



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Понизов Устин Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **90**

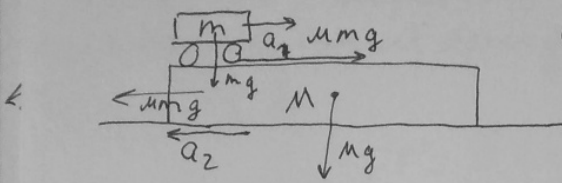
Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9841439

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>90</i>
Вопрос	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	

Чистовик стр. 1

1.3.1



$$a_1 = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$a_2 = \frac{\mu mg}{M} = \frac{\mu g}{3} \quad a_{\text{cm}} = \vec{a}_1 \vec{a}_2 = \frac{4\mu g}{3}$$

$$N = \frac{\Delta \text{imp}}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta t_{\text{cm}}}{\Delta t} = F_m \cdot \Delta t_{\text{cm}}$$

F_m - сила тяги

Рассмотрим момент, когда колеса перестанут проскальзывать ($F_m = \mu mg$), v_{cm} - скорость машинки в этот момент

$$v_{\text{cm}} = \frac{N}{F_m} = \frac{N}{\mu mg}; \quad v_{\text{cm}} = a_{\text{cm}} \cdot t = \frac{4}{3} \mu g \cdot t$$

$$t = \frac{v_{\text{cm}}}{a_{\text{cm}}} = \frac{3N}{\mu mg \cdot 4\mu g} = \frac{3 \cdot 2}{0,3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{1}{2} \text{ c}$$

$$S = \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{3}{8} \text{ м} = 0,375 \text{ м} \quad \text{Ответ: } 37,5 \text{ см}$$

Вопрос: * Интеграл системы материальных точек - векторная сумма импульсов всех материальных точек системы. Импульс замкнутой системы материальных точек всегда сохраняется неизменным.

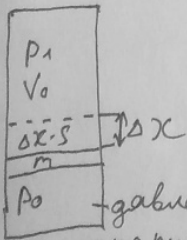
1.2.2.1

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$	m	p_0
$V_0 = 0,001 \text{ м}^3$		V_0

$$\left\{ \begin{array}{l} p_0 = \frac{V_0 + S \Delta x}{V_0} \quad (T = \text{const} \Rightarrow V \cdot p = \text{const} - \text{уравнение Менделеева-Клапейрона}) \\ p_0 - p_1 = \frac{mg}{S} = 5000 \text{ Па} \quad (\text{усл. равновесия поршня}) \end{array} \right.$$

$$p_1 = p_0 - \frac{mg}{S} = 95000 \text{ Па}$$

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{100}{95} = 1 + \frac{S \Delta x}{V_0}$$



p_0 - давление насыщенного пара при изотермическом сжатии постоянно

$$\frac{0,01 \Delta x}{0,001} = \frac{100}{95} - 1$$

$$\frac{5}{95} = \Delta x \cdot 10 \quad \Delta x = \frac{1}{190} \text{ м}$$

Ответ: $\frac{1}{190} \text{ м}$

Чистовик (стр. 2)

√2 Вопрос: Влажность воздуха — наличие паров в воздухе в виде молекул воды. Относительная влажность — отношение конкретной плотности паров в воздухе к максимальной при данной температуре, измеряется в процентах

√4.3.1

$FF' = \delta = 0,5 \text{ см}$ F' — фокус линзы, после того, как ее сдвинем

$FF' \parallel BC$, $BC = \Delta \text{ см} = \Delta$

$\frac{BC}{FF'} = 2 \Rightarrow FF'$ — средняя линия $\triangle ABC$

$\triangle AFF' \sim \triangle ABC$

$$\frac{AH'}{AH} = \frac{FF'}{BC} \Rightarrow AH' = \frac{\delta \cdot l}{\Delta} = f$$

$$f = 10 \text{ см}$$

Ответ: 10 см

Вопрос:

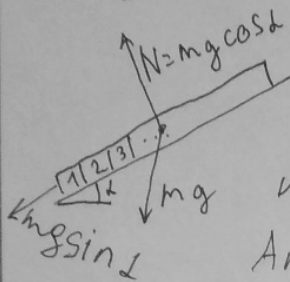
Фокусное расстояние линзы — расстояние, на котором пучок параллельных лучей, перпендикулярных плоскости линзы сходится в одну точку (или мнимое продолжение этих лучей, если линза рассеивающая) Оптическая сила линзы $= \frac{1}{f}$, измеряется в диоптриях, $\text{диоптр} = \frac{1}{\text{м}}$.

Чистовик стр. 3

№3.5.1

I случай

Вопрос к №3 электроемкость - способ
ность накапливать заряд
 $C = \frac{q}{U}$ $C = \frac{S}{d \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}$



Разобьем пластинку на маленькие
части, длиной δx ($\delta x \rightarrow 0$) и посчитаем
для каждой части совершенную над
ней работу силы трения:

$$A_{\text{тр}1} = \mu \cdot m \cdot \frac{\delta x}{l} \cdot \cos \alpha \cdot l \cdot g$$

$$A_{\text{тр}2} = \mu \cdot m \cdot \frac{\delta x}{l} \cdot \cos \alpha \cdot (l - \delta x) \cdot g$$

$$A_{\text{тр}3} = \mu \cdot m \cdot \frac{\delta x}{l} \cdot \cos \alpha \cdot (l - \delta x) \cdot g \text{ и т.д.}$$

суммаем:

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

$$\frac{1}{2} = \frac{\mu \cdot \sqrt{3}}{2}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Складываем все работы и получаем:

$$A_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{l}{2} - \text{суммарная работа}$$

сил трения

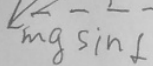
$$A_{\text{Fm}} = mg \sin \alpha \cdot l - \text{работа силы тяжести}$$

$$3 \text{ СЭ: } \frac{m v_1^2}{2} = A_{\text{Fm}} - A_{\text{тр}} ; v_1^2 = 2gl \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)$$

II случай:

F - сила взаимодействия между
пластинкой и плоскостью,
обусловленная наличием зарядов.

$$F = E \cdot q = \frac{\sigma \cdot q}{2 \epsilon_0} = \frac{9 \cdot 10^{-14}}{9 \cdot 10^{12} \cdot 2} = \frac{1}{2} \text{ Н}$$



Аналогично со II случаем пишем 3 СЭ, но беря

вучет, что $F_{\text{тр}} = \mu (mg \cos \alpha - F)$;

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

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu \cdot F \cdot l}{2mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}}$$

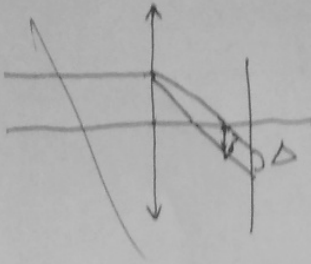
Допустим, что $\alpha = 30^\circ$, т.к.

в условии α не указано, а 30° - един-
ственное известное значение,

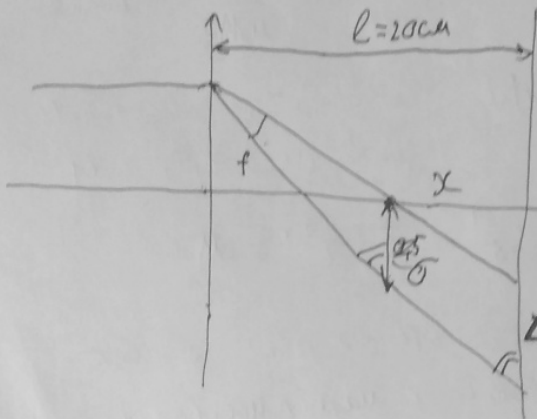
$$\text{тогда } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 2 \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{4\sqrt{3}} \right)}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$$

Ответ: $\sqrt{\frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{3}}}$ раз (для $\alpha = 30^\circ$) $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\sqrt{3}+1}}$ раз.

Черновик (стр. 4)



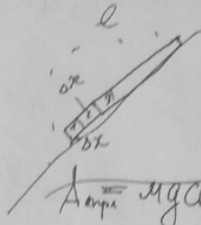
√4



Фокусное расстояние
 линзы - расстояние, на котором
 лучи параллельные ~~к~~ осевым,
 перп. плоскости линзы
 собираются в одну точку
 (для рассеивающей линзы - продол-
 жения этих лучей)
 Оптическая сила равна $\frac{1}{f}$,
 измеряется в диоптриях ($g_{\text{опт}} = \frac{1}{f}$)

√3

E = σ

 $\frac{l}{\sigma x}$ 

$$A_{\text{amp}} = m g \cos L \cdot b$$

$$A_{\text{mp1}} = m m \cdot \frac{\sigma x}{l} \cdot \cos L \cdot l \cdot g$$

$$A_{\text{mp2}} = m m \cdot \frac{\sigma x}{e} \cdot \cos L \cdot (l - \sigma x) g$$

$$A_{\text{mp3}} = m m \cdot \frac{\sigma x}{e} \cdot \cos L \cdot (l - 2\sigma x) g$$

$$A_{\text{mp}} = m m g \cos L \cdot \frac{l}{2} \cdot g$$

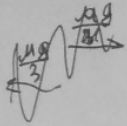
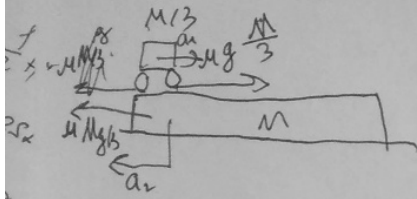
$$A_{Fm} = m g \sin L \cdot l \cdot g$$

$$\frac{m v^2}{2} = A_{Fm} - A_{\text{mp}} \quad \frac{v^2}{2} = v^2 = 2 g l \left(\frac{m g \sin L}{2} - \frac{m \cos L}{2} \right)$$

Черный (стр. 5)

~~$N = F \cdot \frac{m}{2}$~~

$$N = \frac{4}{\delta t} = \frac{F \cdot S_{\text{отн}}}{\delta t} = F_m \cdot v_{\text{отн}}$$



$$a_{\text{отн}} = a_1 + a_2 = \frac{4}{3} g = 4 \text{ м/с}^2$$

$$F_m = \frac{\mu \cdot M g}{3} = \frac{N}{v_{\text{отн}}}$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{3N}{\mu M g} = a_{\text{отн}} \cdot t$$

~~$t = \frac{3N}{\mu M g} = \frac{3 \cdot 81 \text{ Н}}{2 \cdot 16 \cdot 10} = 7.5 \text{ с}$~~

~~$t = \frac{1}{2} \quad S = \frac{3}{8} = 0,375 \text{ м}$~~

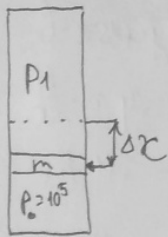
Ответ: 37,5 см

~~$t = \frac{v_{\text{отн}}}{a_{\text{отн}}} = \frac{0,375 \text{ м}}{4} = \frac{3}{32} \text{ с}$~~

~~$S = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} g \cdot \left(\frac{3}{32}\right)^2 = \frac{3 \cdot 9}{8} = \frac{27}{8} = 3,375 \text{ м}$~~

Упущены системы материальных точек - векторная сумма импульсов всех материальных точек. В замкнутой системе импульс замкнутой системы всегда сохраняется.

$$P_0 = 10^5 \text{ Па} \quad m \quad P_0 = 10^5 \text{ Па}$$



$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{V_0 + S \cdot \Delta x}{V_0} \quad \frac{P_0}{P_1} = 1 + \frac{S \cdot \Delta x}{V_0}$$

$$P_0 - P_1 = \frac{mg}{S} = 5000 \quad P_1 = P_0 - 5000 = 85000$$

~~$\frac{P_1 + 5000}{P_1} = 1 + \frac{S \cdot \Delta x}{V_0}$~~

$$\frac{100}{95} = 1 + \frac{0,01 \Delta x}{0,001}$$

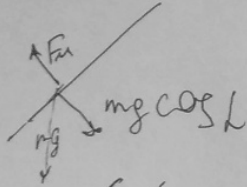
$$\frac{5}{95} = 10 \chi$$

$$\chi = \frac{1}{190} \text{ м}$$

Влажность воздуха - наличие в нём молекул воды относ. влажность - отношение конкретной плотности пара в воздухе к максимально возможной при конкретной температуре. Измеряется в процентах

Криволинейное движение (ч. 6)

Два II кл.

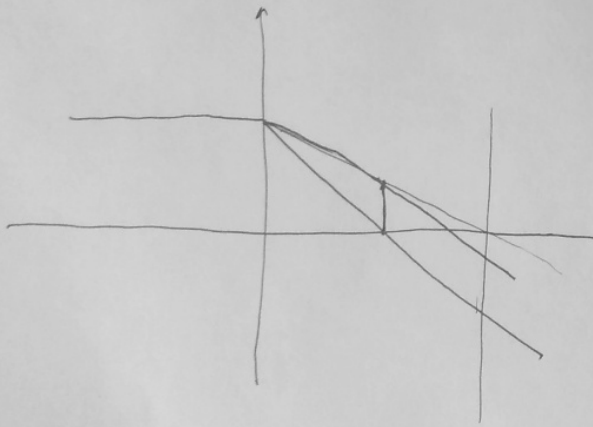


$$A_{mp} = \mu (mg \cos \alpha - F_n) \cdot \frac{l}{2}$$

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

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu \cdot F_n \cdot l}{2mg \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}} = \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{4 \cdot 2 \cdot 2 \left(\sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{4 \cdot 2 \cdot 2 \left(\sin \alpha - \frac{\sqrt{3}}{8} \cos \alpha \right)}}$$



$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} E$$

$$E = \frac{5}{2\epsilon_0}$$

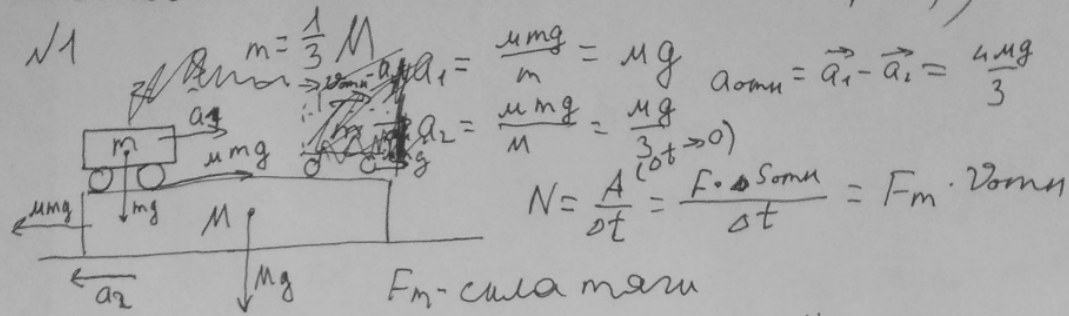
$$F_n = E \cdot q = \frac{5 \cdot 9}{2\epsilon_0} = \frac{5 \cdot 9 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{2} 4$$

$$mg \sin \alpha_{mp} = \mu mg \cos \alpha_{mp}$$

$$\sin 30 = \mu \cdot \cos 30$$

$$\mu = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Рассмотрим систему шариков (смр. 7)



Рассмотрим момент, когда кайса перестанут проскальзывать ($F_m = \mu mg$):

$$v_{\text{ср}} = \frac{N}{F_m} = \frac{N}{\mu mg} \quad ; \quad v_{\text{ср}} = a_{\text{ср}} \cdot t = \frac{4\mu g}{3} \cdot t$$

$$t = \frac{v_{\text{ср}}}{a_{\text{ср}}} = \frac{3N}{\mu mg \cdot 4\mu g} = \frac{3 \cdot 2}{0,3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 10} = \frac{3 \cdot 2}{8 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4} = \frac{1}{2} \text{ c}$$

$$S = \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$\left(l + \frac{2l}{3} + \frac{l}{3} \right) \cdot \frac{1}{3}$$

~~$$l + \frac{3}{4}l + \frac{2}{4}l + \frac{1}{4}l$$~~