



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Янушкевич Николай Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **84**

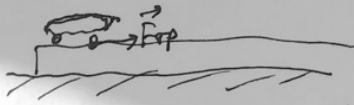
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9238584

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	13	15	84
Вопрос	8	6	6	6	

№1.3.1

ЧИСТОВИК 1



$$N = F_{\text{тр}} \cdot u \quad u - \text{скорость колеса относительно поверхности}$$

Так как N постоянно, $F_{\text{тр}} = \frac{M}{n} g \mu$ - постоянно, можно сразу выводить, что колеса во время протекания вращения вращаются с постоянной угловой скоростью.

Протекание прекратится, когда скорость автомобиля относительно доски $v_{\text{отн}} = u$. $v_{\text{отн}}$ - скорость автомобиля относительно доски в момент прекращения протекания.

Закон сохранения импульса: $0 = \frac{M}{n} \vec{v}_m + M \vec{v}_g$, v_m и v_g - скорости машинки и доски относительно земли

$$v_g = \frac{v_m}{n} \quad \text{в любой момент времени}$$

$$N = \frac{M}{n} g \mu \cdot u; \quad u = \frac{N n}{M g \mu} = v_{\text{отн}}; \quad \text{ускорение автомобиля } a_m = g \mu$$

$$\text{для доски: } M a_g = F_{\text{тр}}; \quad M a_g = \frac{M}{n} g \mu; \quad a_g = \frac{g \mu}{n}$$

ускорение машинки относительно доски $a_{\text{отн}} = a_g + a_m = g \mu \left(1 + \frac{1}{n}\right) = g \mu \frac{n+1}{n}$

$$K_{\text{отн}} = \frac{v_{\text{отн}}^2}{2 a_{\text{отн}}}$$

$K_{\text{отн}}$ - искомое расстояние; $K_{\text{отн}} = \frac{\left(\frac{N n}{M g \mu}\right)^2}{2 g \mu \left(\frac{n+1}{n}\right)}$

$$= \frac{N^2 n^3}{2 M^2 g^3 \mu^3 (n+1)} = K_{\text{отн}}$$

$$K_{\text{отн}} = 0,5 \text{ м} = 50 \text{ см}$$

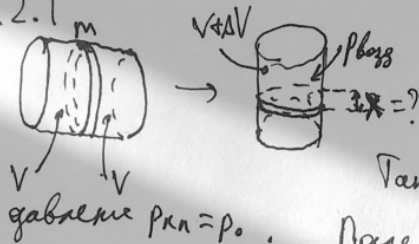
Вопрос:

Импульс системы: $\vec{p}_{\text{ит}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 \dots$

Закон сохранения импульса: В изолированной системе век, на которые не действуют внешние силы или они скомпенсированы, в инерциальной системе остаются импульс системы остается постоянным.

N2.2.1

ЧИСТОВИК 2



Давление насыщенного пара при температуре $t = 100^\circ\text{C}$ равно атмосферному: $p_{кп} = p_0$

Так как в дальнейшем температура не меняется, после переворота сосуда давление пара вырасти не может, поэтому пар частично конденсируется.

Давление воздуха $p_{возд} = p_0 - \frac{Mg}{S}$. По закону Бойля-Мариотта: $p_0 V = p_{возд} (V + \Delta V)$

$$x = \frac{\Delta V}{S}; \quad x = \frac{V}{S} \left(\frac{Mg}{p_0 S - Mg} \right)$$

Подставляя значения, $x = \frac{1}{190} \text{ м} = \frac{10}{19} \text{ см}$

Вопрос: Влажность воздуха - концентрация молекул водяного пара в воздухе

Относительная влажность воздуха - отношение давления паров воды к давлению насыщенного пара при данной температуре. $\varphi = \frac{p}{p_{кп}} \cdot 100\%$

N4.3.1

старая оптическая ось

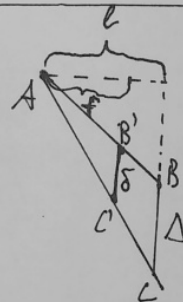
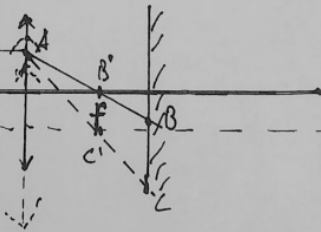
новая оптическая ось

фокус сместился на δ Треугольники $AB'C'$ и ABC подобны по двум углам.

$$\text{значит } \frac{l}{f} = \frac{\delta}{f} \Rightarrow f = \frac{l\delta}{\Delta} \quad f = 10 \text{ см} - \text{фокусное расстояние}$$

Вопрос: Фокусное расстояние - расстояние от оси симметрии линзы до плоскости, на которой параллельные лучи света (или их продолжения) собираются в одну точку.

Оптическая сила линзы - величина, показывающая, как сильно линза преломляет лучи. $D = \frac{1}{f}$. Чем меньше f , тем больше преломляются лучи.



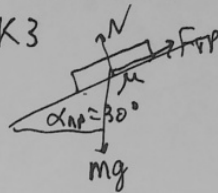
N3.5.1

ЧИСТОВИКЗ

1) Когда коэффициент трения,
пластика не хватает, когда:

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

$$\mu = \tan \alpha_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



2) Когда пластины не застревают:

ЗСД: $E_n = E_{\text{кин}} + A_{\text{тр}}$. Введем длину пластины l

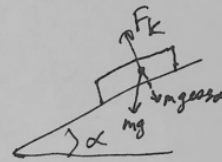
$$mg l \sin \alpha = \frac{m v_1^2}{2} + A_{\text{тр}}; \quad F_{\text{тр}}(x) = mg \cos \alpha \mu \frac{x}{l}$$



$$\frac{m v_1^2}{2} = mg l \sin \alpha - \frac{mg \mu \cos \alpha l}{2}$$

$$A_{\text{тр}} = \int_0^l F_{\text{тр}} dx = \frac{mg \cos \alpha \mu l}{2}$$

3) Напряженность поля пластины $E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$; $F_k = Eq = \frac{\sigma \cdot q}{2 \epsilon_0}$



Сравним силы, действующие перпендикулярно поверхности: F_k и $mg \cos \alpha$

$$F_k = 0,9 \text{ кН}; \quad mg \cos \alpha \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ кН}; \quad \text{значит пластинка не будет отрываться от}$$

плоскости, трение будет. (α здесь и далее $= 30^\circ$ будем считать, т.к. других значений в условии не указано)

$$F_{\text{тр}2}(x) = \left(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0} \right) \mu \cdot \frac{x}{l}; \quad A_{\text{тр}2} = \left(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0} \right) \mu \cdot \frac{l}{2} \quad (\text{Аналогично с пунктом 2})$$

Второй случай ЗСД: $\frac{m v_2^2}{2} = 2 mg l \sin \alpha - \left(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0} \right) \mu \frac{l}{2}$

$$4) \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{mg l \sin \alpha - \left(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0} \right) \mu \frac{l}{2}}{mg l \sin \alpha - mg \cos \alpha \mu \frac{l}{2}} = 1 + \frac{\sigma q \mu}{4 \epsilon_0 \cdot mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 1 + \frac{\sigma q \mu}{4 \epsilon_0 \cdot mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}$$

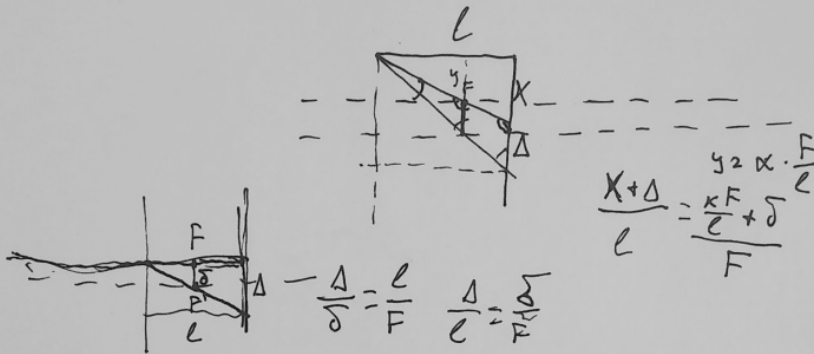
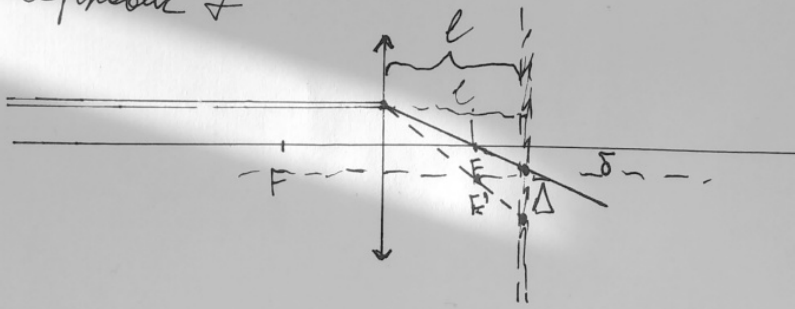
$$\frac{v_2}{v_1} = 1 + \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{3 + \sqrt{3}}{3}$$

Вопрос: Электроемкость — это отношение заряда, конденсатора к напряжению на нём ($C = \frac{q}{U}$). Электроемкость является характеристикой конденсатора.

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

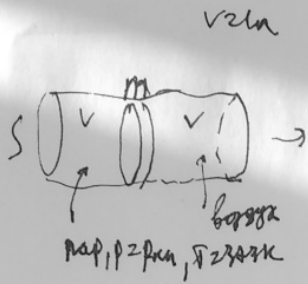
$$C = \frac{q}{U}$$

Чертеж 7



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

$$F = \frac{2\delta}{\Delta} = \frac{l}{2} = \text{const}$$



$\rho_{кн} = \rho_0$ $\nabla^2 \text{const}$

Черновик

$\kappa \approx \rho_0$

Так как $\nabla^2 \text{const}$, $\rho_{кн} = \rho_0 = \text{const}$
 значит паростанет при давлении ρ_0 и
 частично конденсируется.

$\rho_{вж} = \rho_0 - \frac{Mg}{S}$ Закон Бернулли-Моренца:

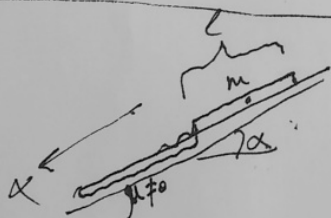
$\frac{\rho_0}{\rho_0 - \frac{Mg}{S}} = \frac{V + \Delta V}{V} = 1 + \frac{\Delta V}{V}$

$\Delta V = V \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho_0 - \frac{Mg}{S}} - 1 \right) \approx V \cdot \left(\frac{\frac{Mg}{S}}{\rho_0 - \frac{Mg}{S}} \right) = \left(\frac{Mg}{\rho_0 S - Mg} \right) V$

$\kappa \approx \frac{\Delta V}{S} = \frac{V}{S} \left(\frac{Mg}{\rho_0 S - Mg} \right)$

$\frac{0,001}{0,01} \left(\frac{5 \cdot 10}{10^5 \cdot 10^{-2} - 50} \right) \approx 0,1 \left(\frac{50}{950} \right) \approx \frac{1}{10} \cdot \frac{1}{19} \approx \frac{10^4}{190} \mu = \frac{10}{19} \text{ см}$

$\frac{9,8 \cdot 15}{1,13}$



l, g, v_1, v_2 надо найти максимум ϵ

Когда трение нет:

ЗЧЗ: $mg \sin \alpha = \frac{m v^2}{2} + A_{тр}$

$\Delta A_{тр} = F_{тр} \cdot \Delta x = N \mu \Delta x = \frac{\kappa}{c} mg \cos \alpha \mu \Delta x$

$\frac{A_{тр}(x)}{c} = \frac{\kappa}{c} mg \cos \alpha x$

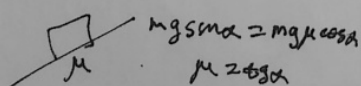
$A_{тр} = \int_0^x mg \mu \cos \alpha \frac{\kappa}{c} dx = \frac{mg \mu \cos \alpha}{c} \left(\frac{\kappa^2}{2} - 0 \right) = \frac{mg \mu \cos \alpha \kappa^2}{2}$

$\frac{m v^2}{2} = mg \sin \alpha x - \frac{mg \mu \cos \alpha \kappa^2}{2}$

$\int \kappa^2 dx = \frac{\kappa^3}{2}$

$v = a \cdot \Delta t =$

$a_{тр}$



$mg \sin \alpha = mg \mu \cos \alpha$
 $\mu = \tan \alpha$

Условие макс. $a_{тр}$ $mg \sin \alpha - \frac{\mu \kappa}{c} mg \cos \alpha$
 $\int a(x) dx = mg \sin \alpha x$

$\Delta v = a(x) \cdot \Delta t =$

$F_{\text{пр}} = \beta q$ $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ уменьш
 $mg \cos \alpha = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$

3C22: $E_{\text{пр}} = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$ Сравним $F_{\text{пр}}$ и $mg \cos \alpha$

$$F_{\text{пр}} = \frac{3 \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9} = \frac{1}{2} \mu\text{N}$$

$$mg \cos \alpha = 0,1 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \mu\text{N}$$

$mg \cos \alpha > F_{\text{пр}} \Rightarrow$ шарик движется

~~Работы~~ $(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) \cdot \mu \cdot \frac{x}{2}$; $A_{\text{тр}} = (\frac{\sigma q}{2\epsilon_0} - mg \cos \alpha) \cdot \frac{\mu l}{2}$ $(\frac{l^2}{2} - 0)$

3C3: $\frac{mv_2^2}{2} = mgl \sin \alpha - (mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) \frac{\mu l}{2}$

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

$$\mu = 0,30 = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

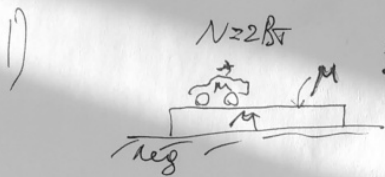
$$\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$1 + \frac{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 4}{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 1} = 1 + \frac{\sqrt{3}}{3}$$

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

$$C = \frac{5 \epsilon \epsilon_0}{d}$$

$m = \frac{M}{3}$ кареа юте зерновекы



lg К откоса юте гоме юте кареа юте гоме праскартубеа?

функция $F = F_{тр} + \Sigma mg \mu$
 $a_1 m = mg \mu$
 $a_1, m = a_2 = 3 m$

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_{тр} \Delta x_1}{\Delta t} + F_{тр} \frac{\Delta x_2}{\Delta t} = a_1 m v_1 + a_2 m v_2 = N_0$$

ускорение $a = a_{sum} = \frac{a_1 m + a_2 m}{m + M} = \delta$

$v = \frac{N}{a_1 m}$

ИЗК: $a_1 m = F_{тр}$
 $a_2 M = -F_{тр}$

$K_2 = \frac{K_1}{3}$

Переводим в СО земли:

$Nt = \frac{mv^2}{2} + F_{тр} K$

$0 = \frac{M m v_n}{n} - M v_n$ $Nt =$
 $Nt = \frac{M m v_n^2}{n^2} + \frac{M v_n^2}{2} + Q$ $Q = F_{тр} K$

Пусть радиус колеса R ; скорость относительно центра u

Радиус скорости колеса равен скорости земли $u = v$; $N = F_{тр}(u-v)$

$N = F_{тр} u$ значит $\Rightarrow u$ - скорость колеса - радиуса

$v_{отк} = u$; пока колесо проскальзывает: $a_0 = g \mu$ - в центре отката земли

$N = \frac{M g \mu}{n} u$

$v_{отк} = u = \frac{N n}{M g \mu}$

ускорение абразива относительно земли $= a_{отк} = a_{отк} \cdot \frac{1}{n} = g \mu \left(1 + \frac{1}{n}\right)$

$K_{отк} = \frac{v_{отк}^2}{2 a_{отк}} = \frac{\left(\frac{N n}{M g \mu}\right)^2}{2 g \mu \left(1 + \frac{1}{n}\right)} = \frac{N^2 n^2 \cdot n}{2 M^2 g^3 \mu^2 (n+1)} = \frac{N^2 n^3}{2 M^2 g^3 \mu^2 (n+1)}$

$N = \frac{2 \cdot 27 \cdot 2^2 \cdot 27}{2 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 3^3 \cdot 4} = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ м}$