



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Исаев Дмитрий Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **81**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9853143

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	2	15	15	15	<b>81</b>
Вопрос	8	9	8	9	

Числовик

$$M = 1 \text{ кг}$$

$$m = \frac{1}{3} M$$

$$N = 2 \text{ В м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$x = ?$$

$$\text{ЗСЭ: } \mu m g x = \frac{(m+M)v^2}{2}$$

$\mu m g = f_{\text{тр}}$ ;  $\mu m g x$  - работа сил трения, за ~~время~~ пути  $x$ .

$v$  - скорость, в момент, когда прекратится проскальзывание. Когда прекратится проскальзывание доска и машинка будут двигаться с одной и той же скоростью. В момент проскальзывания будет происходить до тех пор пока не наступит момент, когда:

$$\frac{N}{v} = \mu m g$$

В этот момент сила раздвигаемая которой равная  $\frac{N}{v}$  станет равняться трению ~~силе~~.

~~Сила раздвигаемая которой равная  $\frac{N}{v}$  станет равняться трению~~

$$\begin{cases} \mu m g x = \frac{(m+M)v^2}{2} \\ \frac{N}{v} = \mu m g \end{cases}$$

$$\begin{cases} v = \frac{N}{\mu m g} \\ \mu m g x = \frac{(m+3m) \frac{N^2}{\mu^2 m^2 g^2}}{2} \end{cases}$$

$$x = \frac{4m N^2}{2 \mu^3 g^3 m^2} = \frac{4 N^2}{\mu^3 g^3 m^2}$$

стр. 1 из 10

$$X = \frac{4 \cdot 4^2}{2 \cdot 3^3 \cdot 10^3 \cdot 10^5 \cdot 3^2} = \frac{8}{3} = \frac{8}{3} \text{ м} \quad \boxed{\text{Числовик}}$$

$$X = \frac{8}{3} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{8}{3} \text{ м}$

2, 2, 1.

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

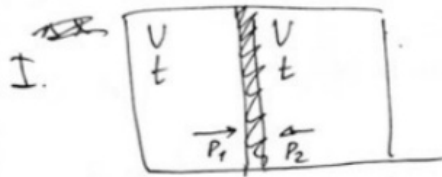
$$t = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ К}$$

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$\Delta x = ?$$



Д.к. поршень в равновесии, то

$$P_1 = P_2$$

Д.к. в состоянии равновесия с одной стороны пар насыщенный и при  $t = 100^\circ\text{C}$ , то

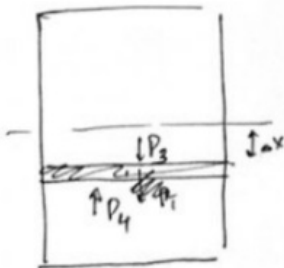
$$P_1 = P_2 = P_0$$

$$P_0 V = \nu_{\text{пара}} RT$$

$$P_0 V = \nu_{\text{воздух}} RT$$

$$\frac{P_0 V}{P_0 V} = \frac{\nu_{\text{пара}} RT}{\nu_{\text{воздух}} RT}; \quad \nu_{\text{пара}} = \nu_{\text{воздух}}$$

т.



$$\Delta x \cdot S = \Delta V \Rightarrow \Delta x = \frac{\Delta V}{S} \Rightarrow \text{нужно } \Delta x = d$$

$$\frac{\Delta V}{S} = d \quad \text{т.к.}$$

$$P_3(V + \Delta V) = \nu_{\text{возд.}} RT$$

$$P_4(V - \Delta V) = \nu_{\text{пара}_2} RT$$

$$\nu_{\text{пара}_2} \neq \nu_{\text{пара}}$$

$$m.к. P_4 > P_0$$

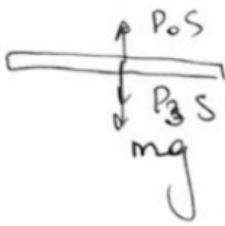
$$\text{д.к. } t = 100^\circ\text{C}, \text{ а}$$

объем увеличился, то  $\nu_{\text{пара}_2} < \nu_{\text{пара}}$ , м.к.  $P_4 = P_0$

Сир: 2 и 3 10

Условие

Запишем условие равновесия на поршень:



$$P_0 S = P_3 S + mg$$

Условие системы:

$$\begin{cases} P_0 S = P_3 S + mg \\ P_0 (V - \Delta V) = \nu_2 RT \\ P_3 (V + \Delta V) = \nu_{\text{воздуха}} RT \\ P_0 V = \nu_{\text{воздуха}} RT \end{cases}$$

Запишем:

$$\begin{cases} P_0 S = P_3 S + mg \\ P_3 (V + \Delta V) = P_0 V \end{cases}$$

Запишем:

$$\begin{cases} P_3 = \frac{P_0 V}{V + \Delta V} \\ P_0 S = \frac{P_0 V}{V + \Delta V} S + mg \end{cases}$$

Запишем:

$$\begin{aligned} P_0 S &= \frac{P_0 V}{\frac{V}{S} + \Delta} + mg \\ 10^5 \cdot 10^{-2} &= \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{\frac{10^{-3}}{10^{-2}} + \Delta} + 5 \cdot 10 \end{aligned}$$

$$10^3 = \frac{10^2}{10^{-2} + \Delta} + 50; \quad 10^2 + 10^3 \Delta = 10^2 + 50 \cdot 10^{-1} + 50 \Delta;$$

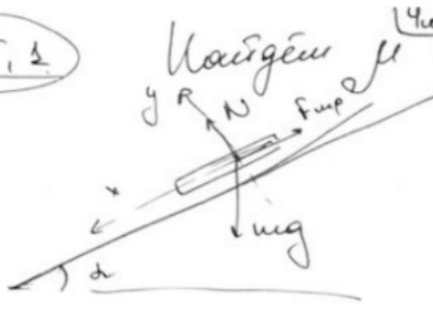
$$\Delta (10^3 - 50) = 5; \quad \Delta = \frac{5}{1000 - 50} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190}$$

$$\Delta = \frac{1}{190} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \frac{1}{190} \text{ м}$$

ответ: 3 из 10

2, 3, 5, 1



Найдем  $\mu$  из условия того, что тело не движется при  $\alpha = 30^\circ$  на шерохов. части:  
 Из условия того, что

$a_y = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

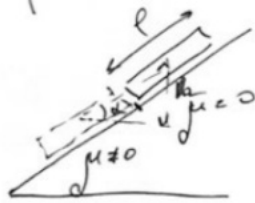
$a_x = 0 \Rightarrow \mu N = mg \sin \alpha$

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

$\mu = \tan \alpha$

Найдем  $v_i$ :

~~$\frac{mv_i^2}{2} = A_{тр}$~~



$\frac{mv_i^2}{2} + A_{тр} = mgh$

где  $l$  - длина шерош.

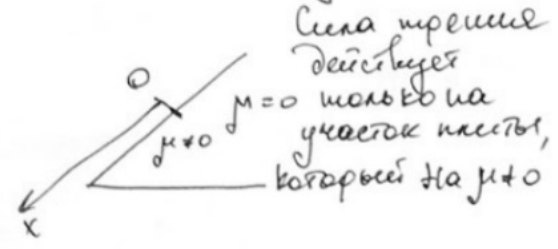
$h = l \sin \alpha$

то:  $\frac{mv_i^2}{2} + A_{тр} = mgl \sin \alpha$

Найдем  $A_{тр}$ :

Сила трения будет увеличиваться по мере  $\rightarrow$  выезжающие пластинки на часть плиты, где  $\mu \neq 0$ .

$A_{тр} = \int_0^e \mu mg \frac{x}{e} \cdot m \cdot dx$



$\frac{x}{e} m$  - масса пластинки на шероховатой пластинке, где  $\frac{m}{e}$  - линейная плотность пластины.

$A_{тр} = 4 \text{ из } 10$

Числовое

$$A_{\text{тр}1} = \mu g \frac{\rho^2}{2\ell} \quad \mu \cos \alpha = \frac{1}{2} \mu m g \ell \cdot \cos \alpha$$

Тогда:

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

Найдём  $v_2$ :

$$\frac{m v_2^2}{2} + A_{\text{тр}2} = m g h$$

$$h = \ell \sin \alpha$$

$$\frac{m v_2^2}{2} = m g \ell \sin \alpha - A_{\text{тр}2}$$

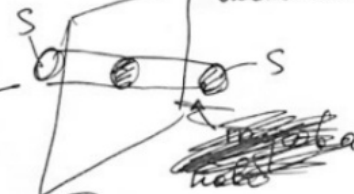
Найдём  $A_{\text{тр}2}$ :



~~...~~

$$f = E \cdot q$$

Найдём  $E$ : плоскость бесконечная



Найдём  $\sigma$  Гаусса где

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0} = 2E \cdot S ; \quad \frac{\sigma \cdot S}{\epsilon_0} = 2E \cdot S ; \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

т.к. ~~...~~ плита длинная, то мы вблизи можем считать её бесконечной плоскостью

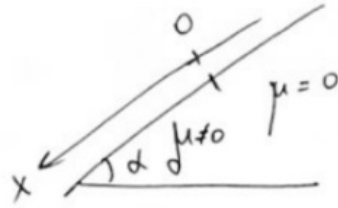
Сир: 5 из 10

$N_1$   
 $F_{\text{тр}}$   
 $\mu=0$   
 $m, g$   
 $m_1 = \frac{x}{\ell} m$   
 $N_1 = \frac{x}{\ell} m \cdot \cos \alpha$   
 $F_{\text{тр}} = \mu \frac{x}{\ell} m \cdot \cos \alpha$   
 $dA_{\text{тр}} = \mu \frac{x}{\ell} m \cos \alpha dx$   
Отсюда следует  
написанная ранее  
формула:  
 $A_{\text{тр}2} = \int_0^{\ell} \mu g \frac{x}{\ell} m \cos \alpha dx$

Учешобек

$$F_{\text{mp}} = \mu N_1$$

$$N_1 = m_1 g \cdot \cos \alpha - \frac{F}{l} \cdot x$$



$$m_1 = \frac{m}{l} \cdot x$$

$$N_1 = \frac{m}{l} x g \cos \alpha - \frac{F}{l} x$$

$$dA_{\text{mp}_2} = \mu \left( \frac{m}{l} x g \cos \alpha - \frac{F}{l} x \right) dx$$

$$A_{\text{mp}_2} = \int_0^l \mu \frac{m}{l} x g \cos \alpha dx - \int_0^l \mu \frac{F}{l} x dx =$$

$$= \mu g \cos \alpha \frac{l^2}{2} - \mu F \frac{l^2}{2} = \mu g \cos \alpha \frac{l}{2} - \mu F \frac{l}{2}$$

$$\frac{m v_2^2}{2} = m g l \sin \alpha - A_{\text{mp}_2} = m g l \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \frac{l}{2} + \mu F \frac{l}{2}$$

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

$$v_1^2 = \frac{2}{m} \left( m g l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu m g l \cos \alpha \right)$$

$$\left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 = \frac{m g l \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha \frac{l}{2} + \mu F \frac{l}{2}}{m g l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu m g l \cos \alpha} \approx$$

Вспомогательное, что  $\mu = \tan \alpha$

$$\left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 = \frac{m g l \sin \alpha - \cancel{\mu m g \sin \alpha} \frac{l}{2} + \mu F \frac{l}{2}}{m g l \sin \alpha - \frac{1}{2} \mu m g l \sin \alpha}$$

Ans: 6 us 10



Условие

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{0,1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} + \frac{59}{260} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{0,1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}} =$$

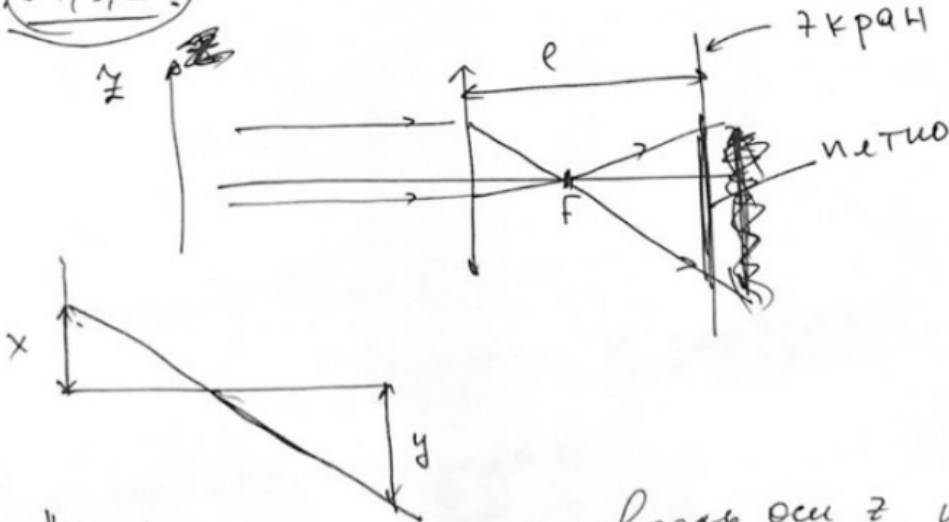
$$= \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4} + \frac{59 \cdot 10^6 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{12}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{4}} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{4}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{4}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}$$

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

Ответ: в  $\sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$  раз

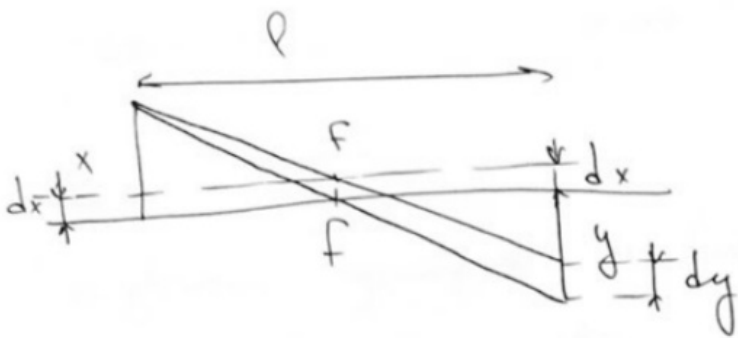
№ 4, 3, 1.



Линзу переместили вдоль оси z на  $dx = 0,5$  см, а сетку переместили на  $dy = 1$  см

Ср: 4 из 10

Условие



$$\begin{cases} \frac{x}{y} = \frac{F}{l-F} \\ \frac{x-dx}{y+dx-dy} = \frac{F}{l-F} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{x}{y} = \frac{F}{l-F} \\ \frac{x-0,5}{y+0,5-1} = \frac{F}{l-F} \end{cases}$$

$$\frac{x-0,5}{y+0,5-1} = \frac{x}{y}; \quad x y - 0,5 y = x y - 0,5 x$$

$$y = x \Rightarrow \left( \frac{x}{y} = 1 \right)$$

Ито:  $\frac{x}{y} = \frac{F}{l-F}; \quad l-F = F; \quad F = \frac{1}{2}l = 10 \text{ см}$

Ответ: 10 см

Вопросы к задаче

Вопрос к 1-ой задаче:

• Импульс системы материальных точек равен векторной сумме всех импульсов каждой материальной точки или же:  $\vec{P}_{\text{сист. точек}} = M \cdot \vec{v}$   
 $M$  - масса суммарная всех мат. точек

Стр: 8 из 10

$a \vec{v}$  - вектор скорости центра масс

Чистовик

• Закон сохранения импульса:

$$\vec{F}_{\text{вн. сил}} \cdot dt = m d\vec{v}$$

Произведение <sup>вектора</sup> суммарной или внешней сил  $\vec{F}$  на маленький промежуток времени равно  $\vec{v}$  векторному изменению импульса

В случае, когда  $F_{\text{вн. сил}} = 0$  :  $0 = m d\vec{v} \Rightarrow$

$\Rightarrow m \vec{v} = \text{const} \Rightarrow$  импульс сохраняется.

Вопрос к номеру 3, 5, 1

• Электроёмкость - это количество зарядов, в ~~пропорции~~ линейной зависимости заряда на обкладках конденсатора от напряжения на конденсаторе. Он определяет возможность накапливать заряд.

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad \text{и} \quad C = \frac{q}{U} \quad q - \text{заряд на обкл. конденсатора}$$

$U$  - напряжение на конденсаторе.

Вопрос к номеру 4, 3, 1

• Фокусное расстояние - это расстояние от ~~фокуса~~ плоскости линзы до фокальной плоскости. Фокальная плоскость параллельна плоскости линзы и пересекает главную оптическую ось в точке фокуса. ~~В точке фокуса~~  
В точке фокуса в случае собирающей линзы

Стр: 9 и 10



*Оценки  
не учитывать*

Председателю апелляционной комиссии олимпиады  
школьников «Ломоносов» Ректору МГУ имени М.В.  
Ломоносова академику В.А. Садовничему

ученика 11 класс, ГБОУ Школа 1589, г.Москвы

Ильина Данислава Вадимовича

апелляция.

*84*

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы  
(84 балла) за мою работу заключительного этапа по  
физике, поскольку считаю, что

Суммарное количество баллов за мою работу 84. Понять  
сколько баллов за какую задачу было выставлено я не  
могу, поэтому я самостоятельно подсчитал количество  
баллов:

за первую задачу:

по пункту задача решена, но допущены незначительные  
погрешности:

11-14 баллов

за первый вопрос:

ответ является полным

10 баллов

за вторую задачу:

*задача решена полностью и получен правильный ответ*

*15 баллов*

*за второй вопрос:*

*ответ является неполным(у меня дан корректный ответ только на вторую часть вопроса, с учетом ответа на первую часть)*

*1-5 баллов*

*за третью задачу:*

*задача решена полностью и получен правильный ответ*

*15 баллов*

*за третий вопрос:*

*ответ является полным*

*10 баллов*

*за четвертую задачу:*

*задача решена полностью и получен правильный ответ*

*15 баллов*

*за четвертый вопрос:*

*ответ является полным*

*10 баллов*

*Таким образом, получается 87 - 94 балла, но у меня выставлена 84 балла. Прошу пересмотреть оценку.*

Дата 25.03.2022

Подпись

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized initial 'D' followed by a horizontal line.