



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Исмагилов Амир Эльвирович**

Класс: 11

Технический балл: **86**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9597844

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<b>86</b>
Вопрос	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	

~~Учебник 1~~  
Учебник 1

7.31

Дано:  $M = 3m$ ,  $N = 2B_T$ ,  $\mu = 0,3$ ,  $g = 10 \frac{m}{c^2}$ ;  $X$  - неизменно  
 $n=3$

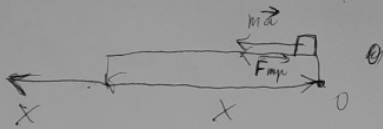
Решение:

1)  $F_{\text{нр max}} = \mu mg$

$a = \frac{F_{\text{нр}}}{3m}$  - ускорение груза

$a = \frac{\mu mg}{3m} = \frac{\mu g}{3}$  (по II закону Ньютона)

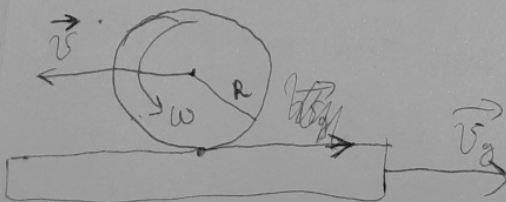
2) перейдем в систему отсчета груза:



$F_{0x} = ma_x + F_{\text{нр}x} = m \cdot \frac{F_{\text{нр}}}{3m} + F_{\text{нр}} = \frac{4}{3} \mu mg$

$a = \frac{F}{m} = \frac{4}{3} \mu g$  - II закон Ньютона

3) масса при контакте завершится



$\omega R - v = v_g$  - (1) - условие на отсутствие проскальзывания

Менее 90

$F < l$

$$\Delta = \delta + \frac{l - F \delta}{F} \quad \delta = \frac{e \sigma}{F}$$

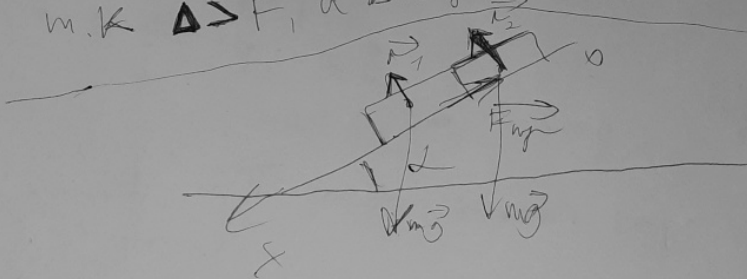
$$F = \frac{20 \cdot 0.5}{1} = 10$$

$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{e}$$

$F > l$

необязательно

м.к  $\Delta > F$ , а  $\Delta$  не является мерой



у.н.  $m g \sin \alpha = \mu N = \mu m g \cos \alpha$

$$\Rightarrow \mu = \tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

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

запишем на тело X  $N_1 = \frac{x}{e} \cdot m g \cos \alpha$

$$N_2 = \frac{l-x}{e} \cdot m g \cos \alpha$$

$$F_{mp} = \mu N_1 = \frac{\mu x}{e} m g \cos \alpha$$

то II закон

$$m g \sin \alpha - \frac{\mu x}{e} m g \cos \alpha = m \frac{d^2 s}{dt^2}$$

$$g (\sin \alpha - \frac{\mu x}{e} \cos \alpha) = \frac{d^2 s}{dt^2} \quad \text{— зависимо от расстояния от начала отсчета}$$

Задача 22.1. Мертвая 11

Условие  
Дано:

$m = 5 \text{ кг}$

$V = 1 \text{ м}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

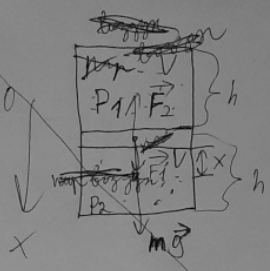
$t = 100^\circ \text{C}$

$P_0 = 10^5 \text{ Па}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$S = 0,01 \text{ м}^2$

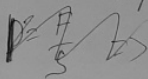
X = ?



$V_1 = V_2 = V$

$P_1 = P_2$  в момент, когда <sup>изменился</sup> ~~изменился~~ <sup>масса</sup> ~~масса~~ <sup>перевернули</sup> ~~перевернули~~ <sup>м.к. При  $t = 100^\circ \text{C} = 10^5 \text{ Па}$</sup>

по II закону Гюамона в момент, когда <sup>изменился</sup> ~~изменился~~ <sup>масса</sup> ~~масса~~ <sup>перевернули</sup> ~~перевернули~~ <sup>м.к.</sup>

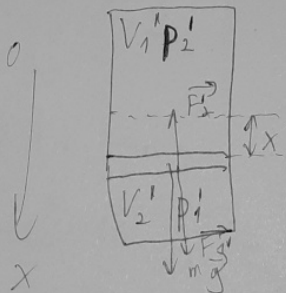


$F_1 = P_1 \cdot S$

$F_2 = P_2 \cdot S$

$ma = P_1 S - P_2 S + mg$

по II закону Гюамона, когда ~~поршень~~ <sup>м.к.</sup> ~~исключается~~ <sup>исключается</sup> ~~ка~~ <sup>ка</sup>



м.к. исключается в равновесии, то

$mg + F_1' = F_2'$

$mg + P_1' S = P_2' S$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

Процесс изотермический  $T = \text{const}$

$\Rightarrow P_1 V_1 = P_1' V_1'$

$P_2 V_2 = P_2' V_2'$

~~$V_1 = h \cdot S$~~   
 ~~$V_2 = h \cdot S$~~   
 ~~$h = \frac{V_1}{S}$~~

$V_1' = S(h+x)$

$V_2' = S(h-x)$

~~Методом~~ Методом 12

$$\frac{mgV^2}{S^2} - mgx^2 - p_0Vx = p_0Vx$$

$$-mgx^2 - 2p_0Vx + \frac{mgV^2}{S^2} = 0$$

$$mgx^2 + 2p_0Vx - \frac{mgV^2}{S^2} = 0$$

Квадратное уравнение по  $x$  с коэффициентом  $x^2$ :

$$a = 2p_0Vx$$

$$D = 4p_0^2V^2 + 4mg \cdot \frac{mgV^2}{S^2} =$$

$$= 4p_0^2V^2 + \frac{4m^2g^2V^2}{S^2}$$

$$x_1 = \frac{-2p_0V + \sqrt{4p_0^2V^2 + \frac{4m^2g^2V^2}{S^2}}}{2mg}$$

$x_2 < 0 \Rightarrow$  не принимаем.

$$x_1 = \frac{-2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} + \sqrt{4 \cdot 10^5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} + \frac{4 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}}{0,01 \cdot 0,01}}}{2 \cdot 5 \cdot 10}$$

$$= \frac{-2 \cdot 10^2 + \sqrt{4 \cdot 10^4 + 100 \cdot 100 \cdot 10^{-5}}}{10}$$

$$= \frac{-200 + \sqrt{10000 + 10000}}{10}$$

~~0,010000~~

0,01

$\frac{25}{1}$

100

40000 + 0,01

40000,001

пределами 0,01

репроблем 13

$$p_1' = \frac{p_1 V_1}{V_1'} = \frac{p_1 V_1}{S(h+x)} = \frac{p_1 V_1}{S(\frac{V_1}{S} + x)}$$

$$p_2' = \frac{p_2 V_2}{V_2'} = \frac{p_2 V_2}{S(h-x)} = \frac{p_2 V_2}{S(\frac{V_2}{S} - x)}$$

$$mg + \frac{p_1 V_1}{S(\frac{V_1}{S} + x)} = \frac{p_2 V_2}{S(\frac{V_2}{S} - x)}$$

$$mg + \frac{p_1 V_1}{\frac{V_1}{S} + x} = \frac{p_2 V_2}{\frac{V_2}{S} - x}$$

$$mg + \frac{p_1 V_1}{\frac{V_1}{S} + x} = \frac{p_2 V_2}{\frac{V_2}{S} - x}$$

$$mg(\frac{V_1}{S} + x) + p_1 V_1 = \frac{p_2 V_2 (\frac{V_1}{S} + x)}{\frac{V_2}{S} - x}$$

$$mg(\frac{V_1}{S} + x)(\frac{V_2}{S} - x) + p_1 V_1 (\frac{V_2}{S} - x) = p_2 V_2 (\frac{V_1}{S} + x)$$

$$mg(\frac{V_1}{S} + x)(\frac{V_2}{S} - x) + p_1 V_1 (\frac{V_2}{S} - x) = p_2 V_2 (\frac{V_1}{S} + x)$$

$$mg(\frac{V_1 V_2}{S^2} - x^2) + p_1 V_1 (\frac{V_2}{S} - x) = p_2 V_2 (\frac{V_1}{S} + x)$$

$$\frac{mgV_1 V_2}{S^2} - mgx^2 + \frac{p_1 V_1 V_2}{S} - p_1 V_1 x = \frac{p_2 V_2 V_1}{S} + p_2 V_2 x$$

$$m. \left. \begin{array}{l} p_1 = 10^5 \text{ Па} \\ p_2 = 10^5 \text{ Па} \end{array} \right\} \Rightarrow p_1 = p_2 = p_0 \quad \frac{mgV_1 V_2}{S^2} - mgx^2 + \frac{p_0 V_1 V_2}{S} - p_0 V_1 x = \frac{p_0 V_2 V_1}{S} + p_0 V_2 x$$

сентябрь 14

 ~~$\frac{1}{2} \sin(2)$~~ 

Сила тяжести ...

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

$$\Delta \Phi = E a$$

$$\frac{3 \cdot 4}{8 \cdot 0,3 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10} = \frac{9 \cdot 4}{8 \cdot 2} = 4,5$$

 ~~$x = \frac{3N^2}{8 \cdot 4 m^2 g}$~~ 

~~$$x = \frac{3N^2}{8 \cdot 4 m^2 g} = \frac{3 \cdot N^2}{8 \cdot 0,3 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10}$$~~

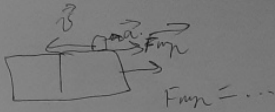
~~$$\frac{27}{8 \cdot 3} = \frac{9}{8} \text{ м}$$~~

1,125

$$\begin{array}{r}
 1 \overline{) 8} \\
 \underline{0} \phantom{0} \\
 70 \phantom{0} \\
 \underline{80} \\
 20 \\
 \underline{16} \\
 40
 \end{array}$$

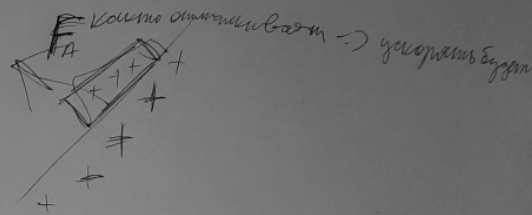


11: методом 15



$a = \frac{F_{op}}{3M} = \dots$  по II закн

2) в гравитацио С0



$$\sqrt{1 + \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0.2}}$$

$$\frac{9 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 \cdot 0.2}$$

$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 49 \\ \hline 441 \\ 196 \\ \hline 21861 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 49 \\ \times 49 \\ \hline \end{array}$$

~~1000000~~  $\frac{218600}{91000000}$

$$\frac{10^9 \cdot 9300}{218600}$$

$$\sqrt{1 + \frac{1}{21860}} = \sqrt{\frac{218610}{218600}}$$

$$\approx \sqrt{\dots}$$

репродукция 16



непр. контакт:

$$P = \sum_{i=1}^N \vec{P}_i = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i$$

ЗЧУ  $\Rightarrow$  норм. век., координаты при сдвиге центра масс

Вращение .....  $\Rightarrow$   $\vec{M}$   $\vec{v}$   $\vec{r}$

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

задача 2.

4) мощность идет на увеличение кинетической энергии системы и на работу против сил трения

$$N = \omega \cdot M = \mu mg \cdot R \cdot W.$$

$$W \cdot R = \frac{N}{\mu mg}$$

пока условие 1:  $\frac{N}{\mu mg} = v_g + v$

$$v_g + v = v_{\text{отн}}$$

$$x = \frac{v_{\text{отн}}^2}{2a_{\text{отн}}} = \frac{v^2}{2 \cdot \frac{1}{3} \mu g} = \frac{\left(\frac{v^2}{\mu m^2 g^2}\right)}{2 \cdot \frac{1}{3} \mu g} = \frac{3v^2}{8 \mu m^2 g}$$

$$m = \frac{M}{n} = \frac{1}{3} \text{ кг} \Rightarrow x = \frac{g}{8} \mu = \frac{1}{8} \mu = 1,125 \mu \quad x = \frac{3 \cdot 4}{8 \cdot 0,3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10} = \frac{9}{2} \mu = 4,5 \mu$$

Ответ: ~~1,125 м~~ 4,5 м

Полный импульс системы материальных точек, равен сумме импульсов всех частиц

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n \vec{P}_i$$

$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{v}_i \cdot m_i$  - импульс  $i$ -той частицы, тогда

$$\vec{P} = \sum m_i \vec{v}_i$$

$$\vec{P} = \sum m_i \vec{v}_i = m \vec{v}_c$$

$\vec{v}_c$  - скорость центра масс

Закон сохранения импульса:

сумма импульсов частиц, составляющих систему, есть величина постоянная, если векторная ~~сумма~~ <sup>сумма</sup> внешних сил равна нулю.

Учебник 3  
2.2.1

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V = 10^{-3} \text{ м}^3$$

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

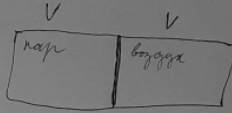
$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

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

X = ?

Решение:

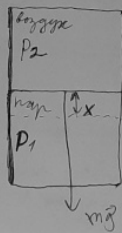
1)



$P_1 = P_2$  (условие равновесия), т.к. нагр нагревается,  
то  $P_1 = P_0 \Rightarrow P_2 = P_0$

$P_0 V = \nu R T$  (уравнение состояния)

2)



$$P_0 = P_1$$

нагр нагревается, часть нагр конденсируется  
условие равновесия:

$$P_1 S - P_2 S = mg$$

$$P_2 \cdot (V + XS) = \nu R T = P_0 V \text{ — газ воздуха}$$

$$P_0 S - \frac{P_0 V S}{V + XS} = mg$$

$$P_0 S \left( \frac{V + XS - V}{V + XS} \right) = mg$$

$$\frac{XS \cdot P_0 S}{mg} = V + XS \frac{P_0 S}{mg}$$

$$XS \left( \frac{P_0 S}{mg} - 1 \right) = V$$

$$X = \frac{V}{S \left( \frac{P_0 S}{mg} - 1 \right)}$$

$$X = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^2 \cdot \left( \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 5 \text{ кг}} - 1 \right)}$$

$$X = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^2 \cdot \left( \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2}{2 \cdot 5 \text{ кг}} - 1 \right)} = 5,3 \text{ мм}$$

$$X_{\frac{1}{2}} = \frac{V}{S} = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^2} = 100 \text{ мм}$$

$X < X_{\frac{1}{2}}$  (то есть пар будет)

$$X = 5,3 \text{ мм}$$

Ответ: 5,3 мм

Теоретический вопрос:

Влажность — величина, характеризующая содержание водяных паров в объеме газа

Относительной влажность:  $\sigma = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$  — на сколько пар

ближе к насыщенному давлению паров (парциальные)

$p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного паров.

Абсолютная влажность — плотность водяного пара в воздухе

ч. 3-1.

Дано:

$$l = 20 \text{ см}$$

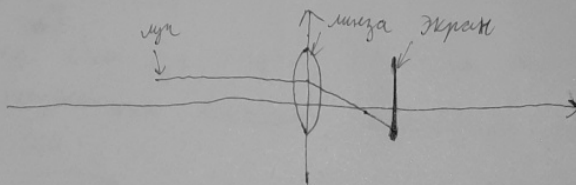
$$b = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

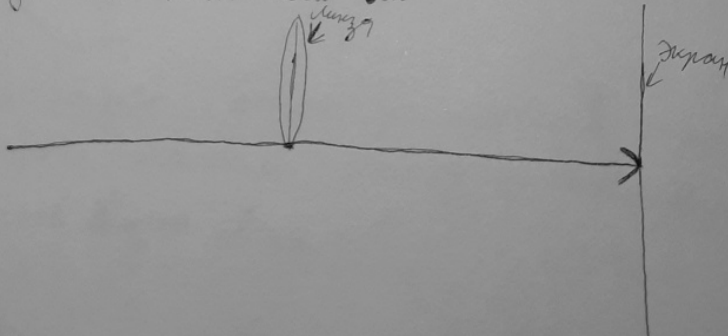
F = ?

Решение:

$$1) ] F < l = 20 \text{ см}, \text{ то}$$

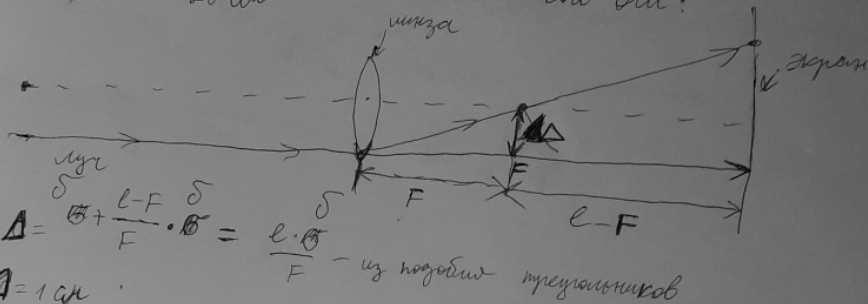


по условию задачи, видно, предполагается, что луч сначала движется по оптической оси



листочки 5  
 Совместим линзу перпендикулярно оптической оси:

1)  $F < l = 20 \text{ см}$



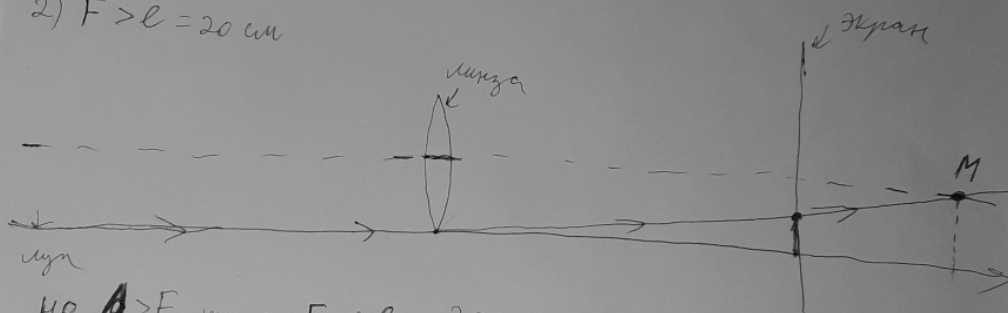
$$\Delta = \delta + \frac{l-F}{F} \cdot \delta = \frac{l \cdot \delta}{F} \quad \text{— из подобия треугольников}$$

$\Delta = 1 \text{ см}$

$\delta = 0,5 \text{ см}$

$l = 20 \text{ см}$ , тогда  $F = \frac{l \cdot \delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$

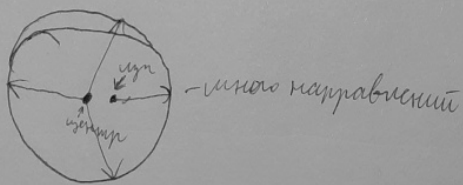
2)  $F > l = 20 \text{ см}$



но  $\Delta > F$ , тогда  $F < l = 20 \text{ см}$

Ответ:  $F = \frac{l \cdot \delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$

Примечание: если луч, падая не вдоль ~~на~~ оптической оси, то по условию остается неизвестным в каком направлении сместить линзу перпендикулярно оптической оси



Теоретический вопрос: фокусное расстояние  $F$  тонкой линзы — это расстояние от главной точки оптической системы до соответствующего фокуса — куда собираются параллельный пучок света.

Методы 7.

№ 3.5

Дано:

$$n = 0,16$$

$$d_{\text{пр}} = ?$$

$$b = 3,0 \text{ см}$$

$$r = 3,0$$

$$q = ?$$

$$E_0 = ?$$

$$g = 1$$

$$\frac{v_2}{v}$$

Методы 6

Оптическая сила — величина, характеризующая преломляющую способность линзы

$$D = \frac{1}{f}$$

~~$D = \frac{1}{f}$~~ , измеряется в диоптриях

через формулу тонкой линзы:  $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Условие 7.

2)  $\mu = 3,5, 1.$ 

Дано: Решение

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{нр}} = 30^\circ$$

$$3) \sigma = 3,5 \frac{\text{мкВ}}{\text{м}^2}$$

$$= 3,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{В}}{\text{м}^2}$$

$$q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

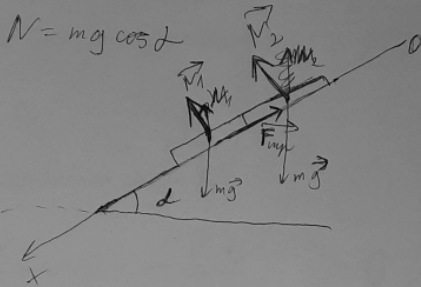
$$E_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

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

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

коэф. трения: 1)  $\mu = 0$  на гладкой,  $\mu$  на шероховатой; но задано  $g$  на  $\alpha$

$$N = mg \cos \alpha$$



Условие трения вызывается:

$$\mu = \tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3} < 1$$

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

2) ] масса закреплена на шероховатую поверхность на  $X$ , тогда  $N_1 = \frac{X}{l} \cdot mg \cdot \cos \alpha$

$$N_2 = \frac{l-X}{l} \cdot mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 = \frac{\mu \cdot X}{l} \cdot mg \cos \alpha$$

По II закону Ньютона:

$$mg \sin \alpha - \frac{\mu \cdot X}{l} \cdot mg \cos \alpha = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot \frac{d^2 s}{dx} \cdot v$$

$$g \cdot \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cdot X}{l} \cos \alpha \right) = \frac{v dv}{dx}$$

$$g \left( \sin \alpha - \frac{X}{l} \cdot \sin \alpha \right) = \frac{v dv}{dx}$$

$$g \sin \alpha -$$

$$g \left( 1 - \frac{X}{l} \right) \cdot \sin \alpha = \frac{v \cdot dv}{dx}$$



$$v_2^2 = g \cdot \sin \alpha \left( l - \frac{e^2}{2e} \right) = \frac{g \sin \alpha \cdot l}{2}$$

$$v_1^2 = g \cdot \sin \alpha \cdot l$$

3) если масса груза пренебрежимо мала, то

$$E = \frac{\sigma \cdot l}{2 \epsilon_0} - \text{напряженность электрического поля}$$

$$\Delta F = E \cdot q$$

$$\frac{\sigma \cdot q}{2 \epsilon_0} - \text{сила тяжести } N$$

$$N = \frac{m g \cdot X}{e} \cdot \cos \alpha = \frac{\sigma \cdot q}{2 \epsilon_0} > 0$$

$$\frac{m \cdot v \cdot dv}{dx} = mg \left( \sin \alpha - \frac{m g \cdot X \cdot \cos \alpha}{e} \right) + \frac{\mu \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0} \cdot \frac{X}{2}$$

$$v \cdot \frac{dv}{dx} = g \cdot \sin \alpha \left( 1 - \frac{X}{e} \right) + \frac{\mu \cdot \sigma \cdot q}{2 m \epsilon_0} \cdot \frac{X}{2}$$

$$\frac{v^2}{2} = g \cdot \sin \alpha \left( 1 - \frac{X}{e} \right) + \frac{\mu \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0 m}$$

$$\frac{v_2^2}{2} = g \cdot \sin \alpha \cdot l \cdot \frac{1}{2} + \frac{\mu \cdot \sigma \cdot q \cdot l}{2 m \epsilon_0 \cdot 2}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu \sigma q l}{\epsilon_0 m g \sin \alpha \cdot l \cdot 2}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6} (\text{мкФ}^2 \cdot \frac{1}{\text{м}^2})}{g \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot 10930 \cdot 2}} = 1,26$$

Ответ: в 1,26 раз.

Теоретический вопрос: Энергоемкость системы из двух проводников

$$C = \frac{q}{\Delta \varphi}; \quad q - \text{заряд на проводнике, } \Delta \varphi - \text{разность потенциалов}$$

число 9

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

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

при введении диэлектрика,  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

*Оценки  
не учтены  
2022*

Председателю апелляционной комиссии олимпиады школьников "Ломоносов" Ректору МГУ имени М. В. Ломоносова академику В. А. Садовничему от ученика 11 класса МОУ Лицея №4 г. Дмитрова, Дмитрия Алексеевича Исаева.

Апелляция

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы (81 балл) за мою работу заключительного этапа по Физике, поскольку считаю, что за первую задачу должно стоять больше баллов. Верно написано условие на относительную скорость в момент проскальзывание. Кроме того, верно был совершён переход в не ИСО, это равносильно записанному ЗСИ и условию на смещение доски и автомобиля относительно начального положения.

Дата: 25.03.2022

Подпись: *Исаев Д*