac{\nu RT}{V - Sx} S$$

$$mg + \frac{p_0 V}{V + Sx} S = p_0 S$$

$$mgV + mgSx + p_0 V S = p_0 V S + p_0 S^2 x$$

$$x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^{-3}}{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-4} \text{ м}^4 - 5 \text{ кг} \cdot 10 \cdot 0,01} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0,05} = \frac{0,05}{9,95} = \frac{5}{995} = \frac{1}{199}$$

Стр. 15 из 70

Чепубук

WLLZ

$$(1-k^2)v_2^2 = \beta$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2}$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2} - \beta$$

$$v_2^2 = \frac{\beta}{1-k^2}$$

$$k^2 = \frac{\frac{\beta}{1-k^2} - \beta}{\frac{\beta}{1-k^2}} = \frac{\beta - \beta(1-k^2)}{\beta} =$$

4.

$$l = \frac{v_2^2}{20}$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{k}{k+\beta} =$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = 1 + \frac{\beta}{k}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 9 \cdot 10^6 \cdot \frac{10^5}{2 \cdot 9 \cdot 10^2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{5}{10 - 5 + \frac{10^5}{2\sqrt{3}}}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{10^4}{\sqrt{3}}}$$

СТР. 16 и 20

Черновик.

№ 1.3.1.

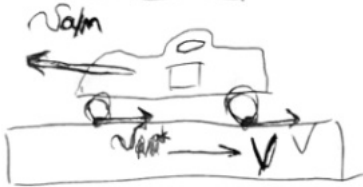
$$\textcircled{1} \quad \frac{M}{n} (-v_{am} + v_0) + M v_0 = 0$$

$$X = \int (v_{am} - v_0(t)) dt$$

$$-\frac{M}{n} v_{am} + \frac{M}{n} v_0 + M v_0 = 0$$

$$v_{am} = (n+1)v_0$$

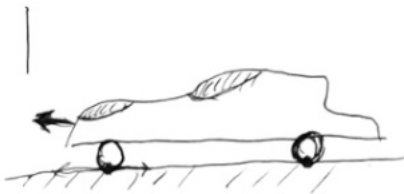
$$v_{0-H} = n \cdot v_0$$



$$v_{am} = (n+1)V$$

$$v^* = v_{am} = V - \text{б. мом. отсчит. в. пр.}$$

$$v^* = (n+2)V$$



$$S_{0-H} = n \cdot v_0'$$



$$n \cdot 4S = MV$$

стр. 17 из 20

# Чепуобук

$$\textcircled{1} \frac{M}{n} (-v_{aM} + v_{\partial}) + M v_{\partial} = 0$$

$$-v_{aM} + v_{\partial} + n v_{\partial} = 0$$

$$v_{aM} = (n+1) v_{\partial}$$

$$\underline{v_{aM} = n v_{\partial}}$$

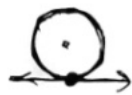
$$S_{\text{отн}} = \frac{S}{S} + S_{aM} = (n+2) S$$

$$\textcircled{2} N \cdot v^* = \mu m g = \mu \frac{M}{n} g$$

$$\textcircled{3} v_{\partial} = V - k \text{ога} \text{ и} \text{е} + \text{и} \text{р} \text{о} \text{с} \text{ } k$$

$$V = v^* - v_{aM}$$

$$v^* = (n+2) V$$

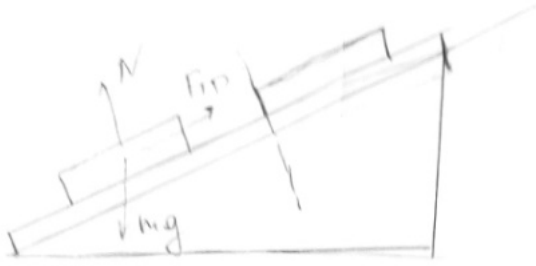


$$N \cdot v_k = F + p$$

$$n v_k = (v_{aM} + v_{\partial})$$



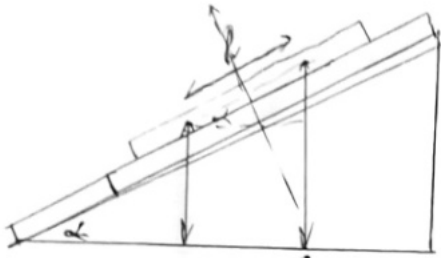
Упробин.  
N3.5.1.



$$\textcircled{1} \quad mgsin\alpha = \mu mg\cos\alpha$$

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

\textcircled{2}



$$mgl\sin\alpha = \int_0^l \mu N(x) dx + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$A_{\text{тр}_1} = \int_0^l \mu \frac{mg\cos\alpha}{2} x dx = \mu \frac{mg}{2} \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{\mu mgl}{2} \cos\alpha$$

$$mgl\sin\alpha = \frac{\mu mgl}{2} \cos\alpha + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$\textcircled{3} \quad mgl\sin\alpha = A_{\text{тр}_2} + \frac{mv_f^2}{2}$$

$$F_{\text{ЭН}} + N = mg\cos\alpha$$

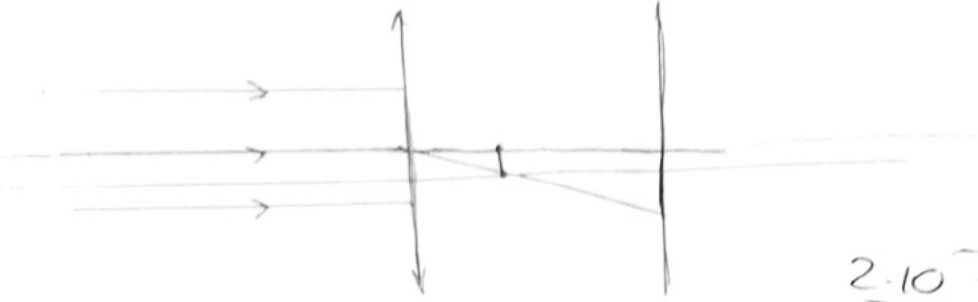
$$F_{\text{ЭН}} = \frac{5}{260} q \Rightarrow N_{\text{на } x, 2} = mg\cos\alpha - \frac{5}{260} q$$

$$N_2(x) = \frac{mg\cos\alpha}{2} x - \frac{5}{260} \cdot \frac{q}{2} x$$

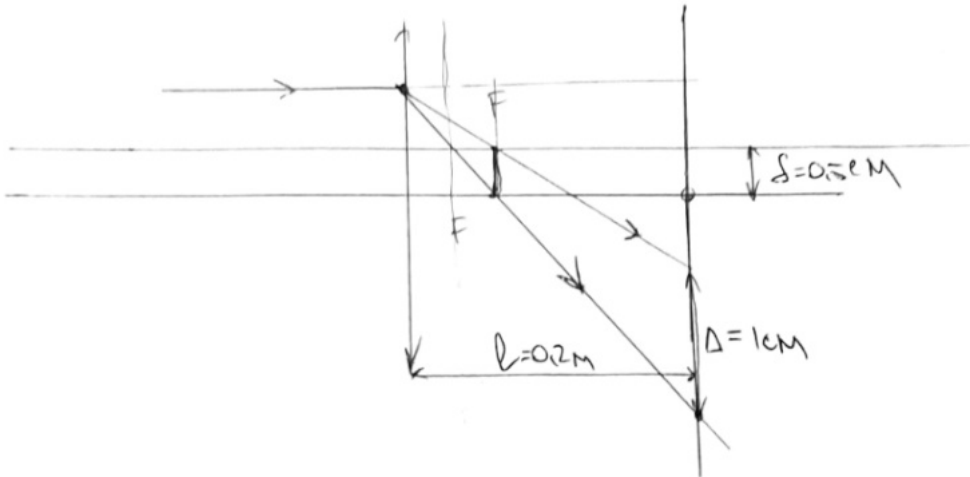
$$A_{\text{тр}_2} = \int_0^l \left( \frac{mg\cos\alpha}{2} x - \frac{5}{260} \cdot \frac{q}{2} x \right) dx$$

(ГП.19) 43/10

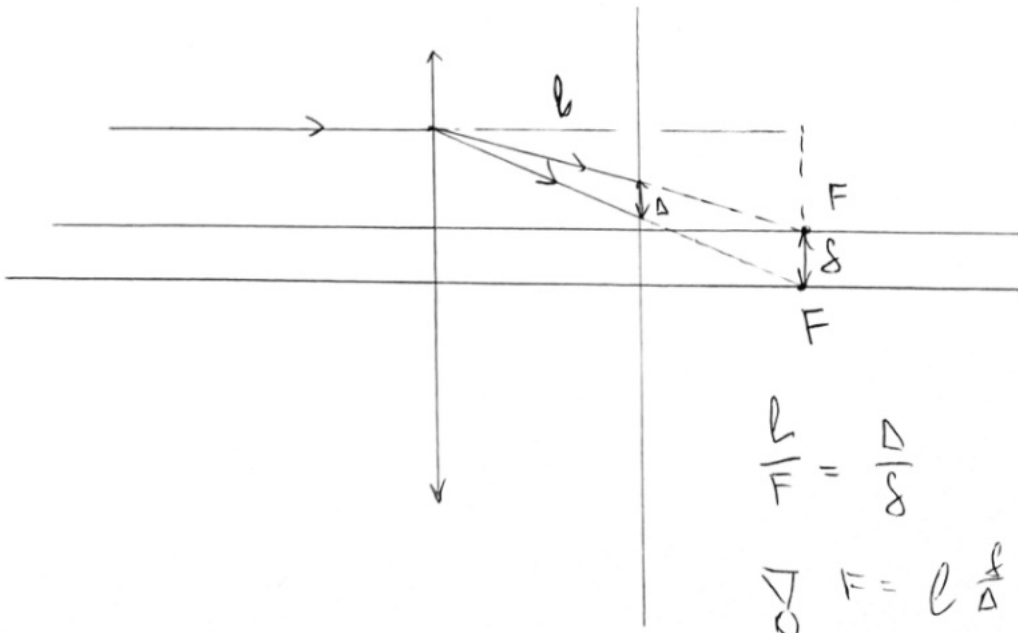
№131.  
Чертовик



$$\frac{2 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-1} = 0,2 \text{ м}$$



$$\frac{F}{l} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow F = \frac{\delta}{\Delta} l = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,1 \text{ м}$$



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

$$\Delta F = l \frac{\delta}{\Delta} = 0,1 \text{ м}$$

стр. 70 из 70

Числовик.

N 1.3.1.

Вопрос.

Импульс системы мат. точек - это векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему:

$$\vec{P}_c = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i$$

Закон сохранения импульса:

$$\vec{P}_c = \text{const}, \text{ если}$$

1) На тело не действуют внешние силы или их векторная сумма равна нулю:

$$\sum_i \vec{F}_{\text{внеш},i} = \vec{0} \quad (\text{это следствие из закона изменения импульса с-мы мат. точек})$$

$$\boxed{\frac{\Delta \vec{P}_c}{\Delta t} = \vec{F}_{\text{внеш}}} \Rightarrow \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0} \Rightarrow \Delta \vec{P}_c = \vec{0}$$

2)  $\sum F_{x, \text{внеш}} = 0$  - проекция внешних сил на выбранный ось равна нулю  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow P_{c,x} = \text{const}$$

3)  $F_{\text{внеш}} \cdot \Delta t \ll P_c$ , действие внешней силы можно пренебречь

Чистовик

№2.2.1.

Задача.

$$M = 5 \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

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

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

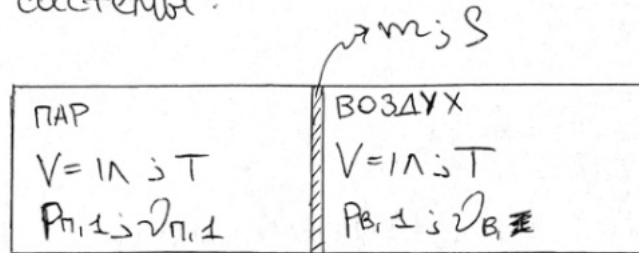
$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

x = ?

Решение

$$\textcircled{1} t = 100^\circ\text{C} \rightarrow T = 373^\circ\text{K}$$

② Рассмотрим начальное состояние системы:



$p_{n,1} = p_0$ , т.к. по условию пар насыщенный, а  $T = 373^\circ\text{K}$

Найдем кол-во в-ва пара и воздуха:

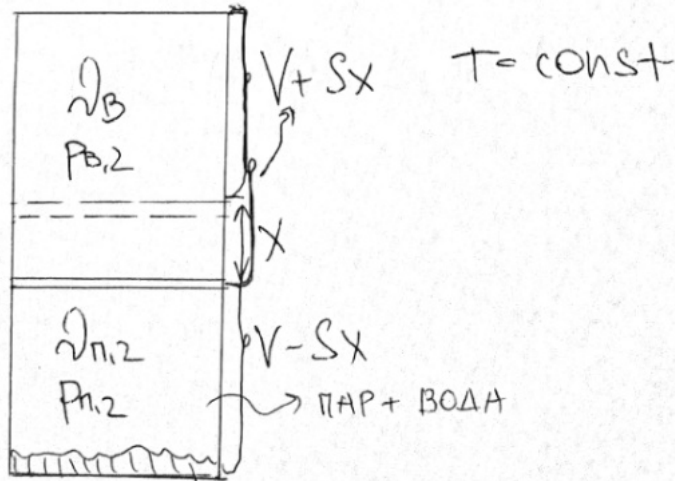
$p_{b,1} = p_0$ , т.к. с-ма в равновесии, а поршень подвижный

Закон Менделеева-Клапейрона:

$$p_0 V = \nu R T$$

$$\nu = \nu_{n,1} = \nu_B = \frac{p_0 V}{R T}$$

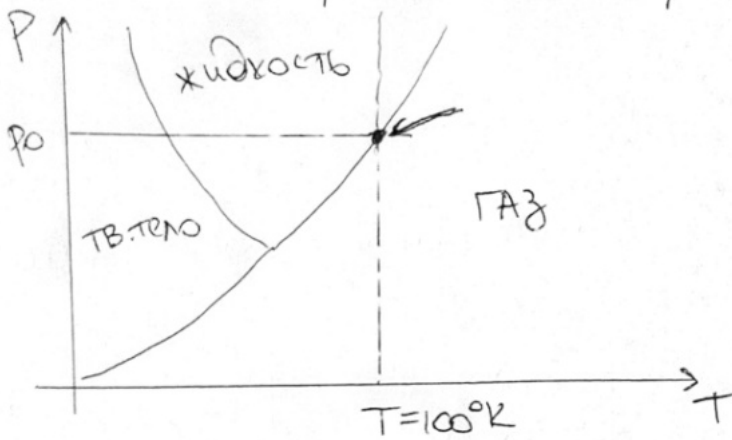
③ Рассмотрим конечное состояние системы:



СТР. 4 ИЗ 10

## Чистовик

Т.к.  $T = \text{const}$ , то из фазовой диаграммы следует, что часть пара сконденсировалась:



Отсюда,  $p_{1,2} = p_0$  - пар насыщен

④ Условие равновесия поршня:

$$mg + p_{в,2} S = p_{1,2} S$$

$$mg + \frac{2RT}{V+Sx} S = p_0 S$$

$$mg + \frac{p_0 V \cdot S}{V+Sx} = p_0 S$$

$$mg = \frac{p_0 S^2 x}{V+Sx} \Rightarrow x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS}$$

$$x = \frac{5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{105 \text{ Па} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 - 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0,5} \text{ м}$$

$$= \frac{5}{1000 - 50} \text{ м} = \frac{5}{950} \text{ м} = \frac{1}{190} \text{ м} \approx 0,5 \text{ см}$$

Ответ: 0,5 см.

Чистовик.  
№2.2.1.

Вопрос.

Влажностью воздуха называют массу водяных паров, содержащихся в нем.

$$[\rho] = [\text{г/м}^3]$$

Относительной влажностью воздуха называют отношением давлением парциальным водяных паров, содержащихся в воздухе, к давлению насыщенных паров при данной температуре.

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

Чистовик

№3.5.1

Задача.

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$$

$$\sigma = +3 \frac{\text{мккВ}}{\text{м}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

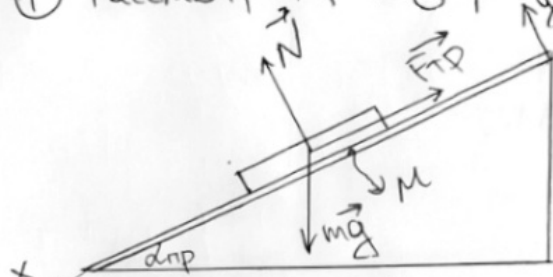
$$q = +3 \text{ мккВ}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

Решение

① Рассмотрим незаряженную пластинку:



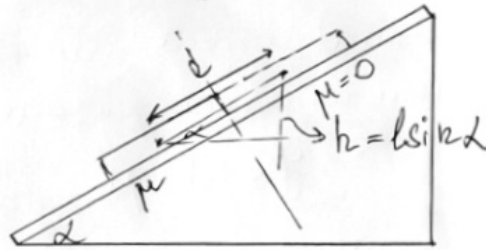
$$mg + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{0}$$

$$y: mg \cos \alpha = N$$

$$x: mg \sin \alpha - \mu N = 0; F_{\text{тр}} = \mu N - \text{кр. сила}$$

$$\text{Отсюда, } \boxed{\mu g \sin \alpha = \mu}$$

②



Сначала найдем работу силы трения:

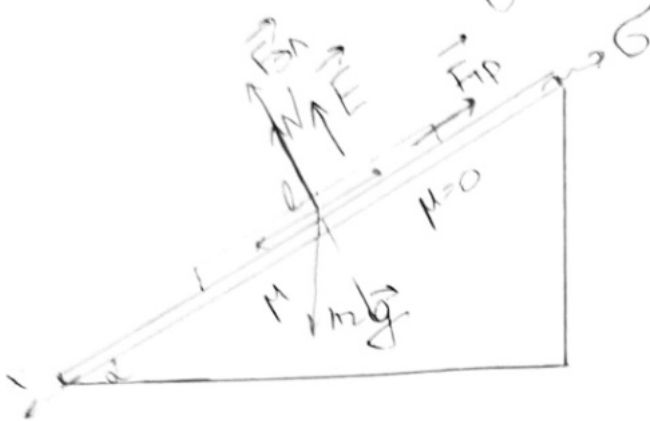
$$A_{\text{тр},1} = \int_0^l \mu N(x) dx = \int_0^l \mu \frac{mg \cos \alpha}{l} x dx =$$

$$= \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

$$\text{ЗСЭ: } mgl \sin \alpha = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

стр. 7 из 20

3) Рассмотрим заряженную пластинку:



Найдем  $N(x)$ :

$$N(x) = \frac{mg \cos \alpha}{\sqrt{\epsilon}} x - F_{эл}(x) = \frac{mg \cos \alpha}{\sqrt{\epsilon}} x - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{q}{l} \cdot x$$

—  $\frac{1}{2}$  <sup>напр.</sup> поле, создаваемое пластиной:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$$F_{эл} = qE$$

$$\text{ЗСЭ: } mgl \sin \alpha + W_{эл} = W_{эл} + \frac{mv_2^2}{2} + A_{тр2}$$

$W_{эл}$  — энергии взаимодействия двух зар. тел; она не изменяется, т.к. нм та бесконечна

$$A_{тр2} = \int \left( \frac{mg \cos \alpha}{\sqrt{\epsilon}} x - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{q}{l} x \right) dx \cdot \mu = \mu \left( \frac{mg \cos \alpha}{\sqrt{\epsilon}} - \frac{\sigma \cdot q}{2\epsilon_0 l} \right) \cdot \frac{l^2}{2}$$

$$\text{3) } \begin{cases} v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha \\ v_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu gl \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0} l \cdot m \end{cases}$$

Пластинку смещают, не меняя угол наклона:

$$\begin{cases} v_1^2 = 2gl \sin \alpha - \mu \text{tg} \alpha \mu gl \cos \alpha \\ v_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu \text{tg} \alpha \mu gl \cos \alpha + \frac{\mu \text{tg} \alpha \mu \sigma q l \cdot m}{2\epsilon_0} \end{cases}$$

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = \frac{\mu \text{tg} \alpha \mu \sigma q l \cdot m}{2\epsilon_0}$$

$$\left(1 - \frac{v_1}{v_2}\right) \left(1 + \frac{v_1}{v_2}\right) \cdot v_2^2 = \frac{\mu \text{tg} \alpha \mu \sigma q l \cdot m}{2\epsilon_0}$$



Учет обук

$$v_2^2 - v_1^2 = \frac{tg \alpha \cdot \Delta q \cdot l \cdot m}{2 \epsilon_0}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha - tg \alpha \cdot g \cos \alpha}{2gl \sin \alpha - tg \alpha \cdot g \cos \alpha + \frac{tg \alpha \cdot \Delta q \cdot l \cdot m}{2 \epsilon_0}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2g \sin \alpha - tg \alpha \cdot g \cos \alpha}{2g \sin \alpha - tg \alpha \cdot g \cos \alpha + \frac{tg \alpha \cdot \Delta q \cdot l \cdot m}{2 \epsilon_0}}}$$

стр. 9 и 370

Числовик.

№3.51.

Вопрос.

Емкость это отношение заряда тела к его потенциалу:

$$C \stackrel{\text{def}}{=} \frac{q}{\varphi} \quad [C] = [q\varphi] \text{ (Фарад)}$$

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{\frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \cdot 2d} = \frac{q}{\frac{q}{2\epsilon_0\epsilon} \cdot 2d} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \text{ - емкость конденсатора}$$

Председателю апелляционной комиссии  
олимпиады школьников «Ломоносов»  
ректору МГУ имени М.В. Ломоносова  
академику В.А.Садовничему  
ученика МАОУ лицея №4 г. Краснодара 11 класса  
Тихонова Дмитрия Романовича

*Оценки  
не учтена  
задача  
Т*

Прошу пересмотреть выставленные 80 технических баллов за мою работу заключительного этапа по физике поскольку считаю, что мною были решены две полностью правильно решенные задачи – **30 баллов**; даны полные и точные ответы на все вопросы – **40 баллов**; в задаче №3 для 11 класса первого дня проведения олимпиады мною был получен полностью верный ответ, но в условии не было сказано, что в задаче нужно везде использовать угол (альфа пробный), то есть я просто не посчитал окончательный ответ, обычно в олимпиадах за это снижается не больше 2 баллов, то есть за задачу №3 – **13 баллов**; в задаче №1 для 11 класса данное мною решение было частично верное, но я допустил опisku при выражении силы трения скольжения и перепутал мощность с силой, в итоге получил неверный ответ, считаю корректным оценить эту задачу в **10 баллов. Итого: 93 балла.**

Дата: 25.03.2022

Подпись: *DT*