



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Герасимов Степан Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: ~~88~~

*Оценка изменена по апелляции. Новая оценка – 89.*

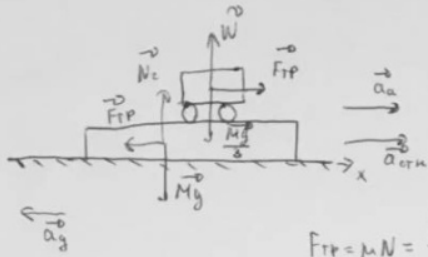
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9199600

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	12	13	14	12	88
Вопрос	9	9	9	10	

*Оценка изменена по апелляции. Новая оценка - 89*

11.



$$F_{FP} = \mu N = \frac{\mu Mg}{3}$$

$$\frac{Ma_a}{3} = \frac{\mu Mg}{3}$$

$$a_a = \mu g$$

$$Ma_g = \frac{\mu Mg}{3}$$

$$a_g = \frac{\mu g}{3}$$

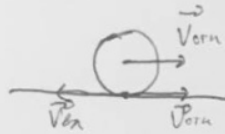
CO: ~~гравитация~~

$$\vec{a}_{отн} = \vec{a}_a - \vec{a}_g$$

$$a_{отн} = a_a + a_g = \frac{4}{3} \mu g$$

$$N = \frac{1}{3} F_{FP} \cdot V_{отн}$$

$$V_{отн} = \frac{3N}{\mu Mg}$$



$V_{отн} = V_{отн}$  - нем расчитываем

$$S = \frac{V_{отн}^2}{2a_{отн}} = \frac{9N^2 \cdot 3}{2\mu^2 Mg^2 \cdot 4\mu g} = \frac{27}{8} \frac{N^2}{M^2 \mu^3 g^3} \approx$$

$$\approx \frac{27 \cdot 4}{8 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 8^3} = \boxed{0,5 \text{ м}}$$

N1. Вопрос

Пусть  $P_i$  - импульс одной из точек,

$$\vec{P}_i = m_i \vec{V}_i$$

Тогда суммарный импульс системы точек равен:

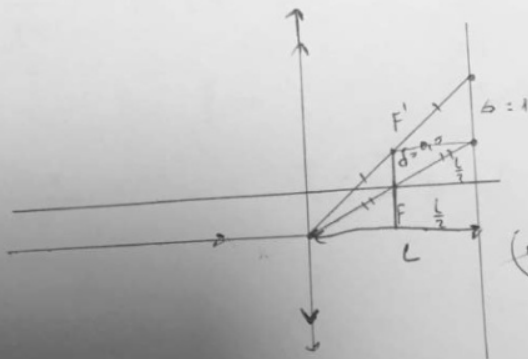
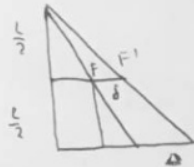
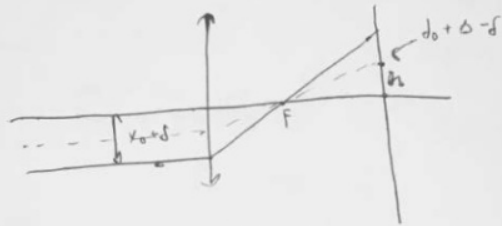
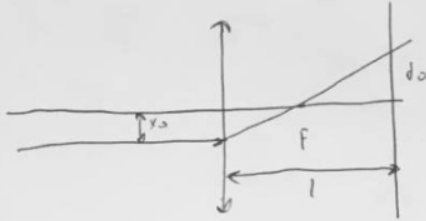
$$\vec{P} = \sum_0^k m_i \vec{V}_i, \quad k - \text{число точек}$$

Суммарный импульс системы равен векторной сумме элементарных импульсов.

Закон сохранения импульса: Если на систему тел не действуют внешних сил, или все силы скомпенсированы, то импульс системы остается неизменной.  $\vec{P} = \text{const.}$

$$\vec{F} \text{ ext} = \dot{\vec{p}}, \text{ и, к } \vec{F} = \vec{0}, \text{ то } \dot{\vec{p}} = \vec{0}.$$

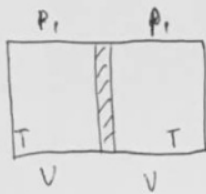
Uppräpning



$f'f$  - gyllene linse

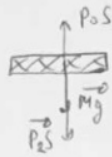
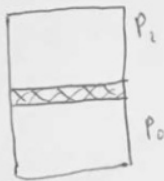
$$f = \frac{L}{2} = 10 \text{ cm}$$

N2.



$P_1 = P_0 = 10^5 \text{ Па}$  - нач. температура при  $100^\circ \text{C}$ .

$$P_0 V = \nu R T$$



нач. состояние газа.

$$P_0 S = P_2 S + Mg$$

$$P_2 = P_0 - \frac{Mg}{S}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T = P_0 V$$

$$\left(P_0 - \frac{Mg}{S}\right) V_2 = P_0 V$$

$$\frac{P_0 S - Mg}{S} V_2 = P_0 V$$

$$V_2 = \frac{P_0 S V}{P_0 S - Mg}$$

$$\Delta V = V_2 - V = V \left( \frac{P_0 S}{P_0 S - Mg} - 1 \right)$$

$$\Delta x = \frac{\Delta V}{S} = \frac{V}{S} \left( \frac{P_0 S}{P_0 S - Mg} - 1 \right) \approx$$

$$\approx \frac{10^{-2}}{10^{-2}} \left( \frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{10^5 \cdot 10^{-2} - 50} - 1 \right) = \frac{1}{10} \left( \frac{1000}{950} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1}{10} \left( \frac{1000 - 950}{950} \right) = \frac{50}{950 \cdot 10}$$

$$= \frac{1}{190} \text{ м.}$$

$$\frac{950}{5} \left| \frac{5}{190} \right.$$

№ 2. Вопрос.

Влажность воздуха - величина, которая характеризует количество воды в воздухе в единицу объема.

$$\rho = \frac{m_0}{V}$$

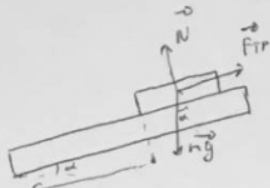
Относительная влажность воздуха - отношение фактической влажности воздуха к влажности насыщенного пара при некоторой температуре.

$$\text{Влаж. } \varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\%.$$

Плотность насыщенного пара - критическая плотность, т.е. если увеличить массу воды, то вода конденсируется, а плотность останется неизменной.

~~Handwritten scribble~~

1)

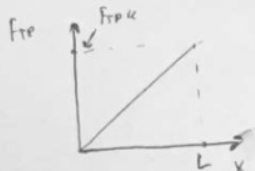


$$\mu = \tan(\alpha) = \tan(30^\circ) = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$F_{fr0} = 0$$

$$F_{fr} = \frac{F_{fr0}}{L} x, \quad L - \text{gesamte Strecke.}$$



$$A_{F_{fr}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu mg \cos \alpha = \frac{\mu mg L \cos \alpha}{2}$$

$$\Delta E = A_{F_{fr}}$$

$$E_1 = mgl \sin \alpha$$

$$E_2 = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$mgl \sin \alpha = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = mgl \sin \alpha - \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}$$

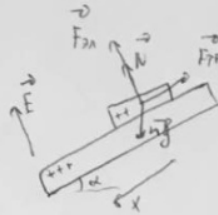
$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{mgl \sin \alpha - \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2} + \frac{MLF_{\Delta N}}{2}}{mgl \sin \alpha - \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2}} =$$

$$= 1 + \frac{MLF_{\Delta N}}{2mgl \sin \alpha - \mu mgl \cos \alpha} = \boxed{1 + \frac{\frac{\mu \cdot 9G}{2 \cdot 80}}{2 \cdot 9 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} - \mu \cdot 9 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}} =$$

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

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

2)



$$E = \frac{G}{2 \cdot 80}$$

$$F_{\Delta N} = 9E = \frac{9G}{2 \cdot 80}$$

$$N + F_{\Delta N} = mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha - F_{\Delta N}$$

$$F_{fr} = \mu (mg \cos \alpha - F_{\Delta N})$$

$$F_{fr0} = 0$$



$$A_{F_{fr}} = \frac{ML(mg \cos \alpha - F_{\Delta N})}{2}$$

$$mgl \sin \alpha = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2} - \frac{MLF_{\Delta N}}{2}$$

~~$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{MLF_{\Delta N}}{2}$$~~

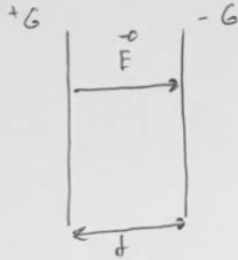
$$\frac{mv_2^2}{2} = mgl \sin \alpha - \frac{\mu mgl \cos \alpha}{2} + \frac{MLF_{\Delta N}}{2}$$



№3 Вопрос.

Диэлектрическая проницаемость - коэффициент пропорциональности между зарядом и напряжением кондензаторов.  $\Delta\varphi C = q$

Расстояние между пластинами конденсатора. Вывести формулу емкости



$$E = \frac{G}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$\Delta\varphi = E \cdot d = \frac{q d}{\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$S$  - площадь пластин.

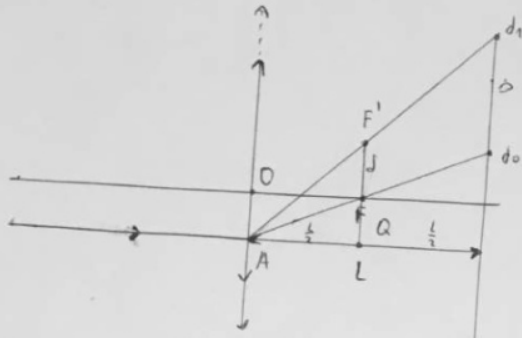
$d$  - расстояние между ними.

$\epsilon_0$  - электрическая постоянная.

~~Эта формула справедлива только для конденсатора с плоскими пластинами.~~

Число параметров способности проводника накапливать электрический заряд.

№4.



$$FF' = f = 0,5 \text{ см}$$

$$d_0 d_1 = \delta = 1 \text{ см}$$

$$L = 20 \text{ см}$$

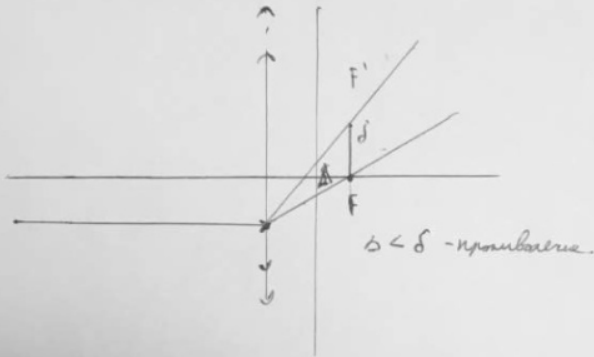
Поскольку  $\frac{d}{\delta} = \frac{1}{2}$ , то

$FF'$  - средняя линия.

Поскольку  $F'Q$  - ср. линия.

$$\boxed{AQ = \frac{L\delta}{2} = F = 10 \text{ см}}$$

Зная точку находиме данные свойства.

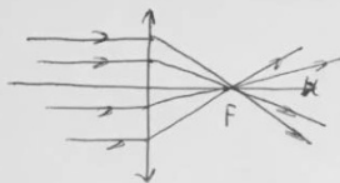


Если зная данные свойства, то будем произвольное ( $\delta < \delta$ )

№4 Вопрос.

Фокусное расстояние — расстояние от линзы, на которой собираются параллельные лучи света, прошедшие через линзу.

Фокусное расстояние определяется материалами и геометрическими размерами линзы.  $\frac{1}{F} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ , оно зависит от радиусов кривизмы полостчатой линзы и от коэффициента преломления материала линзы.



Оптическая сила линзы: обратная величина от фокусного расстояния.

$$D = \frac{1}{F}, \text{ измеряется в диоптриях.}$$

Если линза рассеивающая, то  $D < 0$ .

Если собирающая, то  $D > 0$ .

Если линза рассеивающая, то фокусное расстояние отрицательно.

В рассеивающей линзе изображение мнимое, поэтому ~~лучи~~ оно будет на продолжении лучей в фокусе.

reproduced

N3

$$V_1^2 = 2gl \left( h_2 - \frac{h_1 v_1}{2} \right) + \mu FL = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\mu mg \cos \alpha L}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgL \left( h_2 - \frac{h_1 \cos \alpha}{2} \right)$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\mu FL}{2} = 0$$

$$mv_1^2 = 2mgL \left( h_2 - \frac{h_1 \cos \alpha}{2} \right) + \mu FL$$

$$V_2^2 = 2g \left( L \left( h_2 - \frac{h_1 \cos \alpha}{2} \right) + \frac{\mu FL}{m} \right)$$

$$A_{fric_1} - A_{fric_2} = \frac{\mu FL}{2}$$

$$= \frac{\mu mg \cos \alpha L}{2} - \frac{\mu FL}{2}$$

$$A_{fric_1} = \frac{\mu (mg \cos \alpha - F) L}{2}$$

$$A_{fric_2} = \frac{\mu mg \cos \alpha L}{2}$$

$$F = \frac{9G}{260}$$

$$N + F = mg \sin \alpha$$

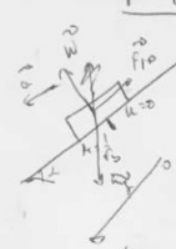
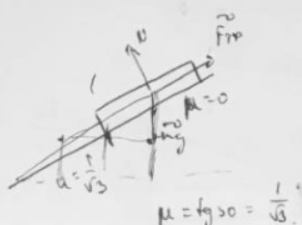
$$N = mg \sin \alpha - F$$

$$F_{fric} = (mg \cos \alpha - F) \mu$$

$$F_{fric} = 0$$

$$m \ddot{x} + \frac{(mg \cos \alpha - F) \mu}{L} x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{(mg \cos \alpha - F) \mu}{mL}$$



$$\frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{2g \left( L \left( h_2 - \frac{h_1 \cos \alpha}{2} \right) + \frac{\mu FL}{m} \right)}{2g \left( L \left( h_2 - \frac{h_1 \cos \alpha}{2} \right) + \frac{\mu FL}{m} \right)}$$

$$E = \frac{G}{260} \quad 1 + \frac{\mu FL}{m}$$

$$MA = -\frac{F_{fric} x}{L} + \mu mg \cos \alpha x$$

$$\frac{\mu mg \cos \alpha}{L} x + \mu \ddot{x} = 0$$

$$\omega^2 = \frac{\mu g \cos \alpha}{L}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$x(0) = 0$$

$$\cos(\phi_0) = 0$$

$$\phi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$x(t) = A \sin(\omega t)$$

$$v(t) = A \omega \cos(\omega t)$$

$$x(T) = 0$$

$$v(T) = v_1$$

$$mv_1^2 + \mu FL = 0$$

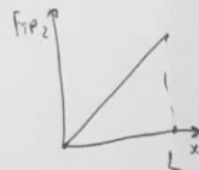
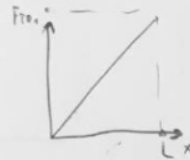
$$dE = F_{fric} \cdot dx$$

$$E_i = mgL h_2$$

$$E_f = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$mgL h_2 = \frac{mv_1^2}{2} + A_{fric}$$

$$mgL h_2 = \frac{mv_1^2}{2} + A_{fric}$$

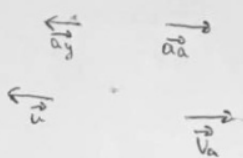


Carroll

21.



$$F_{fp} = \mu \frac{Mg}{3}$$



$$N_{\text{min}} = F_{fp} \cdot V$$

$$N_{\text{min}} = \mu \frac{MgV}{3}$$

Kecepatan

$$\mu M \frac{Mg}{3} = \frac{M}{3} a_x$$

$$a_x = Mg$$

$$a_y M = \mu \frac{Mg}{3}$$

$$a_y = \frac{\mu g}{3}$$

$$V_{\text{kon}} = \frac{3N}{\mu Mg}$$

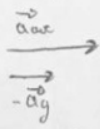
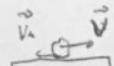
untuk menggunakan:

$$V_{\text{kon}} =$$

$$\vec{a}_{\text{obj}} = \vec{a}_{\text{orn}} + \vec{a}_g$$

$$V_k = V_{\text{orn}}$$

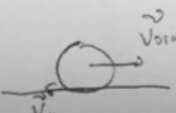
$$\vec{a}_{\text{orn}} = \vec{a}_{\text{obj}} - \vec{a}_g$$



$$a_{\text{orn}} = Mg \left( \frac{1}{3} + 1 \right) = \frac{4}{3} Mg$$

$$0 = \frac{M}{3} V - \mu M u$$

$$V = \frac{3N}{\mu Mg}$$

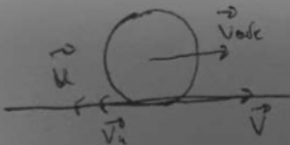


$$\frac{V}{3} = u$$

$$S = \frac{1}{2} a_{\text{orn}} t^2$$

$$V_{\text{orn}} = \frac{4}{3} V$$

$$V_{\text{kon}} = V_{\text{kon}} - u = \frac{V}{3} + V = \frac{4}{3} V$$



$$V_{\text{kon}} =$$

$$V = V_k + u$$

$$V_{\text{kon}} = \frac{4N}{\mu Mg}$$

$$S = \frac{V^2}{2a_{\text{orn}}} = \frac{3N^2}{2M^2 g^2 \cdot \frac{4}{3} Mg} =$$

$$= \frac{9N^2}{2M^2 g^2 \cdot \frac{4}{3} Mg}$$

$$S = \frac{36N^2}{M^2 M g^2 \cdot 2 \cdot \frac{4}{3} Mg}$$

$$= \frac{6N^2}{\mu Mg^2 M^2}$$

Председателю апелляционной комиссии  
олимпиады школьников «Ломоносов»  
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова  
академику В.А. Садовничему  
ученика 11 класса Курчатовской школы  
ул. Маршала Василевского, 9, корп. 1, Москва.  
Герасимова Степана Андреевича

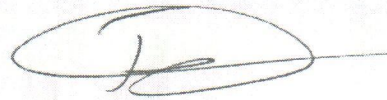
Апелляция

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы "88" за мою работу заключительного этапа по физике, а именно пересмотреть баллы за теоретические вопросы, так как на каждый из четырех вопросов присутствует полный ответ с незначительными недочетами, за которые может быть снято, по моему мнению, меньше баллов.

Дата

24.03.2022

(подпись)



Оценка  
ученика с  
на "88"  
2022

