



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Лузганов Кирилл Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **88**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 8948690

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	6	15	15	15	<b>88</b>
Вопрос	10	10	8	9	



Умножив

Лист 12

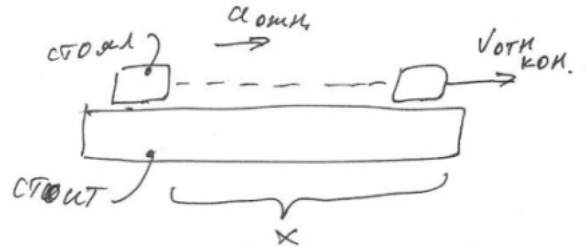
2) Р.к.  $a_x = \mu g = \text{const}$  и  $a_z = \frac{1}{3} \mu g = \text{const}$ , то

Кинематика в СД доски:

Зак. Слост. унк-ий:  $\alpha_{\text{отн}} = \alpha_x + \alpha_z = \frac{4}{3} \mu g$ .

$$2\alpha_{\text{отн}} \cdot x = v_{\text{отн кон}}^2 - 0^2$$

$$2 \cdot \frac{4}{3} \mu g \cdot x = v_{\text{отн кон}}^2$$



4) ~~Можно~~ Максимум отн. скор. в конце:

Закр. доски:  $\delta A_F = -\delta A_{\text{тр}} = dE_{\text{к.д.}}$

$$\delta A_F = \frac{1}{2} M ((v_{\text{отн}} + dv_{\text{отн}})^2 - v_{\text{отн}}^2)$$

$$\delta A_F = M v_{\text{отн}} \cdot dv_{\text{отн}} \quad | \times dt$$

$$N = M d v_{\text{отн}} \cdot dv_{\text{отн}}$$

Пропускаем:

$$N = x \cdot v_{\text{отн кон}}$$

$$\rightarrow v_{\text{отн кон}} = \frac{N}{x}$$

$$5) \frac{8}{3} \mu g \cdot x = \frac{N^2}{x^2}$$

$$x^3 = \frac{3N^2}{8\mu g}; \quad x = \sqrt[3]{\frac{3N^2}{8\mu g}}$$

$$\text{Ответ: } x = \sqrt[3]{\frac{3N^2}{8\mu g}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 4 \text{ В}^2}{8 \cdot 0,3 \cdot 10^4 \text{ м/с}^2}}$$

Чистовик

Лист 13

Вопросы к задаче 1.3.1.

- ① Импульс системы мат. точек — это векторная сумма импульсов каждой из точек, входящих в систему.

$$P_{\text{сист}} = \sum_k p_k = \sum_k m_k v_k$$

- ② Импульс системы ~~мат. точек~~ есть величина ~~на~~ постоянная, если на систему не действуют внешние силы, ~~или~~ или их действия скомпенсированы.

$$\vec{P}_{\text{сист}} = \text{const}, \text{ если } \vec{R} = \vec{0}$$

## Условие

## Задача 2.2.1

## Лист 1

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$V = 2 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t = T = 100^\circ \text{C} = 373 \text{ К}$$

воздух | мас. пар.

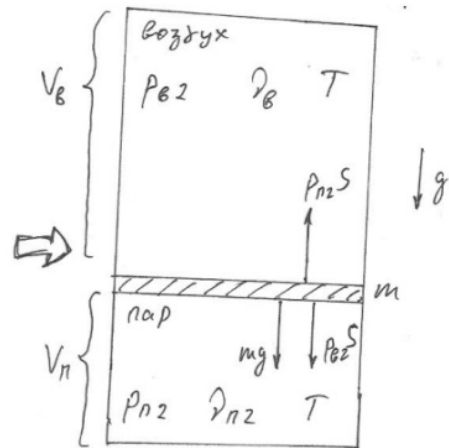
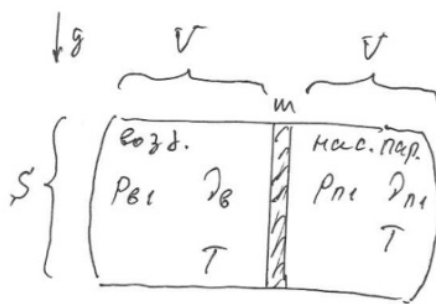
$$T = \text{const}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$x = ?$$



$$V_{в} + V_{п} = 2V$$

① Расм. пар. в начале:

Т.к. пар насыщен, то  $p_{п1} = p_{пп}$ Т.к. это пар воды и  $T = 373 \text{ К} = 100^\circ \text{C}$ , то  $p_{пп} = p_0$ , т.е.  $p_{п1} = p_0$ 

② Условие равновесия поршня в начале:

$$p_{п1} S = p_{в1} S$$

$$p_{в1} = p_{п1}$$

$$p_{в1} = p_0$$

③ Условие равновесия поршня в конце:

$$p_{п2} S = mg + p_{в2} S$$

④ Мен-кл для воздуха в начале и в конце: ( $\rho_{в} = \text{const}$ )

$$p_{в1} V = \rho_{в} R T$$

$$p_{в2} V_{в} = \rho_{в} R T$$

$$\rightarrow p_{в2} = p_{в1} \frac{V}{V_{в}} \rightarrow p_{в2} = p_0 \frac{V}{V_{в}}$$

⑤ Предположим, что пар в конце не насыщен, значит, воды в конце нет.

Тогда, т.к. воды не было и в начале,  $\rho_{п2} = \rho_{п1}$ .

Мен-кл для пара в начале и в конце:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{п1} V = \rho_{п1} R T \\ p_{п2} V_{п} = \rho_{п2} R T \end{array} \right. \rightarrow \frac{p_{п1}}{p_{п2}} = \frac{V_{п}}{V} \rightarrow \frac{V_{п}}{V} = \frac{p_0}{p_{п2}}$$

Т.к. пар по предположению не насыщен, то  $p_{п2} < p_0$ , а-то,  $\frac{V_{п}}{V} > 1$ ,  $V_{п} > V$ , т.е. пар расширялся, значит, воздух сжимался,  $V_{в} = 2V - V_{п} < V$ ,  $V_{в} < V$ Тогда по Мен-кл для воздуха (п.ч)  $p_{в2} = p_0 \frac{V}{V_{в}} > p_0$ ,  $p_{в2} > p_0$

Чистовик лист 2

Но тогда верно неравенство:

$$p_{B2} + \frac{mg}{S} > p_0 + \frac{mg}{S} > p_0 > p_{n2}, \text{ т.е. } p_{B2} + \frac{mg}{S} > p_{n2}$$

Это противоречит закону в п. 3 равенству " $p_{B2} + \frac{mg}{S} = p_{n2}$ "

Противоречие! Значит, предположение неверно, и пар в конце крышки!

⑥ Пар в конце крышки, а-то,  $(p_{n2} = p_{n1} = p_0)$ , пока крышка не конденсируется.

из п. 3:  $p_{n2} = p_{B2} + \frac{mg}{S}$

$$p_0 = p_{B2} + \frac{mg}{S}$$

$$(p_{B2} = p_0 - \frac{mg}{S})$$

⑦ Мек-кл для воздуха:

$$\begin{cases} p_{B1} V = p_B R T \\ p_{B2} V_B = p_B R T \end{cases} \rightarrow V_B = V \cdot \frac{p_{B1}}{p_{B2}} = V \cdot \frac{p_0}{p_0 - \frac{mg}{S}}; \quad (V_B = \frac{V}{1 - \frac{mg}{p_0 S}})$$

⑧  $V_B > V$ , воздух расширяется, тогда  $x = \frac{V_B}{S} - \frac{V}{S}$  (из геометрии)

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

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

$$x = \frac{V}{S} \cdot \frac{1}{\left( \frac{p_0 S}{mg} - 1 \right)} = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{10^{-2} \text{ м}^2} \cdot \frac{1}{\frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{5 \text{ кг} \cdot 10^4 \text{ кг}^{-1}} - 1} = 0,1 \text{ м} \cdot \frac{1}{\frac{1000}{50} - 1} = \frac{1}{190} \text{ м}$$

$$\text{Ответ } x = \frac{V}{S} \cdot \frac{1}{\left( \frac{p_0 S}{mg} - 1 \right)} = \frac{1}{190} \text{ м} \approx 0,0053 \text{ м}$$

Чистовик      лист 3

Вопросы к задаче 2.2.1.

- ① Влажность воздуха (абсолютная) — это отношение массы водяного пара в воздухе к плотности воздуха.
- ② Относительная влажность воздуха — это отношение давления водяного пара в воздухе при данной температуре к давлению насыщенного ~~воздуха~~ водяного пара при этой же температуре.
- ③ Влажность воздуха (абсолютная) — это отношение массы водяного пара к объёму ~~воздуха~~ воздуха, в котором он находится, то есть ~~масса воздуха~~ плотность водяного пара:

$$f = \frac{m_{\text{п}}}{V}$$



Чистовик

Лист 4

Задача 3.5.1

Дано:

$m = 0,1 \text{ кг}$

$\alpha_{пр} = 30^\circ$

$v_1$

$\epsilon = +3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$

$q = +3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

$v_2$

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

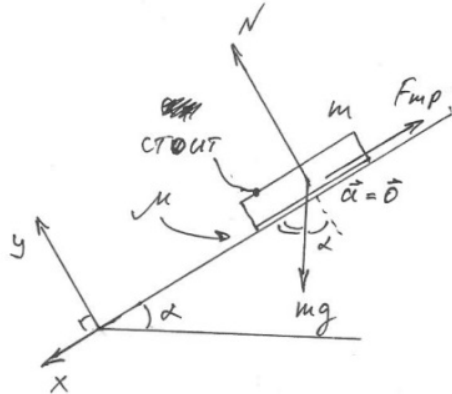
1) Рассм.-м пластинку в осн. покая на шероховатой пов-ти в общем случае:

По теор. о бв-ии центра масс:

$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = m\vec{a} = \vec{0}$

~~$y: N - mg \cos \alpha = 0, N = mg \cos \alpha$~~

~~$x: mg \sin \alpha - F_{тр} = 0$~~



$y: N - mg \cos \alpha = 0 \rightarrow N = mg \cos \alpha$

$x: mg \sin \alpha - F_{тр} = 0 \rightarrow F_{тр} = mg \sin \alpha$

В общем случае  $F_{тр} \leq \mu N$ , т.е.

$mg \sin \alpha \leq mg \cos \alpha \cdot \mu$

$\sin \alpha \leq \mu \cos \alpha$

$\tan \alpha \leq \mu$

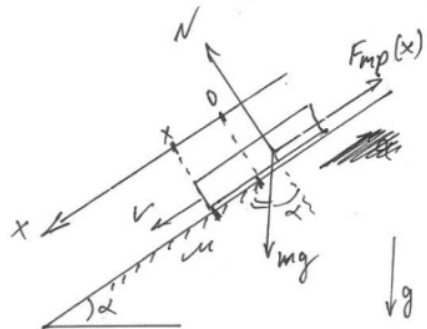
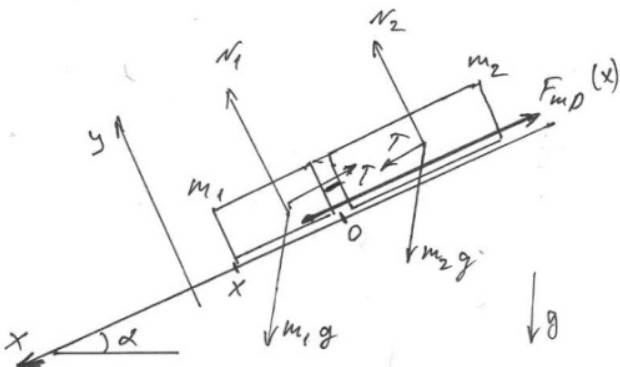
При  $\alpha = \alpha_{пр}$   $F_{тр} = \mu N$ , т.е.  $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha_{пр}$   $\tan \alpha_{пр} = \mu$ ;

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

2) Рассм.-м съезд пластинки в первом случае (без зарядов):  
Вм рассм.-м прохв. мак-т времени; когда

доска заехала на шерохов. часть нах.

Мысленно "разрежем" пластинку на границе шероховатой части:



ЧистовикЛист 5

Т.к. пластина однородная, то  $m_1 = m \cdot \frac{x}{l}$ ;  $m_2 = m(1 - \frac{x}{l})$ , где  $l$  — длина всей пластинки

В этот произв. мом-т  $F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}(x) = \mu N_1$

23Н для « $m_1$ »:  $y: N_1 = m_1 g \sqrt{\cos \alpha} \rightarrow N_1 = mg \cdot \frac{x}{l} \cdot \cos \alpha$

~~т.к.~~  $F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}(x) = \mu mg \cdot \frac{x}{l} \cos \alpha$

23Н для всей пластинки « $m$ » (силы  $T$  — внутренние):

$x: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}(x) = + m a_x$

$mg \sin \alpha - \mu mg \cdot \frac{x}{l} \cos \alpha = m a_x \rightarrow a_x \neq \text{const.}$

• Разам элементе пластины на малое  $\Delta x$  от  $x$  до  $x + \Delta x$ :

~~Закон~~ Закон Узм. Кин. ЭН:  $A_{\text{тр}} + A_{\text{грав}} = \frac{1}{2} m (v + \Delta v)^2 - \frac{1}{2} m v^2$

•  $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}(x) \cdot \Delta x = -\frac{\mu mg}{l} \cdot x \Delta x \cdot \cos \alpha$

•  $A_{\text{грав}} = mg \cdot \Delta x \sin \alpha$

$mg \Delta x \sin \alpha - \frac{\mu mg}{l} \cdot x \Delta x \cos \alpha = \frac{1}{2} m ((v + \Delta v)^2 - v^2) \quad | : m \neq 0$

$g \Delta x \sin \alpha - \frac{\mu g}{l} \cdot x \Delta x \cos \alpha = \frac{1}{2} (v^2 + 2v \Delta v + \Delta v^2 - v^2) \quad | \text{преобразуем } \Delta v^2$

$g \Delta x \sin \alpha - \frac{\mu g}{l} \cdot x \Delta x \cos \alpha = v \Delta v \quad (*)$

И проинтегрируем  $(*)$  от  $x=0$  до  $x=l$ :

$g \sin \alpha \cdot \sum \Delta x - \frac{\mu g \cos \alpha}{l} \cdot \sum x \Delta x = \sum v \Delta v$

$g \sin \alpha (l - 0) - \frac{\mu g \cos \alpha}{l} \cdot \left( \frac{l^2}{2} - \frac{0^2}{2} \right) = \left( \frac{v_1^2}{2} - \frac{0^2}{2} \right)$

$g l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu g l \cos \alpha = \frac{1}{2} v_1^2$

$v_1^2 = 2g l \sin \alpha - \mu g l \cos \alpha$

$v_1 = \sqrt{g l (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$

Чистовик

Лист 6

- ③ Теперь рассм. м связь пластины во втором случае (с зарядом).  
 В произвольный момент времени снова разобьём (мысленно) пластинку на две связанных части по ~~горизонтальной~~ границе шерош. части нити.

Т.к. пластинка однородная, то:

$$m_1 = m \cdot \frac{x}{l}; \quad m_2 = m(1 - \frac{x}{l})$$

Т.к. пластинка заряжена равномерно, то

$$q_1 = q \cdot \frac{x}{l}; \quad q_2 = q(1 - \frac{x}{l})$$

~~Решение~~

- Поле, созданное нитью:  $E = \frac{G}{2\epsilon_0}$

• Тогда силы

$$F_{\text{Э}1} = q_1 E; \quad F_{\text{Э}2} = q_2 E.$$

- ЗН для "m<sub>1</sub>":

$$y: F_{\text{Э}1} + N_1 = m_1 g \cos \alpha$$

$$N_1 = m_1 g \cos \alpha - q_1 E$$

$$N_1 = mg \cdot \frac{x}{l} \cos \alpha - qE \cdot \frac{x}{l}$$

$$N_1 = \frac{x}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE)$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}}(x) = \mu N_1 = \frac{\mu x}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE)$$

Т.к. F<sub>тр</sub>(x) действует только на "m<sub>1</sub>"

- Рассм. элемент пластины на малое  $\Delta x$  (от  $x$  до  $x + \Delta x$ ):

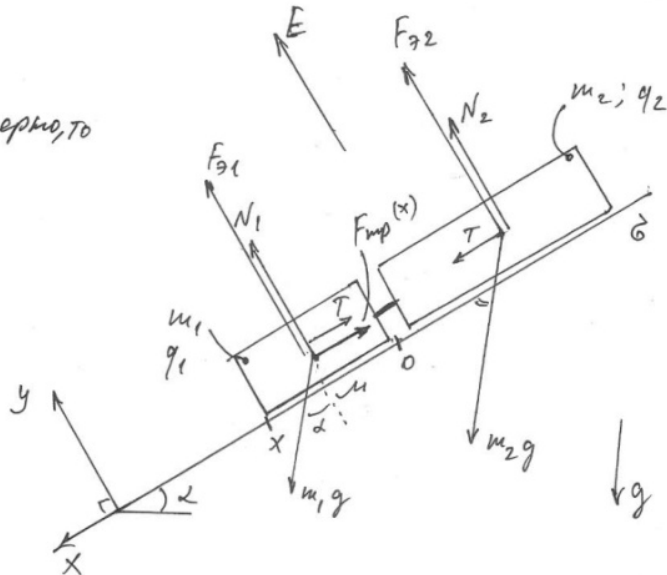
$$\text{Зак. Изм. Кин. ЭН:} \quad A_{\text{тр}} + A_{\text{тяж}} = \frac{1}{2} m (v + \Delta v)^2 - \frac{1}{2} m v^2$$

$$\bullet A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}(x) \cdot \Delta x = -\frac{\mu x \Delta x}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE)$$

$$\bullet A_{\text{тяж}} = mg \Delta x \sin \alpha$$

$$mg \Delta x \sin \alpha - \frac{\mu x \Delta x}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE) = \frac{1}{2} m (v^2 + 2v \Delta v + \Delta v^2 - v^2) \quad \left| \text{Пренебрежём } \Delta v^2 \right.$$

$$mg \Delta x \sin \alpha - \frac{\mu}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE) \cdot x \Delta x = m v \Delta v \quad (\star \star)$$



ЧисловикЛист 7

Прогнати мурган (\*\*\*) от  $x=0$  до  $x=L$ , т.е. зеврана заета на мерох. част.

$$mg \sin(\alpha) \cdot \sum \Delta x - \frac{\mu}{l} \cdot (mg \cos \alpha - qE) \cdot \sum x \Delta x = m \sum v_1 v_2$$

$$mg \sin(\alpha) \cdot (L-0) - \frac{\mu}{l} (mg \cos \alpha - qE) \cdot \left(\frac{L^2}{2} - \frac{0^2}{2}\right) = m \left(\frac{v_2^2}{2} - \frac{0^2}{2}\right)$$

$$mg l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu l (mg \cos \alpha - qE) = \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$v_2^2 = 2gl \sin \alpha - \mu l \left(g \cos \alpha - \frac{qE}{m}\right)$$

$$v_2 = \sqrt{2gl \sin \alpha - \mu l \left(g \cos \alpha - \frac{q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m}\right)}$$

4) Укнање:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{2gl \sin \alpha - \mu l \left(g \cos \alpha - \frac{q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m}\right)}}{\sqrt{gl (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} = \frac{2g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{\mu q \delta}{2 \epsilon_0 m}}{g (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu q \delta}{2 \epsilon_0 m g (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} \quad \text{Подобавим } \mu = \operatorname{tg} \alpha_{np}$$

~~$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m g (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$~~

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m g (2 \sin \alpha - \operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot \cos \alpha)}}$$

при  $\alpha = \alpha_{np}$ :  $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m g (2 \sin \alpha_{np} - \operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot \cos \alpha_{np})}} =$

$$= \sqrt{1 + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot \left(2 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right)}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

Одвем: ~~вектор~~  $v_1$  меньше, чем  $v_2$  в

$$\sqrt{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_{np} \cdot q \cdot \delta}{2 \epsilon_0 m g \cdot \sin \alpha_{np}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} \text{ раз.}$$

Вопросы к задаче 3.5.1

① Електроёмкость — мера способности проводника накапливать электрический заряд. (характеристика проводника).

~~Электроёмкость~~ Электроёмкость равна отношению заряда проводника к разности потенциалов.

$$C = \frac{q}{U}$$

② Электроёмкость плоского конденсатора:  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

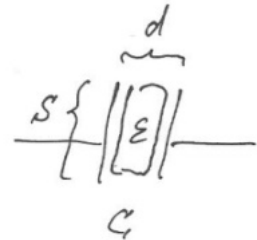
где  $\epsilon$  — диэлектрич. проницаемость среды между обкладками

~~$\epsilon_0$  — диэлектр.~~

$\epsilon_0$  — электр. постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$S$  — площадь обкладок кон-ра

$d$  — расстояние между обкладками



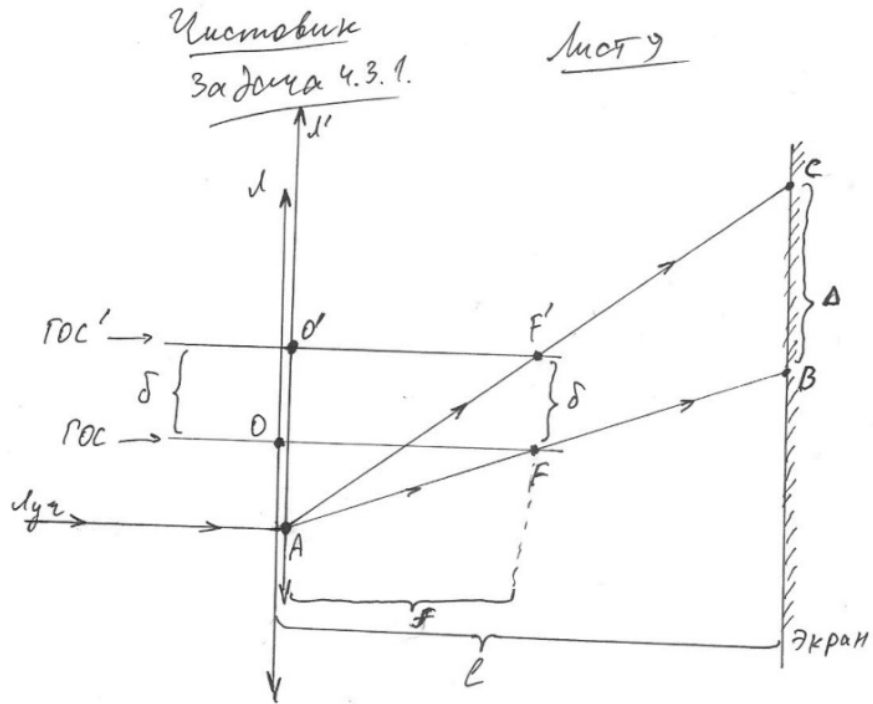
Дано:

$$L = 20 \text{ см}$$

$$\delta = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

$$f = ?$$



На склоне изображены линза  $L$  до перевертывания и линза  $L'$  после перевертывания. (это не две взаимно перпендикулярные линзы!)

- ① Т.к. луч не двигался, то он в обоих случаях попадет в т. А.  
Т.к. луч падает параллельно ГОС в обоих случаях, то он в обоих случаях пройдет так, чтобы пройти через фокус линзы (точки  $F$  и  $F'$ )  
Центры пятен на экране окажутся в точках  $B$  и  $C$  до и после перевертывания, соответственно.

② Геометрия:

$$\triangle AFF' \sim \triangle ABC, \text{ т.к.}$$

$$\frac{FF'}{BC} = \frac{f}{L} \quad (\text{т.к. } f \text{ и } L - \text{ это длины высот соотв-ых } \triangle\text{-ков})$$

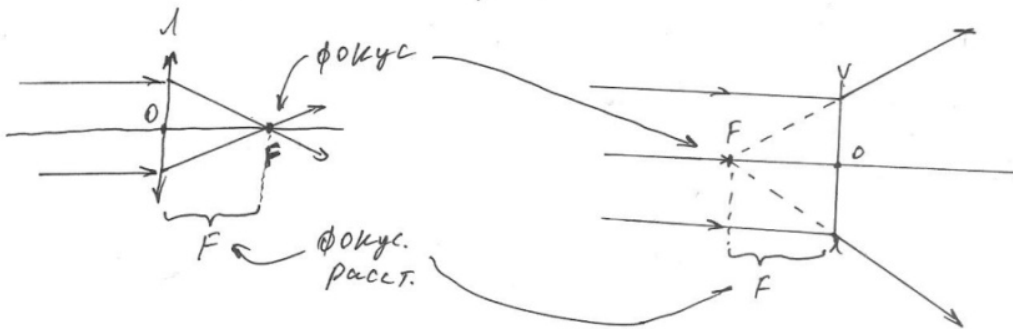
$$f = L \cdot \frac{FF'}{BC} \rightarrow f = L \cdot \frac{\delta}{\Delta}$$

$$f = L \cdot \frac{\delta}{\Delta} = 20 \text{ см} \cdot \frac{0,5 \text{ см}}{1 \text{ см}} = 10 \text{ см}$$

Ответ: ~~фокусное~~ фокусное расст.  $f = L \cdot \frac{\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$

## Вопросы к задаче 4.3.1

- ① Фокусное расстояние ~~это расстояние~~ тонкой линзы — это расстояние от Г.О.Ц. этой линзы до фокуса этой линзы, где фокус — это точка, в которой сходятся все лучи, унававшие до этого на линзу параллельными пучком, перпендикулярно плоскости линзы, если эта линза собирающая, или продолжения всех лучей, вышедших из линзы, если линза рассеивающая. В обоих случаях лучи падают на линзу параллельными пучком, перпендикулярно плоскости линзы. Фокусное расстояние — это характерная мера преломляющей способности линзы, измеряется в метрах.



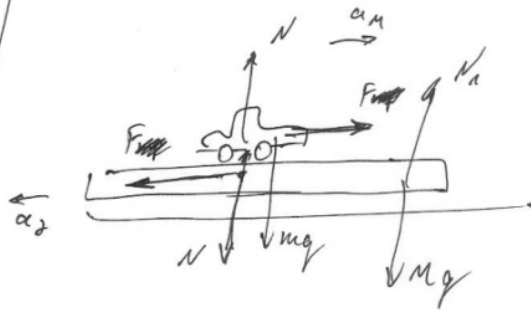
- ② Оптическая сила тонкой линзы — это мера преломляющей способности линзы. Опт. сила равна обратному показателю преломления среды, в которой находится линза к фокусному расстоянию линзы; измеряется в диоптриях (диоптр =  $\frac{1}{\text{м}}$ )
- $$D = \frac{n_{\text{ср}}}{F}$$

12...

Чертовик

лист 14

$$\begin{array}{r} 1,000 \quad | \quad 1,190 \\ - 950 \quad | \quad 0,005 \quad 26 \\ \hline 500 \\ - 380 \\ \hline 1200 \\ - 1140 \\ \hline \end{array}$$

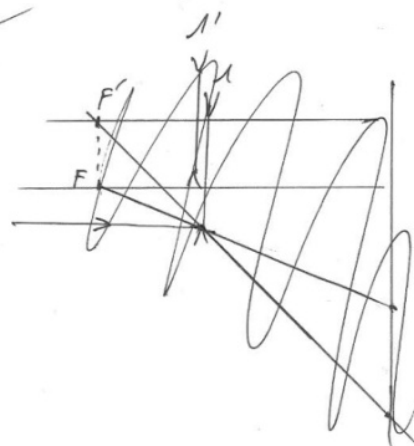
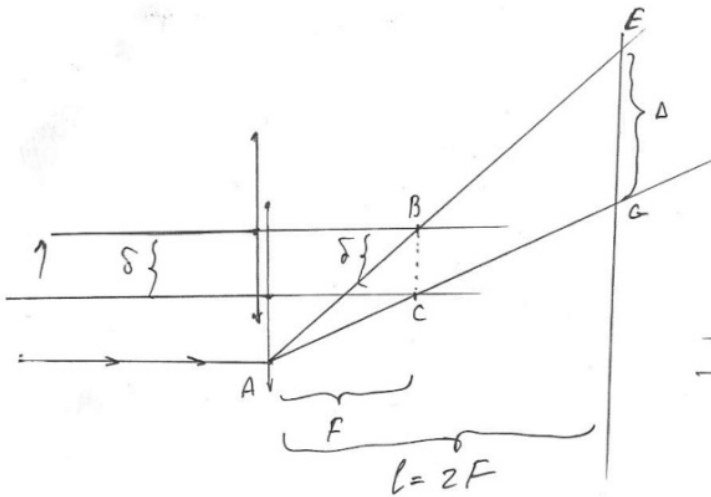
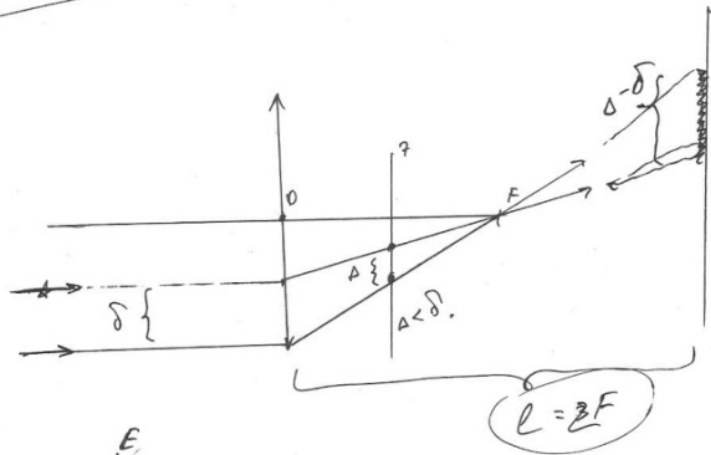
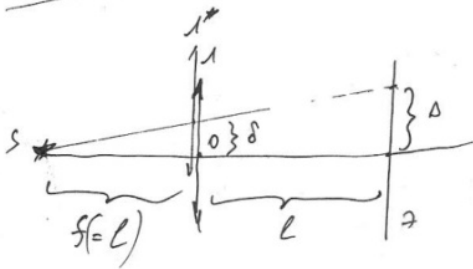
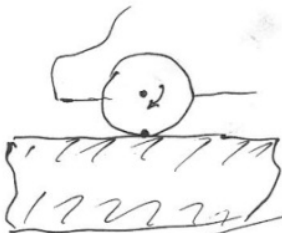


~~$N = \frac{F \cdot \delta}{l} = 2 \frac{F \cdot \delta}{l}$~~

$N = \frac{\delta A}{dt} = \text{const}$

Нет прокатки звонков:

$$N = \frac{\delta A}{dt} = \frac{F \cdot dS_{OTH}}{dt} = F V_{OTH}$$





Дано:

$$l = 20 \text{ см}$$

$$\delta = 0,5 \text{ см}$$

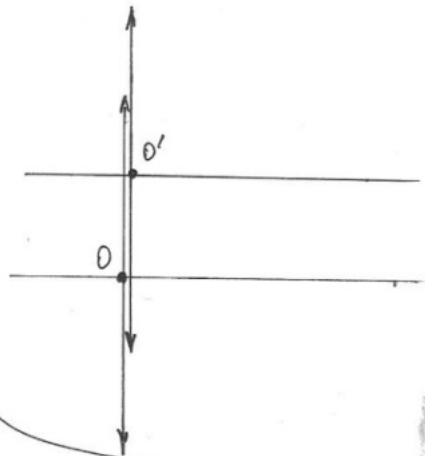
$$\Delta = 1 \text{ см}$$

$$F = ?$$

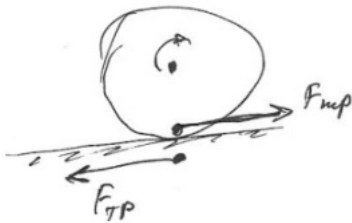
~~Учебник~~ Черновик.

МСТ 15

Задача 4.3.1



Пока есть криск.:



$$\delta A_F = -\delta A_{\text{тр}}$$

$$N = -N_{\text{тр}}, \text{ где } N_{\text{тр}} = F$$

$$\text{где } \delta A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot \Delta S_{\text{отн}} \cdot \cos 180^\circ = -F_{\text{тр}} \Delta S_{\text{отн}}$$

$$\delta A_F = -\delta A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \Delta S_{\text{отн}} \quad | : \Delta t$$

$$N = F_{\text{тр}} \cdot v_{\text{отн}}, \text{ где } v_{\text{отн}} \text{ - это скор. колеса? или доски.}$$

не только!

в СО доски:

$$\delta A_F = -\delta A_{\text{тр}} + dE_k$$

в СО машины

$$\delta A_F = -\delta A_{\text{тр}} + dE_{\text{мех. доски}} = -\delta A_{\text{тр}} + dE_{\text{к. доски}}$$

$$\delta A_F = -F_{\text{тр}} \cdot \Delta S_{\text{к-д}} + \left(\frac{1}{2} M V\right)$$