



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шевелина Полина Юрьевна**

Класс: 11

Технический балл: **83**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

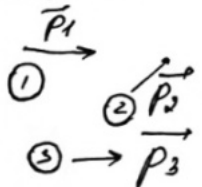
ШИФР РАБОТЫ 9916096

	1	2	3	4	Σ
Задача	5	15	13	15	83
Вопрос	8	10	8	9	

Истовик

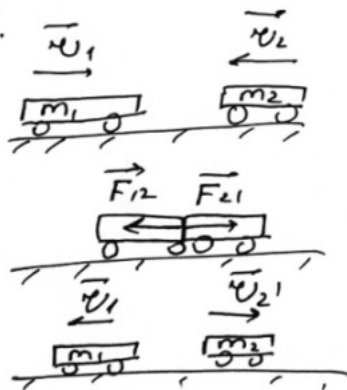
Вариант 2.

1.3.1. Вопросы: 1) Импульс системы материальных точек равен сумме импульсов каждой материальной точки, входящей в систему.



$$\vec{P}_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$$

2) Если система тел замкнута или происходит быстрое вз-е (взрыв, удар), то импульс системы сохраняется. Если сумма ^{проекций} внешних сил по некоторую ось равно 0, то импульс системы сохраняется на эту ось.



III-й закон Ньютона в импульсной форме

$$1: \vec{F}_{12} \Delta t = m_1 \vec{v}_1' - m_1 \vec{v}_1$$

$$2: \vec{F}_{21} \Delta t = m_2 \vec{v}_2' - m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \text{ (III закон Ньютона)}$$

$$m_1 \vec{v}_1' - m_1 \vec{v}_1 = -m_2 \vec{v}_2' + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$$\vec{P}' = \vec{P}$$

2.2.1. Абсолютная влажность ($\rho = \frac{m}{V}$) - физич. величина, характеризующая плотность ~~воздуха~~ паров в данном объеме. $[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Относительная влажность ($\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$) - физическая величина, равная отношению парциального давления газа к давлению насыщенного пара при данной температуре, выраженное в процентах.

$$[\varphi] = 1 = \%$$

Устройство

Дано:

$$n = 5 \text{ к2}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

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

$$T = 373 \text{ K}$$

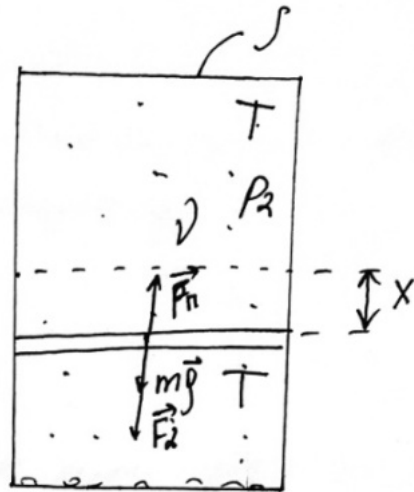
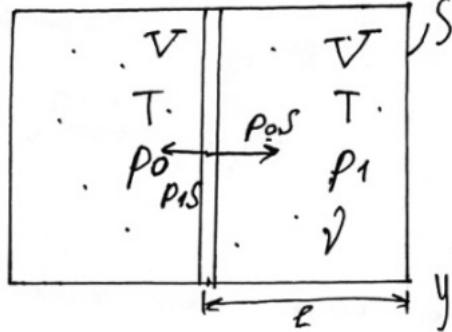
$$T = \text{const}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\rho = 10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$x = ?$



1) при $T = 373 \text{ K}$ давление насыщенного пара $p_{\text{н}} = p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

2) Для воздуха упр+е применяем уравнение Клапейрона:

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

$$p_1 V = p_2 V_2 \quad \text{1-й закон -}$$

$$p_1 l S = p_2 (l+x) S$$

$$p_1 l = p_2 (l+x)$$

3) условие равновесия при горизонт. расположении поршня:

$$\vec{F}_{g1} + \vec{F}_{g2} = \vec{0}$$

$$x: p_0 S - p_1 S = 0 \quad \underline{p_0 l = p_2 (l+x)}$$

$$\underline{p_1 = p_0}$$

4) условие равновесия при вертикальном расположении поршня:

$$\vec{F}_{\pi} + \vec{F}_2 + m\vec{g} = \vec{0}$$

$$y: p_2 S + m g = p_1 S$$

$$\underline{p_2 = p_1 - \frac{m g}{S}}$$

5) Рассмотрим пар. Т.к. $T = \text{const}$, то равнение насыщенного пара $p_{\text{н}} = p_0 = \text{const}$

$$\begin{cases} p_0 V = \nu_1 RT \\ p_0 V_2 = \nu_2 RT \end{cases} \quad \text{т.к. } V_2 < V, \text{ то } \nu_2 < \nu \rightarrow \text{происшла конденсация}$$

Черновик

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$N = 2 \text{ ВТ}$

$M_0 = 3 \text{ М}$

$M = 0,3$

$\rho = 10 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$

1) Импульс системы материальных точек равен сумме импульсов каждой точки, входящей в систему.

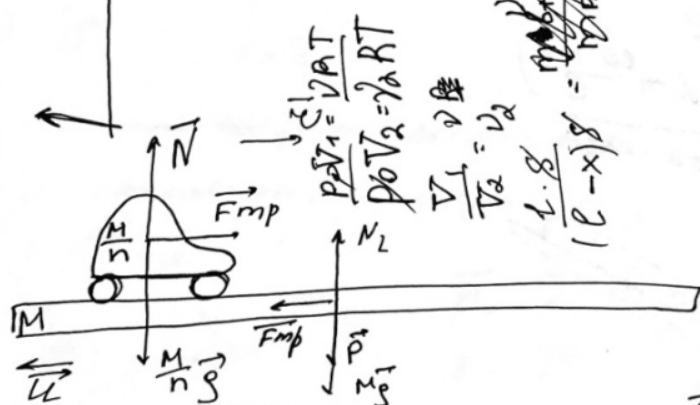
2) При отрыве Если система не разорвана, происходит сдвиг $v_1 - v_2$, прожженные ^{внешние} силы на некую ось равны 0, то импульс системы сохраняется



пропорция
напряжения
напряжения
 $\rho_0 V_2 = \rho_0 V_1 A T$
 $m_1 = m_2 +$

$F_{12} \Delta t = m_2 v_2' - m_2 v_2$

$\rho_0 V_1 = \rho_0 V_1 A T$
 $\rho_0 V_2 = \rho_0 V_2 A T$



условие равновесия
без проскальзыва
шины:

$N = F \psi = F_{mp} \psi$
 $\frac{M}{n} \psi = M \psi$

2.2.1 Дано:

$m = 5 \text{ кг}$

$V = 1 \text{ л}$

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

$T = 273 \text{ К}$

$\rho = \rho_A = 10^5 \text{ Па}$



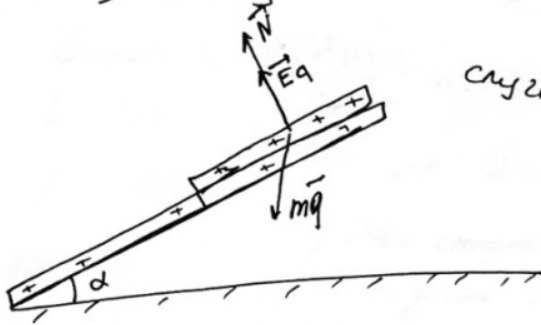
Абсолютная влажность $\rho = \frac{m}{V}$ плотности
воздуха паров в равном объеме температуры.

Относительная влажность - ϕ/V равная отношению
парциального давления газа к равному давлению
паров при данной температуре.

11

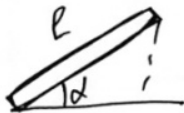
2) 2 стержня

цирковик



$$a^{\text{ст}}(l) = \frac{1}{2}g - \frac{\sqrt{3}}{2}g - \frac{q\sigma}{2\epsilon_0 m} = g \frac{1-\sqrt{3}}{2} - \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-1}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ м/с}^2$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



$$F_{\text{нп}} = \mu N(x) = \mu \frac{mg \cdot \cos \alpha \cdot x}{e}$$

F

$$\frac{m \omega^2}{2} = m g \sin \alpha$$

$$5) \frac{10 \cdot 10^{-1} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \mu \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{10 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \mu \cdot 10^{-1} \cdot 10^1 \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \mu \cdot \cancel{10}} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

Черно бук

$$\frac{\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \mu}{\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \mu - \frac{\mu}{2}} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

$$6) \frac{1}{2} mg \cos \alpha l = -mg l \sin \alpha + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{1}{2} mg \cos \alpha l - \frac{\mu q \sigma l}{4 \epsilon_0} = -mg l \sin \alpha + \frac{m v_2^2}{2}$$

$$\frac{\mu q \sigma l}{2 \epsilon_0} = m v_2^2 - m v_1^2$$

$$5 \mu = v_1^2 - v_2^2$$

$$7) \frac{\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{v_2^2 - v_1^2}{5}}{\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{v_2^2 - v_1^2}{5} - \frac{v_2^2 - v_1^2}{20}} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

$$\frac{v_1^2}{2} + v_1^2 \frac{1}{20} (\sqrt{3} v_2^2 - \sqrt{3} v_1^2 - v_2^2 + v_1^2)$$

Чистовий Черковик

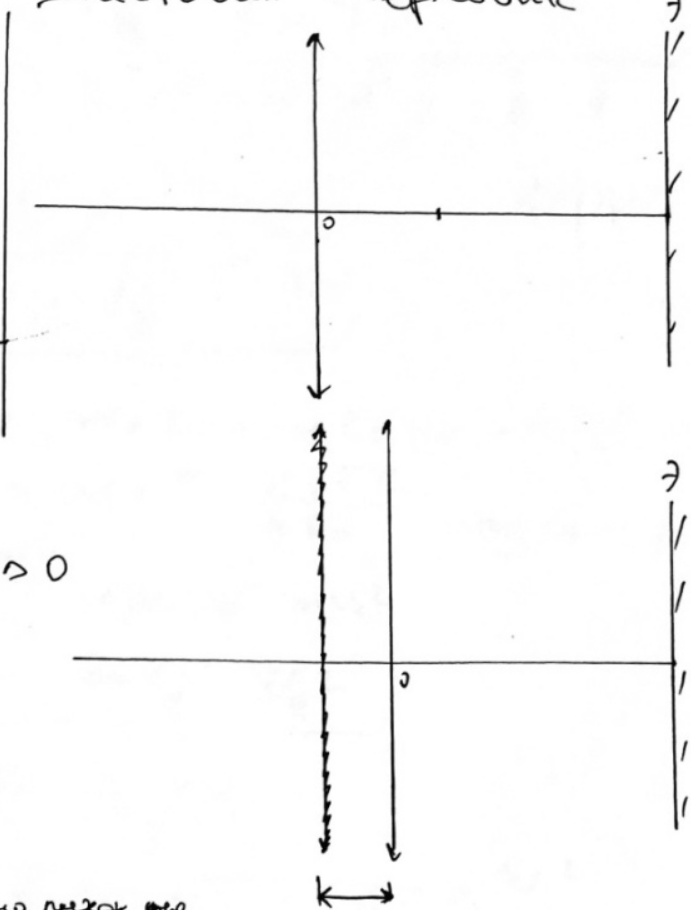
Дано:

$l = 20 \text{ см}$

$\delta = 0,5 \text{ см}$

$\Delta = 1 \text{ см}$

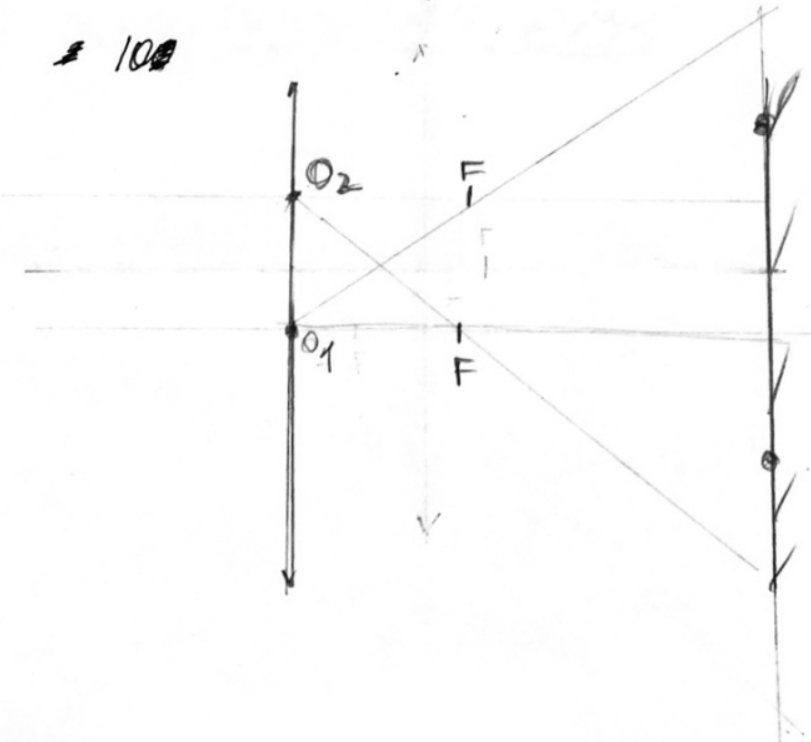
$F - ?$



$\Delta OF_2 F_1 \sim \Delta O$

~~Визначити силу F~~

~~10~~



~~14~~

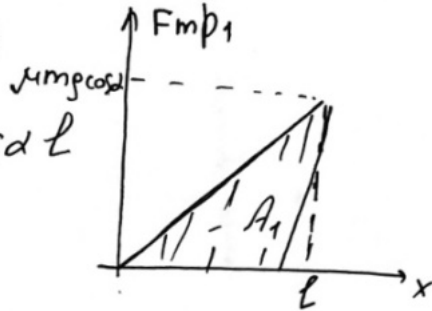
3) 3-и изменение механической энергии:

1 шаг: $\Delta F_{mp} = mgl \cdot \sin \alpha - \frac{mV_1^2}{2}$ Циркуляция

2 шаг: $\Delta F_{mp} = mgl \sin \alpha - \frac{mV_2^2}{2}$

• $\Delta F_{mp1} = -S_{\text{ног}} \mu$

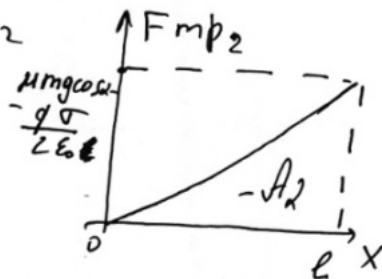
$\Delta F_{mp1} = -\frac{1}{2} \mu g m \cos \alpha l$



$F_{mp1} = \mu \frac{mg \cos \alpha x}{l}$

• $\Delta F_{mp2} = -S_{\text{ног}} \mu$

~~$\Delta F_{mp2} = -\mu mg \cos \alpha$~~



$F_{mp2} = \mu \left(\frac{mg \cos \alpha}{l} - \frac{q\sigma}{2\epsilon_0 l} \right) x$

$\Delta F_{mp2} = -\frac{1}{2} \left(\mu mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \right) l$

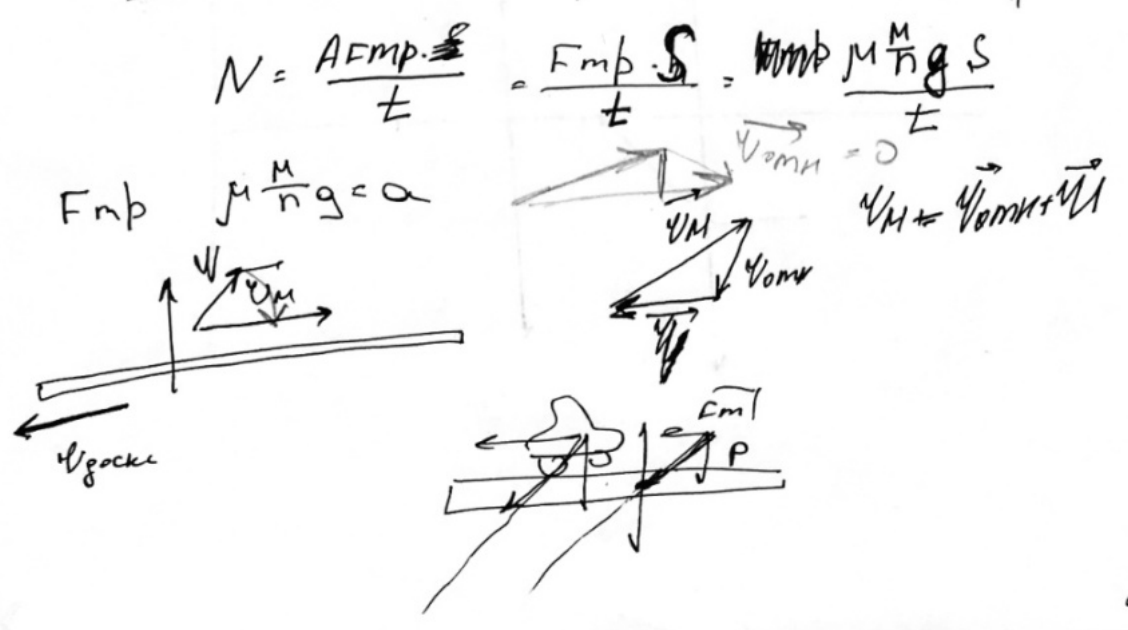
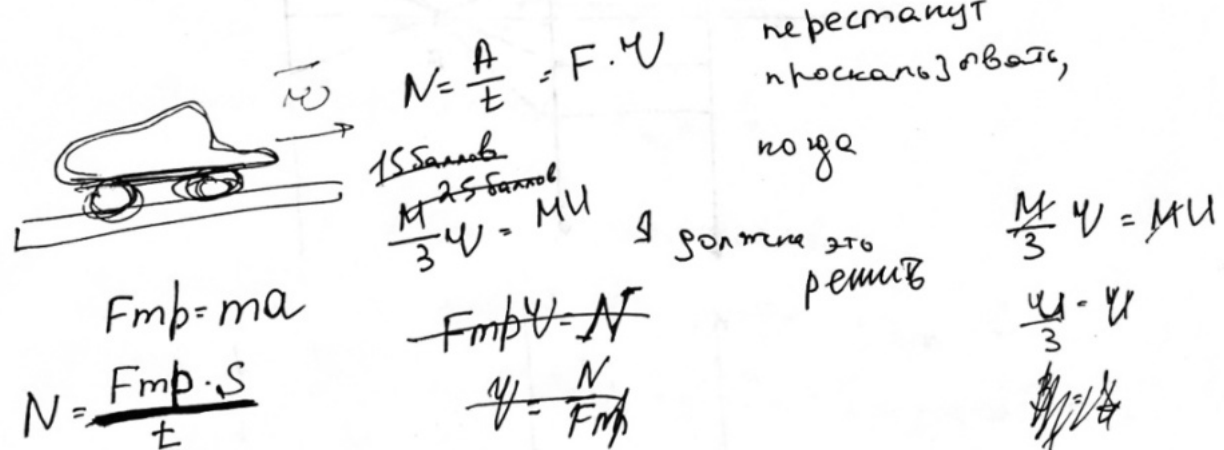
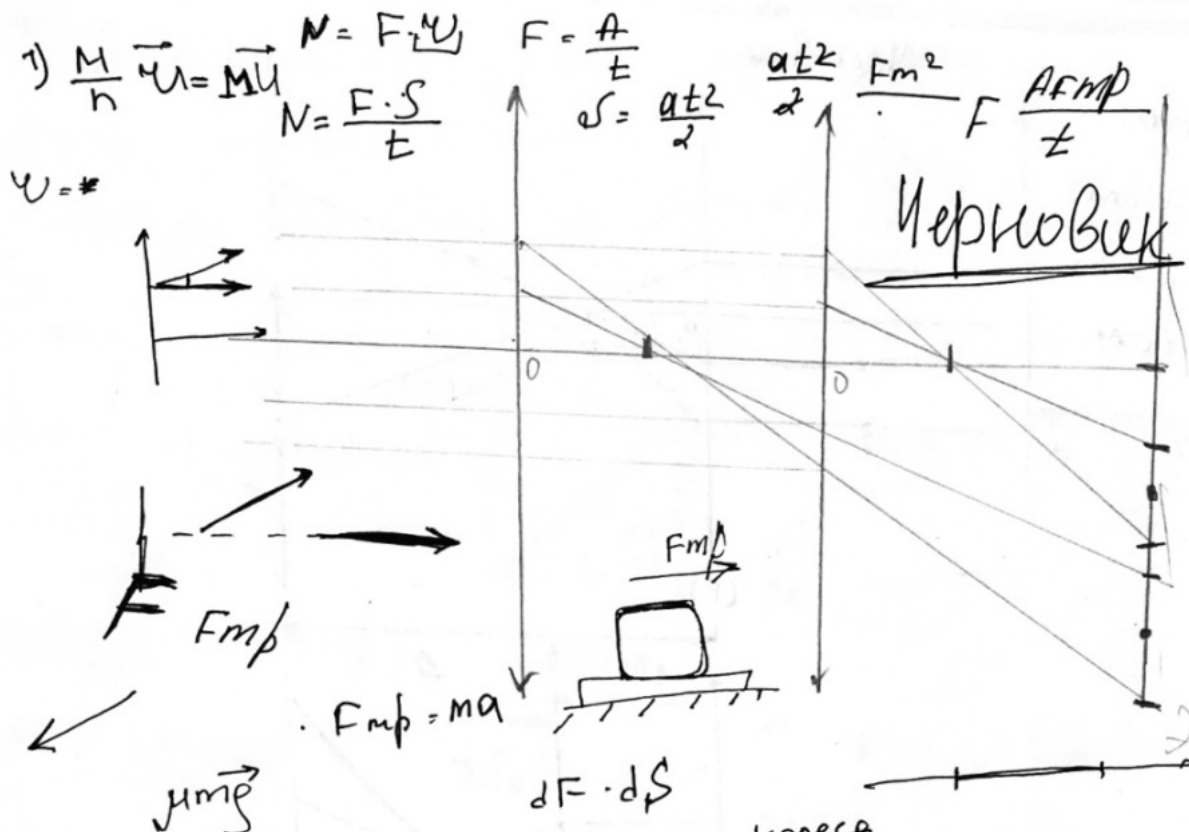
4) $\int mgl \sin \alpha - \frac{mV_1^2}{2} = -\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l$

$mgl \sin \alpha - \frac{mV_2^2}{2} = -\frac{1}{2} \left(\mu mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} \right) l$

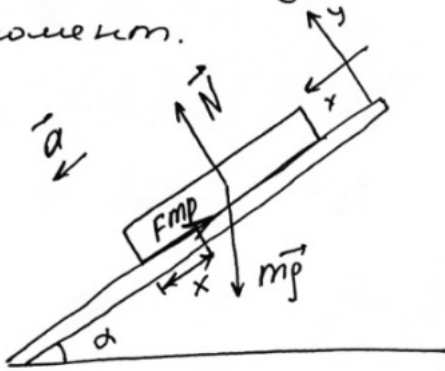
$mgl \sin \alpha - \frac{mV_2^2}{2} - mgl \sin \alpha + \frac{mV_2^2}{2} = -\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l + \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l + \frac{1}{4} \frac{q\sigma l}{\epsilon_0}$

$\frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = \frac{q\sigma l}{4\epsilon_0}$

$m(V_2^2 - V_1^2) = \frac{q\sigma l}{2\epsilon_0}$



Чистовик
Рассмотрим движение пластины в произвольной
момент.



где x - величина на которую
пластина заехала на
широко базирующую пв-ТБ

$$mg \cdot \sin \alpha - \mu \frac{Nx}{l} = ma(x)$$

$$mg \sin \alpha = ma + \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} x \quad | \cdot \frac{1}{m}$$

$$\underline{a + \frac{g \cos \alpha}{l} x = g \sin \alpha}$$

- $a = 0$ - поперечные равно веса

$$g \sin \alpha = \frac{g \cos \alpha}{l} x$$

$$\frac{1}{2} l = \frac{\sqrt{3}}{2} x, \text{ при } \alpha = \alpha_1 = 30^\circ$$

$$\underline{x = \frac{l}{\sqrt{3}}}$$

$$\underline{a(l) = \frac{\sqrt{3}}{2} g - \frac{1}{2} g = g \frac{1 - \sqrt{3}}{2}}$$

- $a(l) = \frac{1}{2} g - \frac{\sqrt{3}}{2} g = g \frac{1 - \sqrt{3}}{2}$

$$23.4: \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} = m\vec{a}$$

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

$$x: mg \cdot \sin \alpha - F_{mp}(x) = ma(x)$$

$$F_{mp} = \mu N(x) \text{ (3-й закон Ньютона)}$$

$$\frac{N(x)}{x} = \frac{N}{l} \quad N(x) = \frac{Nx}{l}$$

~~$$mg \sin \alpha - \mu \frac{Nx}{l} = ma(x)$$~~

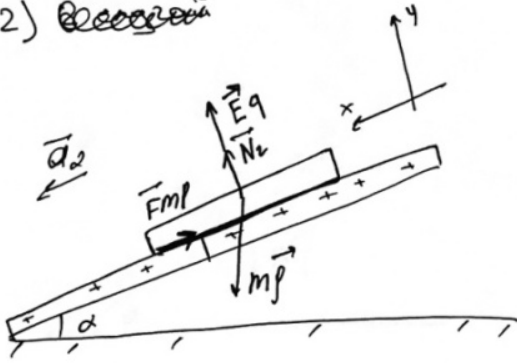
~~$$mg \sin \alpha = ma + \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} x$$~~

$$\ddot{x} + \omega^2 x = \omega^2 x_1$$

ур-е гармонических
колебаний

при $x \leq l$, движение
пластинки равноускоренное

Устойчив

2) ~~колебания~~

$$m\vec{a}_2 = \vec{F}_{\text{Эп}} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{мп}} + m\vec{g}$$

$$y: Eq + N_2 = mg \cdot \cos \alpha$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$N_2 = mg \cdot \cos \alpha - \frac{\sigma g}{2\epsilon_0}$$

$$x: mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{мп}}(x) = ma_2(x)$$

$$F_{\text{мп}} = \mu N_2(x) \quad \frac{N_2(x)}{x} = \frac{N_2}{l} = \frac{mg \cos \alpha - \frac{\sigma g}{2\epsilon_0}}{l}$$

$$N_2(x) = \left(mg \cos \alpha - \frac{\sigma g}{2\epsilon_0} \right) \frac{x}{l}$$

$$ma_2 + \left(\frac{mg \cos \alpha}{l} + \frac{\sigma g}{2\epsilon_0 l} \right) x = mg \sin \alpha \quad | \cdot \frac{1}{m}$$

$$a_2 + \left(\frac{g \cos \alpha}{l} + \frac{\sigma g}{2\epsilon_0 l m} \right) x = g \sin \alpha$$

уравнение замкнутой колебательной системы при $x \ll l$.

$$\bullet a_2(l) = \frac{1}{2}g - \frac{\sqrt{3}}{2}g - \frac{g\sqrt{3}}{2\epsilon_0 m}$$

$$a_2(l) = 5 - \frac{10\sqrt{3}}{\sqrt{3}} - \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-1}} = \frac{10\sqrt{3}}{2}$$

$$a_2(l) = \frac{g\sqrt{3}}{2}$$

$$\bullet \text{ ну } a_2 = 0 \quad g \sin \alpha = \left(\frac{g \cos \alpha}{l} + \frac{\sigma g}{2\epsilon_0 l m} \right) \frac{x}{l}$$

$$5 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 5 \right) \frac{x}{l}$$

$$5l = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 5 \right) x$$

$$x = \frac{5l}{\frac{\sqrt{3}}{2} + 5} = \frac{8l}{5(\sqrt{3}+1)} = \frac{l}{\sqrt{3}+1}$$

чистовик

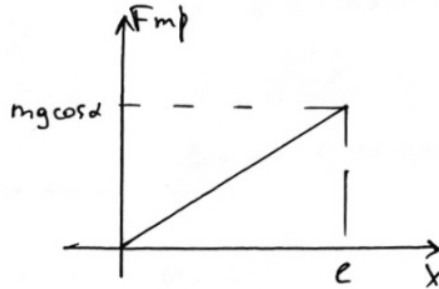
3) 3-и измерение мех. энергии

$$1 \text{ сл: } AF_{mp1} = mgl \sin \alpha - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$F_{mp1} = \mu \frac{mg \cos \alpha x}{e}$$

$$AF_{mp1} = - S_{\text{ног}} z \beta.$$

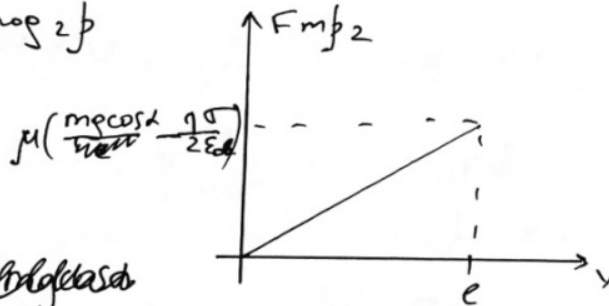
$$\underline{AF_{mp1} = -\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha l}$$



$$2 \text{ сл: } AF_{mp2} = mgl \sin \alpha - \frac{m v_2^2}{2}$$

$$F_{mp2} = \mu \left(\frac{mg \cos \alpha}{e} - \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0 e} \right) x$$

$$AF_{mp2} = - S_{\text{ног}} z \beta$$



~~$$AF_{mp2} = -\frac{1}{2} \mu (mg \cos \alpha - \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0}) l$$~~

$$AF_{mp2} = -\frac{1}{2} \mu (mg \cos \alpha - \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0}) l$$

$$4) \int -\frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha dx = mgl \sin \alpha - \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\left(-\frac{1}{2} \mu (mg \cos \alpha - \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0}) l = mgl \sin \alpha - \frac{m v_2^2}{2} \right.$$

$$\left. \int l \mu mg (\sin \alpha + \frac{1}{2} \mu \cos \alpha) = \frac{m v_1^2}{2} \right.$$

$$\left. \int l \left(mg \sin \alpha + \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha - \frac{1}{2} \mu \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0} \right) = \frac{m v_2^2}{2} \right.$$

$$\frac{mg (\sin \alpha + \frac{1}{2} \mu \cos \alpha)}{(mg \sin \alpha + \frac{1}{2} \mu mg \cos \alpha - \frac{1}{2} \mu \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0})} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

Чистовик

Вопрос: Емкость ($C = \frac{q}{U}$) - физическая величина, равная отношению заряда накопленного на ~~двух~~ обкладках конденсатора к напряжению на нем. $[C] = \Phi = \frac{кл}{В}$

Емкость плоского конденсатора не зависит от заряда накопленного конденсатором.

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

~~Вывод~~

от заряда накопленного конденсатором.

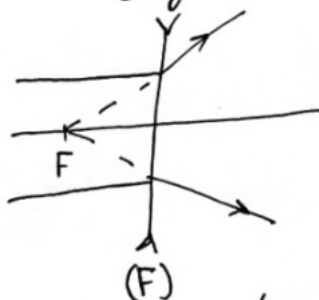
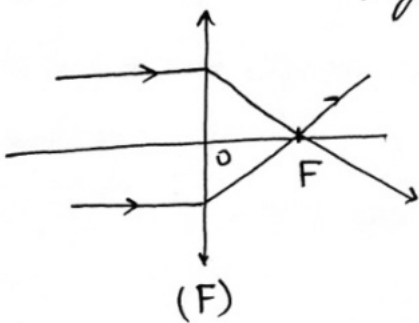
Зарядка ДЧ.З.З.

Вопрос: Оптическая сила тонкой линзы - физическая величина, обратная фокусному расстоянию линзы $D = \pm \frac{1}{F}$. $D > 0$ если линза собирающая, $D < 0$, если линза рассеивающая.

$$[D] = \text{опт} = \frac{1}{м}$$

Фокусное расстояние линзы - это расстояние от главного оптического центра линзы до фокуса, точки, где собираются лучи перпендикулярные поверхности линзы. $[F] = м$

Различают передний и задний фокус.

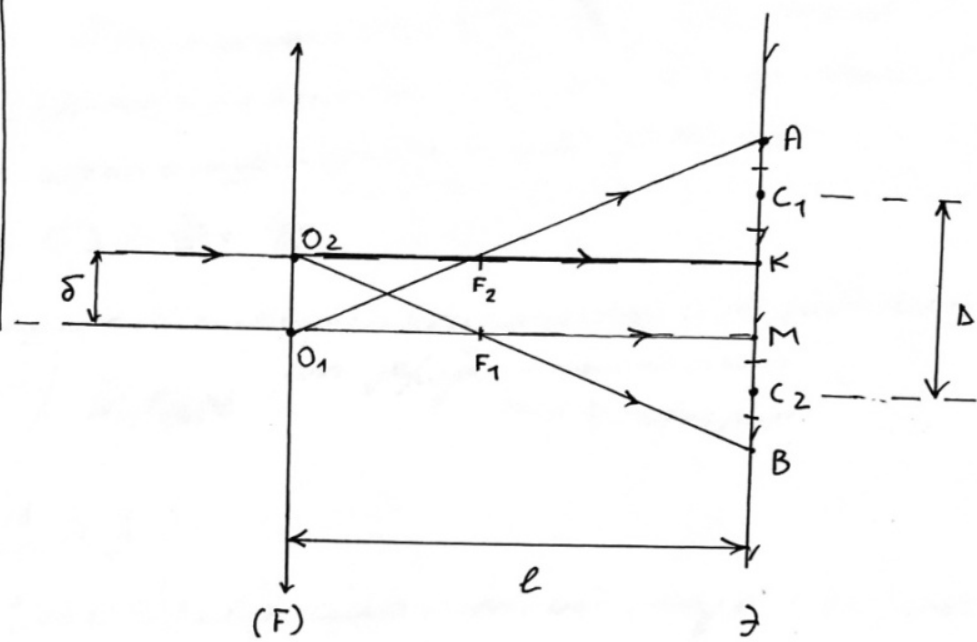


$$\frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

Фокусное расстояние можно определить ~~с помощью тонкой~~ формула тонкой линзы

Устройство

Дано:
 $l = 20 \text{ cm}$
 $\delta = 0,5 \text{ cm}$
 $\Delta = 1 \text{ cm}$
 $F = ?$



1) $\Delta O_2 F_2 F \sim \Delta O_2 K B$ (по 3-ем углам)

$$\frac{F_2 F_1}{KB} = \frac{O_2 F_2}{O_2 K} \quad (1)$$

2) $\Delta O_1 F_1 F_2 \sim \Delta O_1 M A$ (по 3-ем углам)

$$\frac{F_2 F_1}{AM} = \frac{O_1 F}{O_1 M}$$

• $O_1 F = O_2 F = f$
 • $O_1 M = O_2 K = l$

$\rightarrow AM = KB$

$KM + AK = KM + MB$

$AK = MB$

$R_1 = R_2 = C_1 K = MC_2$

~~3) $\Delta C_1 K + \delta + MB = R_1 + R_2 + \delta$
 $MB = \frac{\Delta + \delta}{2}$~~

3) $\Delta = C_1 K + KM + MC_2$

$\Delta = \delta + 2R$

$2R = \Delta - \delta$

~~4) (1) δ~~

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

Чисто бук

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

$f = \frac{95 \cdot 20}{1} = 10 \text{ (cm)}$

Ответ: $\frac{\delta l}{\Delta} = 10 \text{ см.}$

Задача 1.3.1

Дано:

$M = 1 \text{ кГ}$

$N = 2 \text{ БТ}$

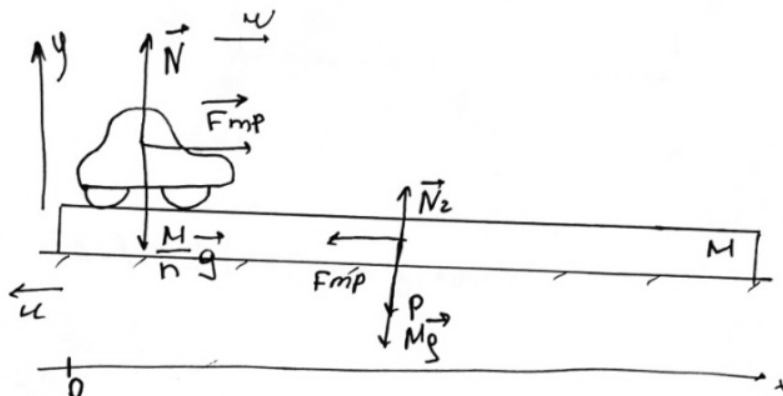
$M_H = \frac{M}{n}$

$n = 3$

$M = 0,3$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

X - ?



1) Рассмотрим систему 'ролка - машина' на ось ox $F_{внешнx} = 0$, поэтому выполняется

ЗЗУ: ~~$M \ddot{x} = F_{mp}$~~ $x: \frac{M}{n} \ddot{x} = M \ddot{x}$

или проанализируем

~~$2) N = \frac{AF_{mp}}{l} = \frac{F_{mp} \cdot s}{l}$~~

~~$s = \frac{at^2}{2}$~~

~~$23) H: F_{mp} + \bar{N} + \frac{M}{n} \bar{g} = \frac{M}{n} \bar{a}$~~

~~$x: F_{mp} = \frac{M}{n} a$~~

~~$a = \frac{n F_{mp}}{M}$~~

~~$N = \frac{F_{mp} \cdot at^2}{2l} = \frac{a F_{mp} t}{2}$~~

~~$N = \frac{n F_{mp}^2 l}{2M}$~~

~~$F_{mp}^2 = \frac{2MN}{nl}$~~

Истовик
 1) При движении без проскальзывания

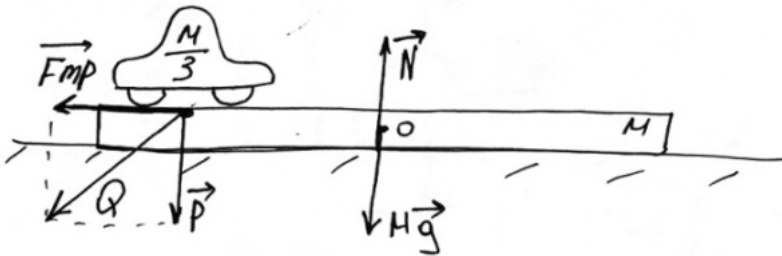
$v_x = v_y$, в данной задаче $v_x = v_y = 0$

Т.е. при проскальзывании скорости не \perp оси Oy .

3) Найдем центр масс системы оська-машина

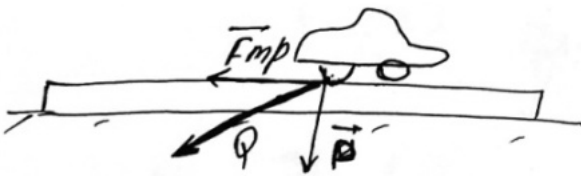
$x_{ц.м} = \frac{M \cdot l + \frac{M}{3} \cdot 0}{\frac{4}{3}M} = \frac{3}{4}l$, где l - длина оськи

4) $F_{внешн. x} = 0 \rightarrow v_{ц.м} = 0$ ($a_{ц.м} = 0, v_y = 0$)



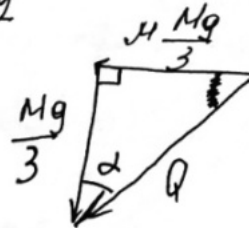
происходит поворот оськи по часовой стрелке \vec{Q} со стороны автомобиля.

когда машина ~~проедет~~ сместится на x момент сил \vec{Q} , относительно центра оськи должен скомпенсироваться



$\vec{P} = -\vec{N}$ (III з.и.)

$P = \frac{Mg}{3}$



$l \cdot Q \cdot d = M \cdot l$

5) $N = \frac{AFmp}{l}$