



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Никифоров Андрей Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **80**

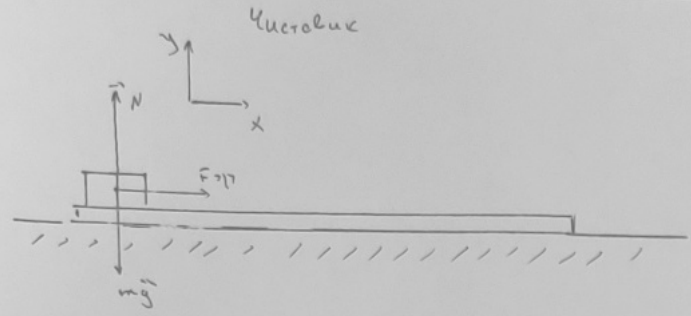
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9051628

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	8	15	8	15	<b>80</b>
Вопрос	10	8	8	8	

1.3.1.

Дано:  
 $M = 1 \text{ кг}$   
 $P = 2 \text{ Вт}$   
 $\mu = 0,3$   
 $m = \frac{1}{3} M$   
 $\Delta x a = ?$



1) Запишем силы действующие на автомобиль:  
 Движение  
 $\begin{cases} 0x: ma = F_{тр} \\ 0y: N - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g$

2) Пусть  $v$  - скорость в момент приращения проскальзывания  
 $v = at$ , тогда  $t$  - время приращения проскальзывания;  $t = \frac{v}{a} = \frac{v}{\mu g}$

К этому моменту мощность  $P$  уходит на движение колеса  
 $P = F_{тр} \cdot v \Rightarrow v = \frac{P}{\mu mg}$ ; Значит  $t = \frac{P}{M \mu g^2}$

3) теперь находим смещение авто:  $\Delta x a = \frac{at^2}{2} = \frac{\mu g}{2} \frac{P^2}{M^2 \mu^2 g^4} = \frac{P^2}{2 M^2 \mu g^3} = \frac{4}{2 \cdot 1^2 \cdot 0,3^3} = \frac{2}{0,27} = 7,4$   
 Ответ: 0,67 м

Импульс системы материальных точек - векторная сумма импульсов отдельных материальных точек из которых состоит система; эта сумма:  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$ ;  $\vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$

Закон сохранения импульса; Импульс механической системы сохраняется, если результирующая внешних сил, действующих на систему равна нулю

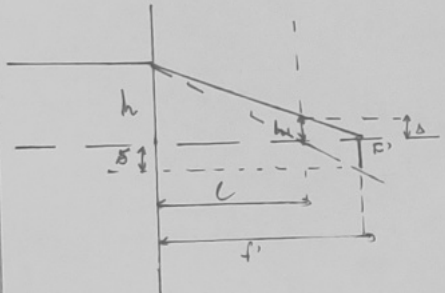
$F_{вн} = ma$ , где  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ;  $p = m \cdot v$ , тогда  $F_{вн} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ;  $\Delta p = m \Delta v \Rightarrow F_{вн} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

4.3.1. Фокусное расстояние - расстояние от главной точки (точки, через которую луч проходит без преломления, или действительное увеличение  $\times$ ) до точки фокуса

Заглавная точка фокуса - точка, в которой в пространстве изображений собираются лучи, идущие из бесконечности (параллельно) из пространства предметов

Трудно проверить, точка фокуса - точка в которой собираются лучи, падающие на линзу параллельно

Оптической силой линзы называют величину, обратную фокусному расстоянию  
 $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{\text{м}} = [D]$



Дано:  $l = 20 \text{ см}$   
 $b = 0,5 \text{ м}$   
 $\delta = 1 \text{ м}$   
 $f = ?$

Движение  
 1)  $\frac{h}{f} = \frac{H}{f' - f}$

Точка изображения  
 2)  $\frac{h + b}{f'} = \frac{b + h - 1}{f' - l} = \frac{h}{f' - l} + \frac{b - \delta}{f' - f}$

$\frac{h + b}{f'} - \frac{h}{f'} = \frac{b - \delta}{f' - l} \Rightarrow \frac{b}{f'} = \frac{b - \delta}{f' - l}$

$(f' - l) \cdot b = f' (b - \delta) \Rightarrow f' b - b l = f' b - f' \delta \Rightarrow f' = \frac{b \cdot l}{\delta}$

$f' = \frac{0,5 \cdot 20}{1} = 10 \text{ см}$

Ответ: 10 см

лист 1

Условие

2.2.1

Абсолютная влажность - отношение массы <sup>пара</sup> на единицу объема воздуха измерится в парциальном давлении  $p$ , при некоторой температуре  $T$

$$\rho = \frac{m}{V} = \left[ \frac{2}{\mu^3} \right]$$

Относительная влажность - отношение влажности воздуха  $\rho$  к плотности насыщенного вод. пара при той же температуре  $\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$

Дано

$m = 5 \text{ г}$

$v_1 = v_2 = 1 \text{ л}$

$T_1 = 100^\circ \text{C}$

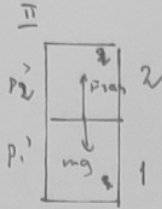
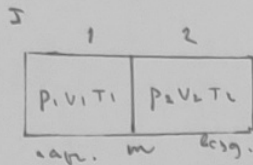
$T_2 = 100^\circ \text{C}$

$S = 0,5 \text{ м}^2$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$

$\Delta x \text{ м} = ?$



Решение:

В I состоянии поршень находится:  $p_1 = p_2$

Запишем уравнение М-К:  $\begin{cases} p_1 v_1 = \nu R T_1 \\ p_2 v_2 = \nu R T_2 \end{cases}$  - изотермический процесс

$\Rightarrow \frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \nu = \frac{p_1 v_1}{R T_1} = \frac{p_2 v_2}{R T_2}$

Однако плотность насыщенного пара не меняется при  $T = \text{const} \Rightarrow p_{\text{пар}} = \frac{m_1}{v_1} = \frac{\mu_1 p}{R T}$

Рассмотрим состояние II: Поршень переместился и остановился, при  $F_{\text{разб}} = mg$

$F_{\text{разб}} = S(p_2' - p_1') = (1)$

Запишем уравнение М-К для II состояния

$\begin{cases} p_1' = \frac{p_{\text{пар}}}{\mu_1} R T - \text{пар} \\ p_2' v_2' = \nu R T - \text{воздух} \end{cases}; \nu \rightarrow \frac{m_0}{\mu} = R T \left( \frac{p_{\text{пар}}}{\mu_1} - \frac{\nu}{v_2'} \right)$

Выразим  $v_2'$ :  $\frac{m_0}{\mu} = \frac{p_{\text{пар}}}{\mu_1} \frac{\mu}{R T} = \frac{\nu}{v_2'} \mu$ ;  $\frac{\nu}{v_2'} = \frac{p_{\text{пар}}}{\mu_1} - \frac{m_0}{\mu R T} = \frac{p_{\text{пар}} - m_0}{\mu R T}$ ;  $v_2' = \frac{\nu \mu R T}{p_{\text{пар}} - m_0} = \frac{\nu}{1 - \frac{m_0}{p_{\text{пар}}}}$

$v_2' = \frac{\nu}{0,95}$

Найдем  $\Delta x = \frac{v_2' - v_1}{S}$   $v = 1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$

$\Delta x \text{ м} = \frac{100 \nu}{95 S} - \frac{\nu}{S} = \frac{6 \nu}{95 S} = 0,00000005 \text{ м}$

Ответ:  $5/10000000, 5 \text{ см}$

3.5.1

## Чистовик

Емкость - скалярная величина  $C$ , равная абсолютному значению отношения электрического заряда одного проводника к разности электрических потенциалов двух проводников при условии, что эти проводники имеют одинаковые по модулю, но противоположные по знаку заряды и все другие проводники бесконечно удалены

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \text{ [Ф]}$$

Конденсатор - система из 2х проводников взаимно расположенных так, что электростат. поле этих проводников при соединении их равно по абсолютному значению и разнонаправлено по знаку э.п. зарядов полностью или частично локализовано в ограниченной области пространства

Плоский конденсатор - конденсатор состоит из 2х параллельных металлических пластин площадью  $S$  каждая, расположенных на расстоянии  $d$  друг от друга

Заряды пластины  $q$  и  $-q$ . Если  $S \gg d$ , то электростатическое поле между пластинами можно считать равным же как поле между двумя плоскими заряженными до  $q$  и  $-q$ , тогда емкость конденсатора равна:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Дано:

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

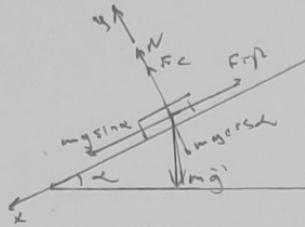
$$\epsilon = 3 \text{ мкКл/м}^2$$

$$q = 3 \text{ мкКл}$$

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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



Решение:

$$Ox: ma_1 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}1} \quad Oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$Ox: ma_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}2} \quad Oy: N + F_{\text{тр}2} - mg \cos \alpha = 0$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu N$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ma_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \\ ma_2 = mg \sin \alpha - \mu (mg - F_{\text{тр}2}) \end{cases} \quad \begin{aligned} F_{\text{тр}2} &= qE = q \frac{q}{2\epsilon_0} = \\ a &= \frac{v_2 - v_1}{t} \quad (\text{по условию}) \end{aligned}$$

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - F_{\text{тр}2})} \quad (t_1 = t_2) \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{mg (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - F_{\text{тр}2})}$$

Черновик  
Вариант №2

1.3.1

$M = IRz$

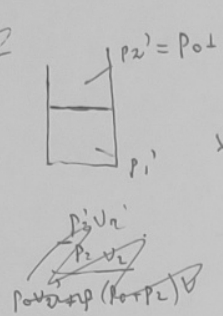
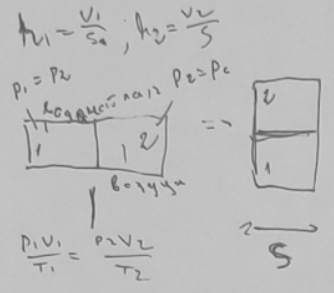
$N = 25T$   
 $n = 3$   
 $\mu = 0,3$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $v = ?$

Решение:  
 Условие проскальзывания:  
 $F + \mu F = F$   $A = F \cdot S = F \cdot X$   
 $N = \frac{A}{t}$   $\mu \frac{M}{3} g = \frac{tP}{X}$   
 $A = t \cdot M P$   
 $F = \frac{A}{v} = \frac{tP}{X} \Rightarrow X = \frac{tP \cdot 3}{\mu M g} = \dots$

Умножив системы материальных точек -  
 - правильная векторная сумма импульсов отдельных материальных точек из которой состоит эта система  
 $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \vec{P} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$

ЗСЗ (закон сохранения импульса):  
 Импульс механической системы сохраняется, если результирующая внешних сил, действующих на систему равна нулю  
 $F_{внеш} = ma, \text{ где } a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow F_{внеш} = m \frac{dv}{dt} \Rightarrow \Delta p = m \Delta v$

- 2.2.1  
 Дано:  
 $m = 5 \text{ кг}$   
 $v_1 = v_2 = 1 \text{ м}$   
 $t_1 = 100^\circ \text{C}$   
 $t_2 = 10^\circ \text{C}$   
 $T_1 = T_2 = \text{const}$   
 $S = 0,1 \text{ м}^2$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $P_0 = 10^5 \text{ Па}$



$v_1 = S \cdot h$   
 $p_1 v_1 = p_2 v_2$   
 $p_1' v_1' = (p_0 + \frac{\rho g h_1}{S}) v_2'$   
 $v_1' = S h_1' = (\frac{p_0 + \rho g h_1}{S}) (h - h_1')$   
 $p_1' h_1' = (p_0 + \frac{\rho g h_1}{S}) \cdot h_2'$

Влажность - абсолютная - масса пара в единицу объема воздуха  
 измеряется в парциальной давлении  $p$ , при известной температуре  $T$   
 $p = \frac{m}{V} = [\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}]$   
 относительная -

- относительная влажность воздуха  $\phi$  с неопределенностью измерения воз. пара при той же темпера-  
 $\phi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$   
 $\rho_0 (p_0 + \frac{\rho g h_1}{S}) v_2' - \rho_2 v_2 = \rho_1' v_1' - \rho_1 v_1 =$   
 $\rho_0 (p_0 + \frac{\rho g h_1}{S}) v_2' - \rho_0 v_2 = \rho_0 v_1' - \rho_0 v_1$   
 $\rho_0 (\Delta v_2)$   
 $\frac{\rho^2}{\mu^4 \text{ м}^2 \text{ г}^4}$

Керување

1.3.1.

Дано:

$m = 1 \text{ кг}$

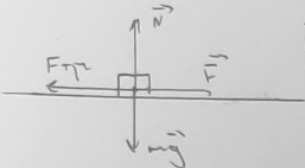
$PW = 2 \text{ Вт}$

$n = 3$

$\mu = 0,3$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$x = ?$



$$\begin{cases} 0x: -F_{тр} + F = ma \\ 0y: N = mg \end{cases}$$

Решение:

$$\begin{cases} F_{тр} = \mu N \text{ - закон Ампера-Кулона} \\ F - F_{тр} = ma \\ N = mg \end{cases}$$

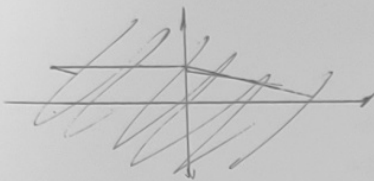
$\Rightarrow F - \mu mg = ma$

1)  $A = F \cdot x = \frac{P}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{P}{x \cdot \Delta t} = \frac{P}{\Delta x} \cdot \Delta x = \frac{P}{\Delta x} \Rightarrow \frac{P}{\Delta x} - \mu mg = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\Rightarrow \frac{P}{\Delta v \cdot \Delta t} - \mu mg = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$x = \frac{P \cdot \Delta t}{\Delta v}$   
 $\Delta x = \frac{P}{\Delta v + \mu mg}$

Или при прескачывањем  $a = 0$   
 $\Rightarrow x = \frac{1}{\mu mg} = \frac{2}{10 \cdot 0,3} = 2 \text{ м}$



$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$

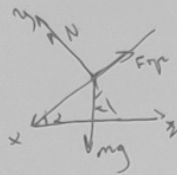
$\epsilon = 3 \text{ мкКл/м}^2$

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

$q = 13 \text{ мкКл}$

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

$F_{Кл} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$



Таскавање којорс спроводит кондензатор -

= глуме настан

$l = \frac{v_2 \cdot v_0}{2a}$

$\frac{v_2^2}{2}$

$a = \frac{v_2 \cdot v_0}{2t}$

1)  $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$   
 $l = \frac{v_2^2}{2a}$

2)  $mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - F_{Кл}) = m \frac{v_2^2}{2l}$

кондензатор - система из две проводящ взаиморасположеня которыи таробки, что электростатическое поле дво максимално

Электричество - физическое явление связанное с наличием электрических зарядов и их взаимодействием. С, равная абсолютному значению отношения:  $C = \frac{q}{U}$ . Электр. заряд одинаково проводящих с радиусом электрических потенциалов двух проводящих при условии, что эти проводники имеют одинаково между, противоположные по знаку заряды и все другие проводники электрически соединены с землей.

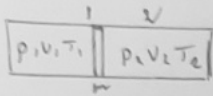
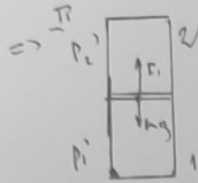
Плоский кондензатор - кондензатор состоящий из 2х параллельных металлических пластин площадью S каждая, расположенных на расстоянии d друг от друга. Заряды +q и -q. Если S >> d, то электростат. поле между пластинами можно считать таким же как поле между двумя параллельными заряженными плоскостями +q и -q, тогда электричество максимално кондензатора  $C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$

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

$\frac{v_2}{v_1}$

$\frac{a_2}{a_1} = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - F_{Кл})}$

II

Цилиндр  
поршень

Температура

В II состоянии поршень покоится:  $p_1 = p_2$ 

Запишем ур-ие М-К:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \text{ пар} \\ p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \text{ вода} \end{cases}$$

- изотермический процесс (no work)

$$\text{В первом состоянии поршень: } \begin{cases} pV = \nu_1 R T \\ pV = \nu_2 R T \end{cases} \Rightarrow \nu_1 = \nu_2 = \frac{m_2}{M_1} = \frac{pV}{RT}$$

о равно значит (пар) насыщенный пар - не меняется

при  $T = \text{const}$ 

$$\therefore p_{\text{пар}} = \frac{m_1}{V_1} = \frac{M_1 p}{RT} = \text{const}$$

1) Рассмотрим состояние III:

Поршень перегревается и остывает, при  $F_{\text{упр}} = mg$ 

$$F_{\text{разоб}} = S(p_2' - p_1') \quad (1)$$

Запишем ур-ие М-К для II сужая

$$\begin{cases} p_1' = \frac{p_{\text{пар}}}{M_1} RT - \text{пар} \\ p_2' V_2' = \nu_2 R T - \text{вода} \end{cases} \quad (2)$$

$$\hat{v} \rightarrow \frac{mg}{S} = RT \left( \frac{p_{\text{пар}}}{M_1} - \frac{\nu_2}{V_2'} \right)$$

$$\text{Выразим } \nu_2': \frac{mg}{SRT} = \frac{p_{\text{пар}}}{M_1} = \frac{\nu_2}{V_2'}$$

$$\frac{\nu_2}{V_2'} = \frac{p_{\text{пар}} - mg}{SRT} = \frac{S p_{\text{пар}} - mg}{SRT} \quad V_2' = \frac{\nu_2 S RT}{S p_{\text{пар}} - mg} = \frac{pV_2 S}{S p_{\text{пар}} - mg} = \frac{V}{1 - \frac{p_{\text{пар}}}{S p}}$$

$$V_{\text{н}}' = \frac{V}{0,95}$$

$$\text{найдём изменение: } \Delta X_{\text{м}} = \frac{V_2' - V}{S}$$