МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Дьячковский Михаил Афанасьевич**

Класс: 11

Технический балл: **85**

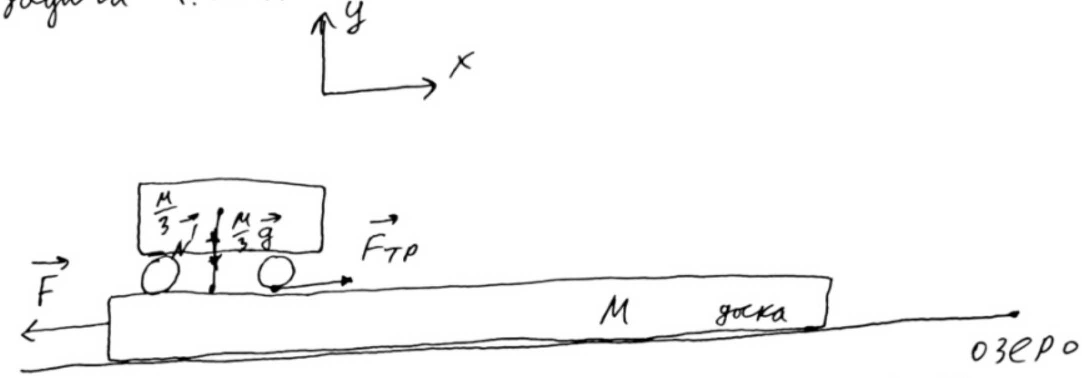
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9063992

	1	2	3	4	$\sum$
Задача	*8*	*15*	*15*	*15*	***85***
Вопрос	*8*	*8*	*8*	*8*	

Чистовик

Задача 1.3.1.



По II з-ну Ньютона: $Oy:\ N' - \frac{M}{3}g = 0 \quad N' = \frac{M}{3}g$

По закону Кулона-Амонтона, т.к. колёса проскальзывают,

то $F_{TP} = \mu N' = \frac{\mu M g}{3}$

По III з-ну Ньютона: $\vec{F}_{TP} + \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow F = F_{TP} = \frac{\mu M g}{3}$

II з-н Ньютона: для доски $Ox:\ -\frac{\mu M g}{3} = M a_x$

по III з-ну Ньютона следует, что ~~сила тяги~~ $dA_{тяги} = -dA_{трения}$

$$\boxed{a_x = -\frac{\mu g}{3}}$$

По определению: $N = \frac{dA_{тяги}}{dt} = \frac{\cancel{F_т \cdot dx}}{\cancel{dt}} = F_{TP} \cdot v_{нижн.}$

~~В нашем случае: $|\vec{F}_т| = |\vec{F}_{TP}| = \frac{\mu M g}{3}$~~

нижней точки

$N = \frac{\mu M g}{3} \cdot |v_x| \quad \boxed{|v_x| = \frac{3N}{\mu M g}}$ – скорость ~~машины~~ колеса.

v_x доски $= -\frac{\mu g}{3} \cdot t$, где t – время движения ~~машины~~ до конца проскальзывания.

Колёса перестанут проскальзывать тогда, когда скорость нижней точки колеса становится равной скорости поверхности, т.е. доски

~~4 стр~~

1 стр

$-\frac{3N}{\mu M g} = -\frac{\mu g}{3}\cdot t \Rightarrow t = \frac{9N}{(\mu g)^2 M}$ Чистовик

нижняя точка колеса ~~едет~~ ~~назад~~ движется назад.

Значит, движение машины относительно доски можно разбить на два: равноускоренное движение доски назад и равномерное движение машины вперёд (колёса легкие, поэтому со скоростью v_x).

$$x = \frac{|a_x|\cdot t^2}{2} + |v_x|\cdot t = \frac{\mu g}{6}\cdot\frac{81\cdot N^2}{(\mu g)^4\cdot M^2} +$$

$$+ \frac{3N}{\mu M g}\cdot\frac{9N}{(\mu g)^2\cdot M} = \frac{27N^2}{2(\mu g)^3\cdot M^2} + \frac{27N^2}{(\mu g)^3\cdot M^2} =$$

$$= \frac{81N^2}{2(\mu g)^3\cdot M^2} = \frac{81\cdot 4}{2\cdot 27\cdot 1^2} = \cancel{18}\ 6 \text{ м}$$

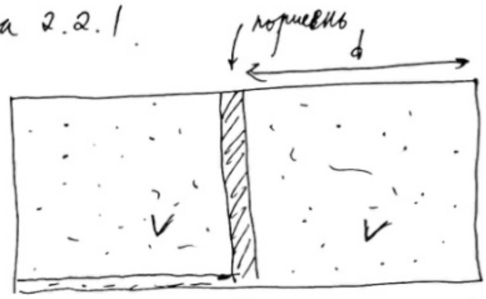
Ответ: $x = \cancel{18}\ 6$ м, $x = \frac{81N^2}{2(\mu g)^3\cdot M^2}$

Вопросы:

Импульс системы мат. точек — это векторная сумма импульсов всех мат. точек, входящих в систему. ЗСИ: Если на систему ~~мат~~ не действует внешняя сила, то полный импульс системы не ~~не~~ изменяется во времени. Иначе: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_{внешняя} \Rightarrow$ если $\vec{F}_{внешняя} = \vec{0}$, то $d\vec{p} = \vec{0}$.

Чистовик

Задача 2.2.1

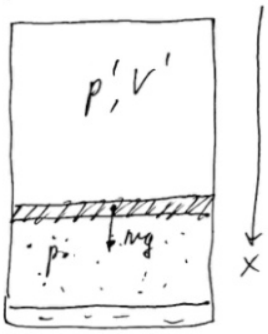


1) Если поршень в равновесии, то давления газов слева и справа равны

2) давление насыщенного пара при $t=100°C$ равно p_0

3) давление начальное у воздуха p_0

Перевернули:



4) После переворота часть цилиндра с нас. паром сжимается под действием веса поршня. Но температура остаётся неизменной. Поэтому давление остаётся постоянным и равным p_0. ~~Объем~~ Объемом воды пренебрегаем везде.

5) В конечный момент времени, когда будет ~~достигнуто~~ то равновесие имеем:

II З-н Ньютона для поршня:

$$p'S + mg - p_0 S = 0 \Rightarrow p' = p_0 - \frac{mg}{S}$$

Процесс расширения был изотермически. Воздух можно считать идеальным газом. Тогда верен закон Бойля-Мариотта:

$$p_0 V = p'V' \qquad V' = V \cdot \frac{p_0}{p_0 - \frac{mg}{S}}$$

$$V = S \cdot d, \quad V' = S \cdot (d + x) = V + Sx$$

$$Sx = V \cdot \frac{p_0}{p_0 - \frac{mg}{S}} - V = V \frac{mg}{p_0 S - mg} \Rightarrow x = \frac{V}{S} \cdot \frac{mg}{p_0 S - mg}$$

~~6 стр~~ 3 стр

Чистовик

$$x = \frac{10^{-3}\,м^3}{0{,}01\,м^2}\cdot\frac{5\,кг\cdot 10\,м/с^2}{10^5\,Па\cdot 0{,}01\,м^2 - 50} \cancel{= \frac{5}{10^3}\,м = 0{,}005\,м} = 0{,}1\cdot\frac{50}{950} = 0{,}1\cdot\frac{1}{19} \approx$$
$$\approx 0{,}005262\,м$$

~~Ответ: x = 0,005 м~~ Ответ: $x = 0{,}005262$ м

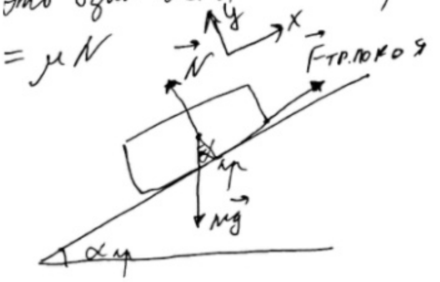
~~Задача~~ Вопросы:

Абсолютная влажность – физ. величина, равная ~~отн~~ плотности ~~паров~~ водяного пара в воздухе

Относительная влажность – физ. величина, равная отношению давления ~~пара~~ водяного пара в воздухе к давлению насыщенного водяного пара в при той же температуре. $\varphi = \frac{p_п}{p_{н.п.}}$. Часто выражается в процентах.

Задача 3.5.1.

Если крайний угол покоя пластинки равен $\alpha_{пр} = 30°$, то это означает, что ~~в~~ при этом угле $F_{тр.покоя} = F_{тр.ск.} = \mu N$



II з-н Ньютона:

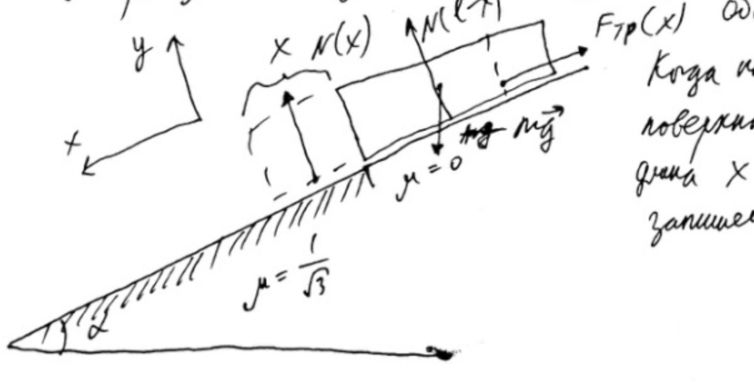
Oy: $N - mg\cos\alpha_{пр} = 0$

$N = mg\cos\alpha_{пр}$

Ox: $F_{тр.покоя} - mg\sin\alpha_{пр} = 0$

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

$tg\,\alpha_{пр} = \mu \Rightarrow \mu = tg\,30° = \left(\frac{1}{2}\right) : \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{3}}$



Обозначим ℓ - длину всей пластинки. Когда на шероховатую поверхность попадёт длина x нашей пластинки, запишем II з-н Ньютона

~~7 стр~~ 4 стр

Oy: ~~Обозначим~~ $N(x) + N(l-x) - mg = 0$ ~~Шестовик~~ ~~равна~~

очевидно, что сила реакция опоры кусочка тела ~~пра~~я ~~оно~~ ~~про-~~ равна

~~пропорциональна~~ и ~~оно~~ весу этого кусочка по III з-ну Ньютона, а

вес кусочка прямо пропорционален его длине →

$N(x) = \frac{mgx}{l}\cos\alpha \quad F_{тр}(x) = F_{тр.ск.}(x) = \mu N(x) =$

$= \frac{\mu mgx}{l}\cos\alpha$ $\cdot\cos\alpha$

Ox: $mg\sin\alpha - \frac{\mu mg \cos\alpha}{l} x = m\ddot{x} \quad |:m$ $tg\alpha$

$\ddot{x} + \frac{\mu g \cos\alpha}{l}\left(x - \frac{l\,tg\alpha}{\mu}\right) = 0$ - Заметим, что это уравнение гармонических колебаний.

Мы знаем тогда, что:

$x - \frac{l\,tg\alpha}{\mu} = A\cos\omega t + B\sin\omega t$, где $\omega = \sqrt{\frac{\mu g\cos\alpha}{l}}$

подставим $t = 0$: $x(0) - \frac{l\,tg\alpha}{\mu} = A \Rightarrow$ т.к. $x(0) = 0$,

то $A = -\frac{l\,tg\alpha}{\mu}$

Продифференцируем: $\dot{x} = -A\omega\sin\omega t + B\omega\cos\omega t$

$\dot{x}(0) = B\omega = 0 \Rightarrow B = 0$

$x = \frac{l\,tg\alpha}{\mu}(1 - \cos\omega t) \qquad \dot{x} = \frac{l\,tg\alpha}{\mu}\cdot\sqrt{\frac{\mu g\cos\alpha}{l}}\sin\omega t$

В конечный момент: $x(\tau) = \frac{l\,tg\alpha}{\mu}(1 - \cos\omega\tau) = l$

~~вся доска~~ $\frac{\mu}{\sin\alpha} = 1 - \cos\omega\tau \qquad \cos\omega\tau = 1 - \frac{\mu}{\sin\alpha}$

$v_1 = \frac{l\sin\alpha}{\mu}\sqrt{\frac{\mu g}{l}}\sin\omega\tau = \sin\alpha\sqrt{\frac{gl}{\mu}}\sin\omega\tau$

$\sin^2\omega\tau = 1 - \cos^2\omega\tau = 1 - 1 - \frac{\mu^2}{\sin^2\alpha} + \frac{2\mu}{\sin\alpha} = \frac{\mu}{\sin\alpha}\left(2 - \frac{\mu}{\sin\alpha}\right) =$

$= \frac{2\mu\sin\alpha - \mu^2}{\sin^2\alpha} \Rightarrow \sin\omega\tau = \frac{\sqrt{\mu(2\sin\alpha - \mu)}}{\sin\alpha}$

8 ~~стр~~ 5 стр

$\cancel{4}\cdot\frac{\mu}{tg\alpha} = 1-\cos\omega\tau \quad \cos\omega\tau = 1-\frac{\mu}{tg\alpha}$ Чистовик

$$v_1 = \frac{l\, tg\,\alpha}{\mu}\sqrt{\frac{\mu g\cos\alpha}{l}}\sin\omega\tau = tg\,\alpha\sqrt{\frac{gl}{\mu}\cos\alpha}\cdot$$

$$\cdot\sin\omega\tau$$

$$\sin\omega\tau = \sqrt{1-1-\frac{\mu^2}{tg^2\alpha}+\frac{2\mu}{tg\alpha}} = \sqrt{\frac{2\mu\, tg\alpha-\mu^2}{tg^2\alpha}}$$

$$v_1 = tg\,\alpha\cdot\frac{\sqrt{2\mu\, tg\alpha-\mu^2}}{tg\,\alpha}\cdot\sqrt{\frac{gl}{\mu}\cos\alpha} =$$

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

По условию: $n = \frac{v_2}{v_1}$

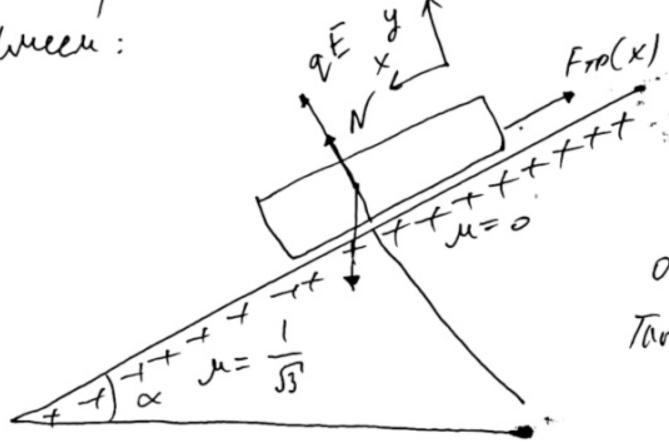
~~9 стр~~ 6 стр

~~Итого:~~ Чистовик

$$\cancel{v_1 = \sin\alpha \cdot \sqrt{\frac{gl}{\mu}} \cdot \frac{\sqrt{\mu(\sin\alpha - \mu)}}{\sin\alpha} = \sqrt{gl(\sin\alpha - \mu)}}$$

Приступим ко второму случаю. Мы имеем дело с бесконечной однородно заряженной плоскостью с $\sigma = +3$ мкКл/м^2. По теореме Гаусса легко выводится: $E = \frac{q\sigma}{2\varepsilon_0}$. Причем $\vec{E}$ перпендикулярен плоскости.

Имеем:



II З-н Ньютона:

$Oy: N + qE - mg\cos\alpha = 0$

$N = mg\cos\alpha - qE$

Очевидно: $N(x) = \frac{x}{l} \cdot N$

Тогда $F_{тр}(x) = \mu N(x) =$

$= \frac{\mu x}{l} N$

$$Ox: \; mg\sin\alpha - \frac{\mu x}{l} N = m\ddot{x}$$

$$mg\sin\alpha - \frac{x}{l}\mu(mg\cos\alpha - qE) = m\ddot{x} \quad | : m$$

$$\ddot{x} + x \cdot \left(\frac{\mu g\cos\alpha}{l} - \cancel{g\sin\alpha} - \frac{qE \cdot \mu}{ml}\right) - g\sin\alpha = 0$$

$$\cancel{\ddot{x} + x \cdot \frac{\mu}{ml}(mg\cos\alpha - qE) - g\sin\alpha = 0}$$

$$\cancel{\ddot{x} + x \cdot \frac{\mu mg\cos\alpha}{ml}\left(1 - \frac{qE}{mg\cos\alpha}\right) - g\sin\alpha = 0}$$

$$\cancel{\ddot{x} + \frac{\mu g\cos\alpha}{l}(}$$

$$\ddot{x} + \frac{\mu mg\cos\alpha - qE\mu}{ml} \cdot x - g\sin\alpha = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{\mu(mg\cos\alpha - qE)}{ml} \cdot \left(x - \frac{mgl\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}\right) = 0$$

7 стр

~~10 стр~~

$$X - \frac{mgl\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)} = A\cos\omega t + B\sin\omega t, \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{\mu(mg\cos\alpha - qE)}{ml}}$$ частотах

$$\dot{X} = -A\omega \overset{\sin}{\cancel{\cos}}\omega t + B\omega\cos\omega t$$

$$\dot{x}(0) = 0 \Rightarrow B = 0 \qquad x(0) = 0$$

$$A = -\frac{mgl\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}$$

$$X = (1 - \cos\omega t)\frac{mgl\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}$$

$$\dot{x} = \frac{mgl\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)} \cdot \sqrt{\frac{\mu(mg\cos\alpha - qE)}{ml}} \cdot \sin\omega t =$$

$$= g\sin\alpha \cdot \sqrt{\frac{ml}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}} \sin\omega t$$

$$x(t_0) = l \qquad (1 - \cos\omega t_0) \cdot \frac{mg\sin\alpha}{\mu(mg\cos\alpha - qE)} = 1$$

$$1 - \cos\omega t_0 = \mu\left(\cancel{tg\alpha}\, ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right)$$

$$\cos\omega t_0 = 1 - \mu\left(ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right)$$

$$\sin\omega t_0 = \sqrt{1 - \cos^2\omega t_0} = \sqrt{1 - 1 - \mu^2\left(ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right)^2 + \cancel{\mu\frac{2qE\,ctg\alpha}{mg\sin\alpha}}} = 2\mu\left(ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right) =$$

$$= \sqrt{\mu\left(ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right)\left(2 - \mu\left(ctg\alpha - \frac{qE}{mg\sin\alpha}\right)\right)}$$

$$v_2 = \frac{\cancel{mgl\sin\alpha}}{\cancel{lq}}\, g\sin\alpha \sqrt{\frac{ml}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}} \cdot \sin\omega t_0$$

~~11 стр~~ 8 стр

Чистовик

$$\vartheta_2 = g\sin\alpha\sqrt{\frac{ml}{\mu(mg\cos\alpha - qE)}}\cdot\sqrt{\frac{\mu(mg\cos\alpha-qE)}{mg\sin\alpha}\cdot\left(2-\frac{\mu(mg\cos\alpha-qE)}{mg\sin\alpha}\right)} = g\sin\alpha\cdot\sqrt{\frac{l}{g\sin\alpha}\cdot\left(\frac{2mg\sin\alpha-\mu mg\cos\alpha+\mu qE}{mg\sin\alpha}\right)} = \sqrt{\frac{l}{m}\left(2mg\sin\alpha-\mu mg\cos\alpha+\mu qE\right)} =$$

$$= \sqrt{gl\left(2\sin\alpha-\mu\cos\alpha+\frac{\mu qE}{mg}\right)}$$

Тогда $$n = \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \sqrt{1+\frac{\mu qE}{(2mg\sin\alpha-\mu mg\cos\alpha)}}$$

при $\alpha = \alpha_{пр}$: т.к. $\mu = tg\,\alpha_{пр}$

$$n = \sqrt{1+\frac{\mu qE}{(2mg\sin\alpha_{пр} - mg\sin\alpha_{пр})}} = \sqrt{1+\frac{qE\,tg\,\alpha_{пр}}{mg\sin\alpha_{пр}}} =$$

$$= \sqrt{1+\frac{qE}{mg\cos\alpha_{пр}}} = \sqrt{1+\frac{3\cdot10^{-6}\cdot\frac{3\cdot10^{-6}}{2\cdot9\cdot10^{-12}}}{0{,}1\cdot10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}} =$$

$$= \sqrt{1+\frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{3+\sqrt{3}}{3}}$$

$\sqrt{3}\approx1{,}73$ $\quad n\approx\sqrt{\frac{4{,}73}{3}}\approx\sqrt{1{,}5767}\approx1{,}26$

9 стр

|~~12 стр~~

Вопросы: Чистовик

Электроёмкость – физ. величина, равная отношению заряда на ~~его~~ уединённом проводнике к его потенциалу его поверхности. $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$, где ε – диэлектрическая проницаемость среды

Задача 4.3.1.

Рассмотрим два случая: $l < F$ и $l > F$

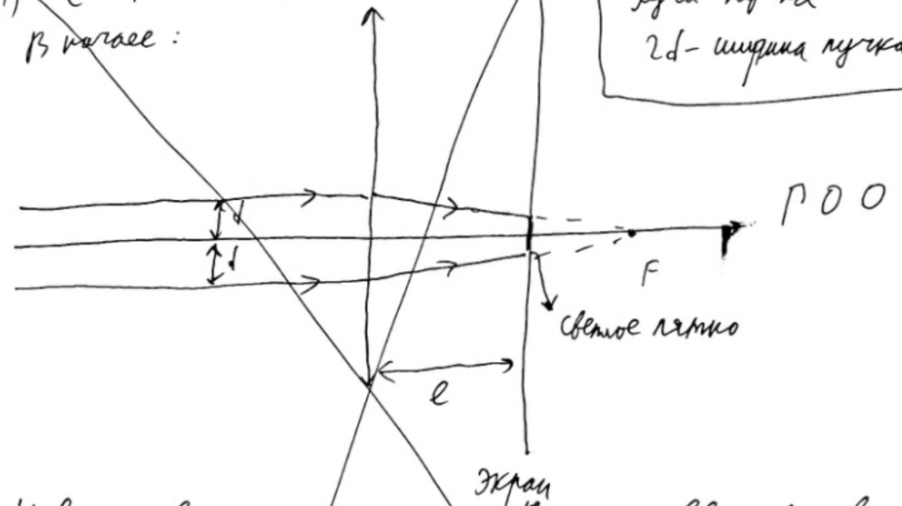
Смотреть на стр. 15

Рассмотрим крайние лучи пучка

2d – ширина пучка.

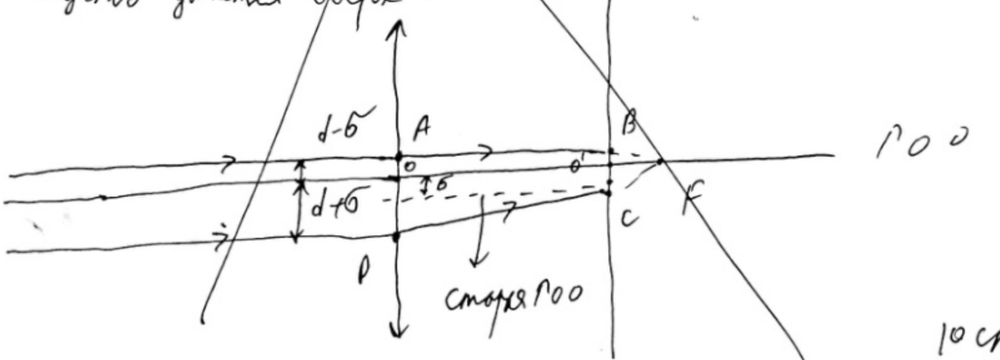
1) $l < F$:

В начале:



Неважно в какую сторону двигают линзу: вверх или вниз.

Пусть движется вверх:



10 стр

~~12 стр~~ 13 стр

чистовик,

$\triangle FBO' \sim \triangle FAO$, $\triangle FO'C \sim \triangle FOD \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{AO}{F} = \frac{BO'}{F-l}$, $BO' = \frac{d-\sigma}{F}\cdot(F-l)$ $\qquad \frac{DO}{F} = \frac{CO'}{F-l}$

$CO' = \frac{d+\sigma}{F}\cdot(F-l)$ $\qquad \frac{BC}{2} = \frac{2d}{F}\cdot(F-l) = \frac{BO'+O'C}{2}$

центр нового пятна ниже точки B на $\frac{BC}{2}$, а центр старого был ниже ГОО на $\sigma \Rightarrow$ центр старого ниже B на $BO'+\sigma = \frac{d(F-l)-\sigma F+\sigma l}{F}+\sigma = \frac{d(F-l)+\sigma l}{F}$

$\Delta = BO'+\sigma-\frac{BC}{2} = \frac{d(F-l)+\sigma l-2d(F-l)}{F} = \frac{\sigma l-(F-l)d}{F} =$

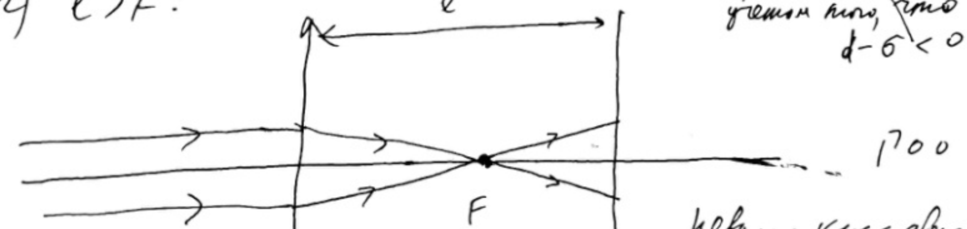
↓ отсчитывая от (·) B по вертикали $\qquad = \frac{\sigma l - d(F-l)}{F}$

Т.к. по условию задачи: $d \ll \sigma$, $d \ll l$, $d \ll F$

$\Delta = \frac{\sigma l}{F}$ $\qquad F = \frac{\sigma l}{\Delta} = \frac{0,5\cdot 20}{1} = \boxed{10 \text{ см}}$

Геометрия верна даже с учетом того, что $d-\sigma<0$.

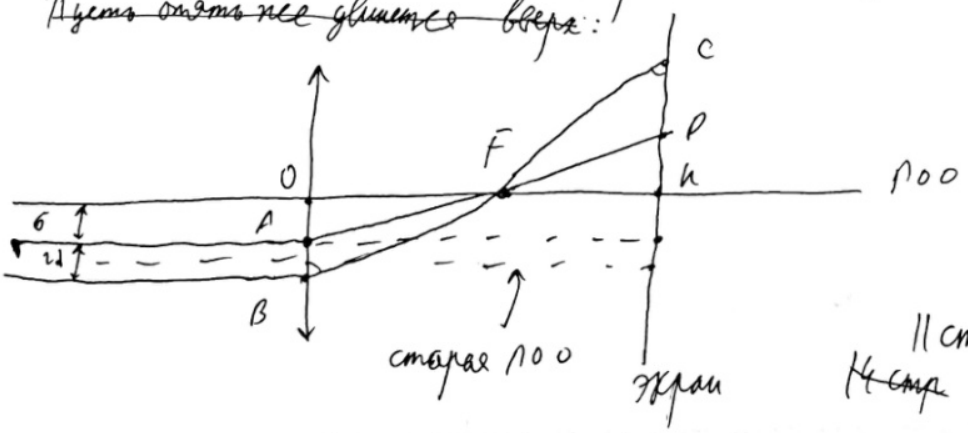
г) $l>F$:



Неважно куда двигать линзу: вверх или вниз. Пусть вверх

Экран

~~Пусть опять же движется вверх:~~



11 стр

~~14 стр~~

Заметим, что $\triangle FBA \sim \triangle FCD \Rightarrow$ Чистовик

$\frac{BA}{CD} = \frac{F}{\ell - F}$ $\quad CD = BA \cdot \frac{\ell - F}{F} = 2d \cdot \frac{\ell - F}{F}$

$\triangle FOA \sim \triangle FKD \Rightarrow \frac{OA}{KD} = \frac{F}{\ell - F} \Rightarrow KD = \sigma \cdot \frac{\ell - F}{F}$

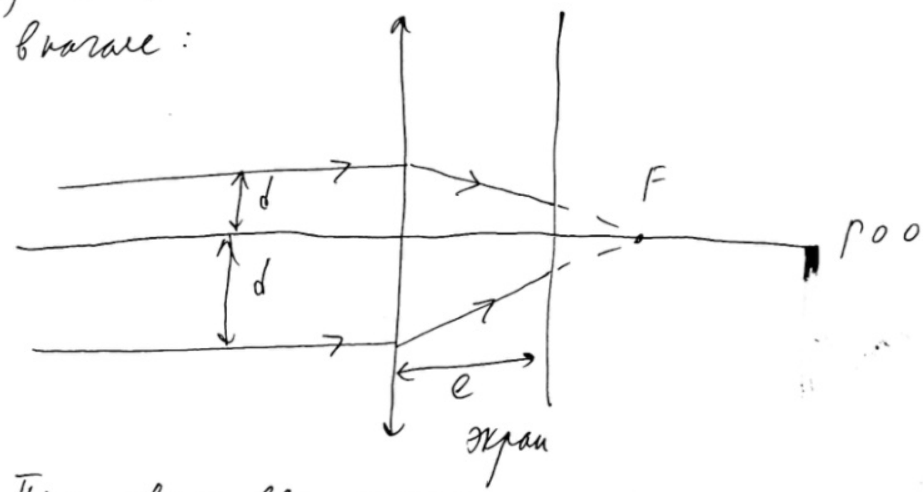
Пренебрежём $d \Rightarrow \Delta = \sigma + \sigma \cdot \frac{\ell - F}{F} = \frac{\sigma \ell}{F}$

$F = \frac{\sigma \ell}{\Delta} = \frac{0,5 \cdot 20}{1} = \boxed{10\text{ см}}$

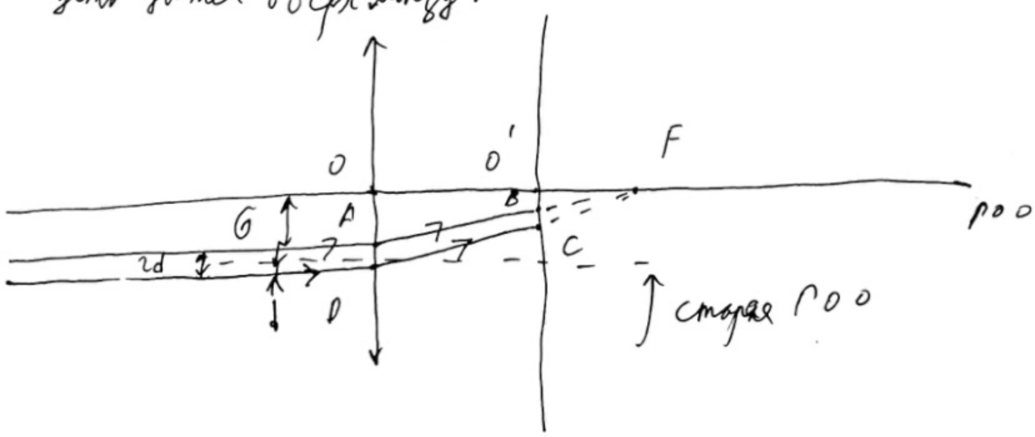
$d \ll \ell$, $d \ll \sigma$, $d \ll F$ по условию задачи

1) $\ell < F$:

вначале:



Пусть двигаем вверх линзу:



15 стр 12 стр

Чистовик

Заметим, что $\triangle FBC \sim \triangle FAD \Rightarrow \frac{BC}{AD} = \frac{F-l}{l} \Rightarrow$

$\Rightarrow BC = 2d \cdot \frac{F-l}{l}$

Также $\triangle FO'B \sim \triangle FOA \Rightarrow \frac{OA}{O'B} = \frac{F}{F-l}$

$O'B = б \cdot \frac{F-l}{F}$; $OA + d = O'B + \frac{BC}{2} + \Delta$

Пренебрежём $d << б$, $d << l$, $б << F$ по условию

$\Delta = \cancel{O'B - OA =} OA - O'B = б - б \cdot \frac{F-l}{F} = \frac{бl}{F}$

$F = \frac{бl}{\Delta} = \frac{0{,}5 \cdot 20}{1} = 10$ см

Ответ: в обоих случаях $F = 10$ см $= 0{,}1$ м

4.3.1. Фокусное расстояние - это расстояние от оптического центра тонкой линзы до точки, в которой соберутся лучи, падающие на линзу параллельно её главной оптической оси. Оптическая сила тонкой линзы - это физ. величина, обратная фокусному расстоянию тонкой линзы, причём для собирающей линзы она положительна, а для рассеивающей - отрицательна.

13 стр

~~16 стр~~

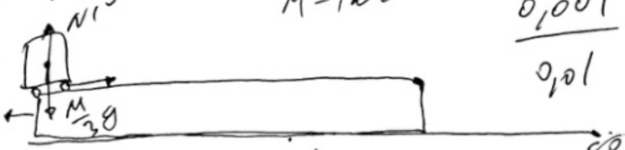
Черновик

Задача 1.3.1. $\frac{Vp_0}{p_0-\frac{mg}{S}} - V = \frac{\frac{V\cdot mg}{S}}{p_0-\frac{mg}{S}}$ $\boxed{N=F\upsilon} = \frac{dA}{dt}$

$\frac{M}{n}=\frac{M}{3}$ $M=1кг$ $\frac{0{,}001}{0{,}01}$ $\frac{M}{3}$ $Ndt=dA$

$F_T dt = F_T dx$

$N = F_T\cdot\upsilon$



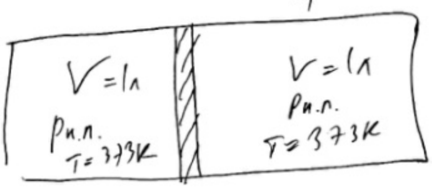
$N'=\frac{M}{3}g$

$F_{тр}=\mu N'=\frac{\mu mg}{3}$ $0{,}1\cdot\frac{50}{950\,|\,19}$

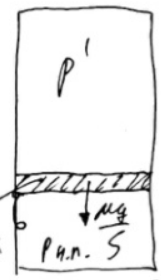
400 160000 200

Задача 2.2.1. $m=5кг$ $p_0=1атм=10^5 Па$ 40000 10000

$\frac{p_л}{p_{н.п.}}$ $\frac{n_л}{n_{н.п.}}$ 157 22500



$p'=p_0-\frac{mg}{S}$



$p_0\cdot V^a = p'\cdot S$

$h=?$

Задача 3.5.1. $<\sqrt{3}<$ 1,73 $\mu=tg\alpha=tg30^\circ=\frac{1}{2}:\frac{\sqrt{3}}{2}=\frac{1}{\sqrt{3}}$

$-kx\pm m\ddot{x}$ $\ddot{x}+\frac{k}{m}x=0$ ω^2 $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$

$\mu\neq0$ $1{,}576\frac{l\pi}{6006}=T$

~~1 стр~~ 60 ~~1 стр~~ 14 стр

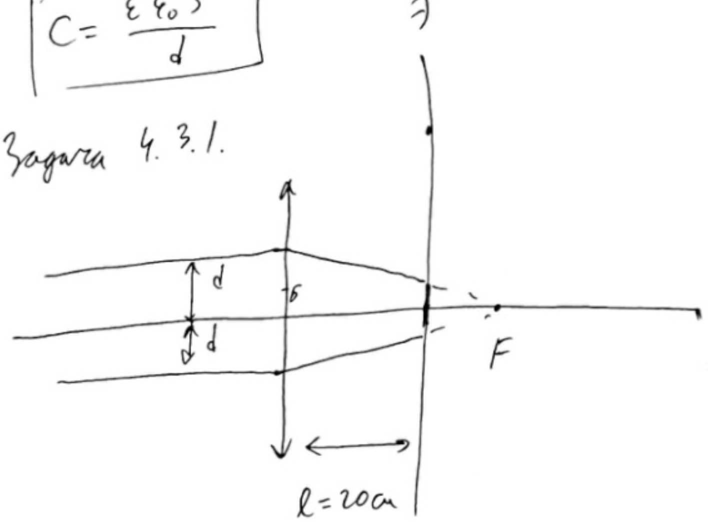
Черновик $CU = q$

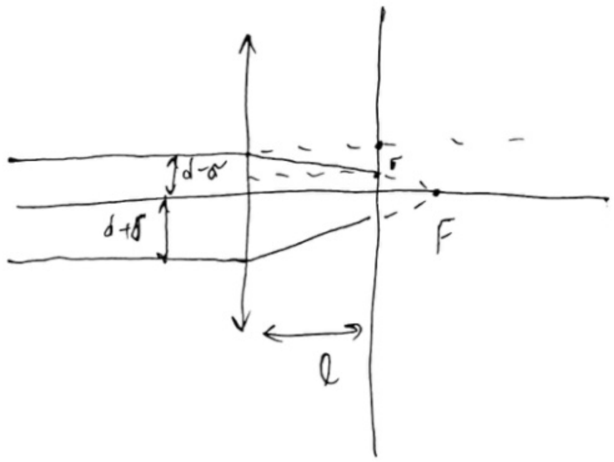
3.5.1

Электроёмкость – физ. величина, равная отношению заряда уединенного проводника к его потенциалу.

$$\boxed{C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}}$$

Задача 4.3.1.





~~2 стр~~ 15 стр

Черновик

$F_T = F_{TP}$ $\frac{\mu mg}{3} = ma$ $\boxed{a = \frac{\mu g}{3}}$

$F_{ин} = \frac{\mu mg}{9}$

$Fv = N$ $N = \frac{dA}{dt}$

$\frac{\mu mg}{3} v = N$

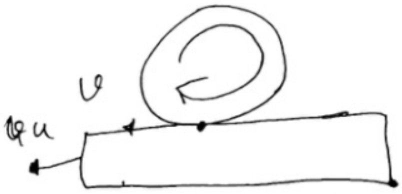
$dA = F_{отн} X_{отн}$

$F_{отн} = \boxed{F_{TP} - F_{ин}}$

$F_{TP} = \frac{\mu mg}{3} - \frac{\mu mg}{9} = \boxed{\frac{2\mu mg}{9}}$

$\frac{\frac{2\mu mg}{9} \cdot dx}{dt} = N$

$\frac{dx}{dt} = \boxed{\frac{9N}{2\mu mg}}$ $\boxed{dx = \frac{9N}{2\mu mg} dt}$



когда $v = u$ проскальзывание прекращается $\frac{Н \cdot м}{с}$

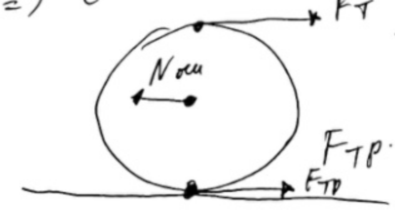
$\frac{\mu g}{3} \cdot t = \frac{9N}{2\mu mg}$ $t = \frac{27N}{2(\mu g)^2 m}$

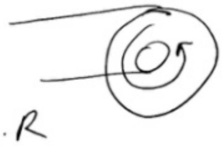
$\left(\frac{Н}{кг}\right)^2 \cdot кг = \frac{Н^2}{кг} = \frac{м}{с^2}$

$Н = кг \cdot м/с^2$

Колесо лёгкое => $I = 0$ =>

=> ~~$\varepsilon = 0$~~ $\sum M = 0$

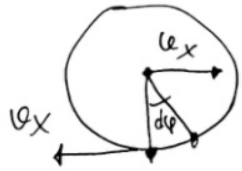




$F_{TP} \cdot R$

$R d\varphi = v_x dt$

$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v_x}{R}$



3 стр | 16 стр