



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Подобедов Владислав Владимирович**

Класс: 11

Технический балл: **82**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9380979

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<b>82</b>
Вопрос	<i>5</i>	<i>9</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	

## Условие

№ 2.2.1.

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

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

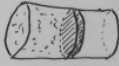
$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$\Delta x$

Решение:



при горизонтальном расположении цилиндра давление воздуха равно давлению водяного пара.

Поставив цилиндр вертикально, на водяной пар начнет действовать сила тяжести поршня, а давление воздуха останется прежним. Давление паров  $P_0$ , т.к. его температура  $t = 100^\circ \text{C}$  и пар является насыщенным. Тогда,  $P_0 S = mg + PS \Rightarrow$   
 $\Rightarrow P = P_0 - \frac{mg}{S} = ~~10^5 \text{ Па}~~ = 10^5 \text{ Па} - \frac{5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{0,01 \text{ м}^2} = 9,5 \cdot 10^4 \text{ Па} =$   
 $= 95 \text{ кПа}.$

По условию, температура в обеих частях цилиндра неизменна, значит, для воздуха выполняется  $PV = \text{const}$ . Следовательно,  $P_0 V = P V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{P_0}{P} V = \frac{10^5 \text{ Па}}{9,5 \cdot 10^4} V =$   
 $= 1,05 V$

$$\text{Тогда, } S \Delta x = V_1 - V \Rightarrow \Delta x = \frac{V_1 - V}{S} = \frac{1,05 V - V}{S} = \frac{1,05 - 1}{0,01} = 5 \text{ мм}.$$

Вопросы:

Ответ: 5 мм.

1. Влажность - степень содержания влаги в воздухе.

2. Относительная влажность - процентное содержание влаги в воздухе. (отношение абсолютной влажности к максимальной абсолютной влажности) ①

Чистовик

N 4.3.1

Дано:

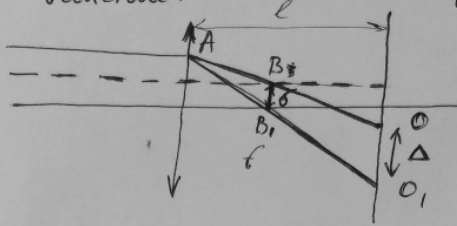
$l = 20 \text{ см}$

$\delta = 0,5 \text{ см}$

$\Delta = 1 \text{ см}$

 $f = ?$ 

Решение:



лучи, которые идут параллельно главной оптической оси проходят через фокус.

из подобия  $\triangle ABB_1$  и  $\triangle AOO_1$  ( $\triangle ABB_1 \sim \triangle AOO_1$ , по углам)

$$\frac{\delta}{f} = \frac{\Delta}{l} \Rightarrow f = \frac{l}{\Delta} \cdot \delta = \frac{20 \text{ см}}{1 \text{ см}} \cdot 0,5 \text{ см} = 10 \text{ см}$$

Ответ: 10 см

Вопросы:

1. Фокусное расстояние - расстояние от центра линзы до её фокуса. Фокус - точка, в которой пересекаются лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической осц.
2. Оптическая сила тонкой линзы -  $\boxed{D = \frac{1}{F}}$  - величина, обратная фокусному расстоянию.

# Чистовик

№ 3.5.1

Дано:

$$m = 100 \text{ г}$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$$

$\sigma_1$  (полн. широк)

$$\sigma = +3 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$$

$$q = +3 \text{ мкКл}$$

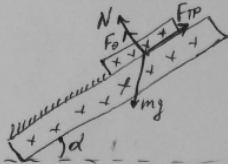
$\sigma_2$  (полн. широк)

$$\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = ?$$

Решение:



вблизи пластин создается поле:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon}$

он отталкивается от этого поля с силой:  $F = qE = \frac{q\sigma}{2\epsilon}$

по 3 Закону Ньютона:  $N = mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon}$

Также,  $F_{\text{тр}} = \mu N \frac{x}{l} = \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{x}{l}$

работа по преодолению силы трения равна:

$$A_{\text{тр}} = \int_0^l F_{\text{тр}} dx = \int_0^l \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{x}{l} dx = \frac{\mu}{2} \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{l}{2}$$

из закона сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = 2 mgl \sin \alpha - \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{l}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{4gl \sin \alpha - \mu \left( g \cos \alpha l - \frac{q\sigma}{2\epsilon} l \right)}$$

Значит,

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{4gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l + \frac{\mu q \sigma}{2\epsilon} l}{4gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l}} \approx 1,26$$

Ответ: 1,26

Вопрос:

1. Электроёмкость — отношение заряда к его потенциалу.

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

③

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

$C$  — ёмкость [Ф]

$\epsilon_0$  — электрическая постоянная  $\left[ \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \right]$

$\epsilon$  — электрическая проницаемость

$d$  — расстояние между обкладками [м]

$S$  — площадь обкладок конденсатора [м<sup>2</sup>]

Установив

№ 1.3.1

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$N = 2 \text{ Вт}$

$3 m_0 = M$

$\mu = 0,3$

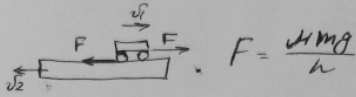
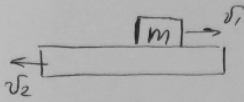
$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

X - ?

Решение:

по закону сохранения импульса:

$$\frac{M}{n} \cdot v_1 = M v_2 \rightarrow v_1 = v_2 n$$



в с.о. автомобиля, когда движение установилось, она будет стационарной.

$$F v(1+n) = N \rightarrow v = \frac{N}{F(1+n)} = \frac{N \mu}{\mu mg (1+n)} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

(v - скорость доски)

до установившегося равноускоренного движения автомобиля, он движется с ускорением  $a = \mu g = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ , а

доска:  $A = \frac{g}{n} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

время ускоренного движения  $t = \frac{v}{A} = 0,5 \text{ с}$

Тогда, автомобиль проедет  $x_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{3 \cdot 0,5^2}{2} = 0,375 \text{ м}$

доска -  $x_2 = \frac{At^2}{2} = \frac{1 \cdot 0,5^2}{2} = 0,125 \text{ м}$

Весь путь,  $S = x_1 + x_2 = 0,375 + 0,125 = 0,5 \text{ м}$

Ответ: 0,5 м

Вопросы:

$\bar{p} = m \bar{v}$

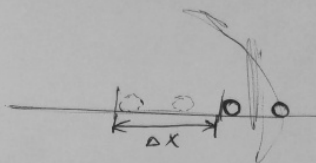
- Импульс системы материальных точек - определяется произведением массы материальной точки на ее скорость.
- Закон сохранения импульса - если на систему материальных точек не действуют внешние силы или их действие скомпенсировано, то полный импульс системы сохраняется.

④

Черновик

№1.3.1

$M_g = 1 \text{ кг}$   
 $N = 2 \text{ Вт}$   
 $3m_a = M_g$   
 $\mu = 0,3$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



ЗСИ:

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}_1$   
 $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$

ЗСИ:

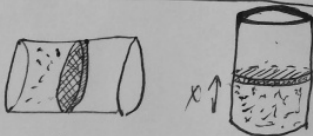
ЗСИ:  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 = \text{const}$   
 (абсолютно упругий) — сумма импульсов всех мат. точек в закрытой системе  
 (абсолютно неупругий) — векторная величина, сумма импульсов всех мат. точек в закрытой системе

ЭИМТ определяется произведением массы материальной точки на её скорость.

ЗСИ: векторная сумма импульсов всегда константа.

№2.2.1

$m_n = 5 \text{ кг}$   
 $V = 1 \text{ л}$   
 $t = 100^\circ \text{C}$   
 $S = 0,01 \text{ м}^2$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $P_0 = 10^5 \text{ Па}$



$PV = \nu RT$

давление паров  $P_0$ , т.к. температура  $t = 100^\circ \text{C}$  и пар насыщен.

Зн,  $P_0 S = mg + PS \Rightarrow P = P_0 - \frac{mg}{S} = 95 \text{ кПа}$

т.к.  $t$  — неизменна, то для воздуха выполняется

$PV = \text{const}$ ; следовательно,  $P_0 V = P V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{P_0}{P} \cdot V =$

$\frac{0,05}{0,01} = 5$

$\Delta x = \frac{V_1 - V}{S} = \frac{1,05 \text{ л} - 1 \text{ л}}{0,01} = 5 \text{ см}$

Влажность — плотность паров

Относительная влажность —  $\frac{P}{P_{\text{нас}}}$

$P$  — плотность паров

$P_{\text{нас}}$  — плотность насыщ. паров.



Черновик

№ 3.5.1

$m = 100 \text{ г}$

$\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$

$v_1$  (полностью на шерохах)

$\sigma = +3 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$

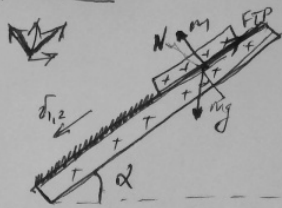
$\mu = +3 \text{ мкКл}$

$v_2$  (полн. на шерохах)

$\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

?  $v_1 = v_2$



Вблизи себя пластины создают поле:

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

Пластины отталкиваются от этой пластин с силой  $F = qE = \frac{q\sigma}{2\epsilon}$

$N = mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon}$

$F_{\text{TP}} = \frac{mg \sin \alpha}{\mu N}$

$F_{\text{TP}} = \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{1}{\epsilon}$

$A_{\text{TP}} = \int_0^l F_{\text{TP}} dx = \int_0^l \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{1}{\epsilon} dx = \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{l}{2}$

по ЗСЭ:

$\frac{mv^2}{2} = 2mgl \sin \alpha - \mu \left( mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon} \right) \frac{l}{2} \rightarrow$

$v \Rightarrow \sqrt{2gl \sin \alpha - \mu \left( g \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2m\epsilon} \right) l}$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l + \frac{\mu q \sigma}{2m\epsilon} l}{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha l}} \approx 1,26$

Емкость - величина, которая равна отношению заряда, перенесенного с проводника к потенциалу этого проводника относительно заряда и его потенциалу

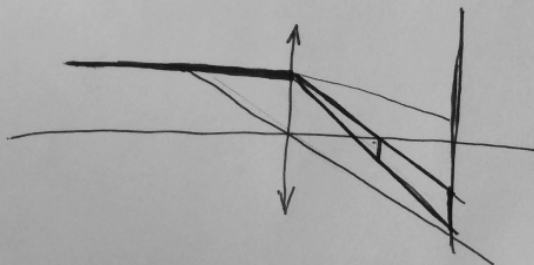
$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$

$l$  - емкость [Ф]  
 $\epsilon_0$  - электрическая постоянная [ $\frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ ]  
 $\epsilon$  - электрическая проницаемость среды  
 $d$  - расстояние между обкладками [м]  
 $S$  - площадь обкладок конденсатора

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

№ 4.3.1

$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \cdot \frac{1}{F}$



6

Фокусное расстояние - расстояние от центра линзы до ее фокуса. Фокус - точка, в которой пересекаются лучи, падающие на линзу параллельно оптич. осн.

Оптическая сила линзы -  $D = \frac{1}{F}$  - величина, обратная фок. расстоян.



№2

Черновик

5.10  
901

При горизонтальном расположении цилиндра давление воздуха равно давлению водяного пара.

Поставив цилиндр вертикально на водяной пар стала действовать сила тяжести поршня, а давление воздуха осталось прежним. Давление паров  $P_0$ , и температура  $t = 100^\circ\text{C}$  и пар является насыщенным.

$$\text{Тогда, } P_0 \delta = mg + P \delta \Rightarrow P = P_0 - \frac{mg}{\delta} = 95 \text{ кПа}$$

По условию, температура в обеих частях цилиндра неизменна, значит, для воздуха выполняется

$$PV = \text{const. Следовательно, } P_0 V = P V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{P_0}{P} V = 1,05 V$$

$$\text{Тогда, } \delta \Delta x = V_1 - V \Rightarrow \Delta x = \frac{V_1 - V}{\delta} = \frac{1,05V - V}{\delta} = \frac{1,05 - 1}{0,01} = 5 \text{ мм}$$

$$10^5 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-6}}{0,01} = 9,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} 10^5 \\ 9,5 \cdot 10^4 \\ \hline 100 \quad 95 \\ 95 \quad 1,0 \\ \hline 3500 \end{array} \quad \begin{array}{r} \frac{5}{6} \\ \frac{475}{6} \end{array}$$

7