



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Сидорчук Максим Евгеньевич**

Класс: 11

Технический балл: **79**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9326243

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>5</i>	<b>79</b>
Вопрос	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	

# ЧИСТОВИК №1

## Задача 1.3.1

Дано:  
 $M = 1 \text{ кг}$   
 $n = 3$   
 $N = 2 \text{ Вт}$   
 $\mu = 0,3$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Найти:  
 $x = ?$

1) Пусть  $V_M$  - конечная скорость машинки отн. земли, а  $V_D$  - доски  
~~ЗСЧ~~  
 По ЗСЧ:  

$$\frac{M}{n} \cdot V_M - M \cdot V_D = 0 \Rightarrow V_D = \frac{V_M}{n}$$

2) Для прекращения проскальзывания необходимо выполнение условия:  

$$N = \mu \frac{M}{n} g \cdot (V_M + V_D) = \mu \frac{M}{n} g \cdot \frac{n+1}{n} V_M \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_M = \frac{N \cdot n^2}{\mu M g (n+1)}$$

3) При условии, что ускорение машинки  $a = \mu g$ , то:

$$\begin{cases} V_M = at \\ x = \frac{at^2}{2} \end{cases} \leftarrow \text{т.к. } V_{\text{нач.}} = 0 \Rightarrow x = \frac{V_M^2}{2a} = \frac{N^2 \cdot n^4}{2 \cdot \mu^3 g^3 \cdot M^2 \cdot (n+1)^2} = \frac{3}{8} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{3}{8} \text{ м}$

Ответ на Вопрос №1:

Импульс системы <sup>мат.</sup> точек равен векторной сумме импульсов всех точек.

ЗСЧ: ~~В~~  $\sum mV = \text{const}$  - суммарный импульс

замкнутой системы - константа

# Ч И С Т О В И К N 2

Задача N 2.2.1

Дано:

$$V = 7 \text{ л} = 0,007 \text{ м}^3$$

$$m = 5 \text{ кг}$$

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

$$T = 273 + t = 373 \text{ K}$$

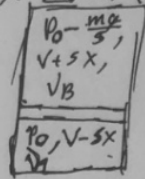
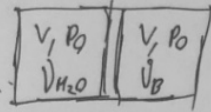
$$S = 0,07 \text{ м}^2$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

Найти:

$$x = ?$$



$$T = \text{const}$$

1) ~~Рис~~  $P_{\text{нас}} = P_0$  при  $t = 100^\circ \text{C}$  ~~и т.д.~~

2) В результате процесса часть воды конденсируется и давление пара становится приемным. По 3-му Менделеева-Клапейрона для воздуха:

$$P_0 V = \nu_B R T$$

$$\left(P_0 - \frac{mg}{5}\right)(V + 5x) = \nu_B R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(P_0 - \frac{mg}{5}\right)(V + 5x) = P_0 V$$

$$P_0 V + P_0 \cdot 5x - \frac{mg}{5} \cdot V - mgx = P_0 V$$

~~$$P_0 \cdot 5x = \frac{mg}{5} V - mgx$$~~

~~$$x = \frac{mg}{P_0 \cdot 5} \left(\frac{V}{5} + 1\right) =$$~~

$$x(P_0 \cdot 5 - mg) = \frac{mgV}{5}$$

$$x = \frac{mgV}{5(P_0 \cdot 5 - mg)} = \frac{1}{190} \text{ м} \quad \text{Ответ: } x = \frac{1}{190} \text{ м}$$

Ответ на вопрос N 2: влажность - масса пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

~~или~~ Отн. влажность - ~~это~~ отношение давления пара к давлению пар. пара для данной ~~из~~ темп.

# ЧИСТАВИК N3

## Задача N 3.5.1

Дано:

$$m = 100 \mu\text{г} = 0,1 \text{мг}$$

$$l_{\text{пр}} = 30^\circ$$

$$\sigma = +3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

$$q = +3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

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

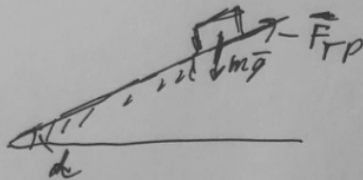
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$\frac{V_1}{V_2} = ?$$

Пусть  $l$  - длина пластинки,  $d$  - угол наклона пластинки.

1) Рассмотрим случай без зарядов:



~~Вывод: в случае l-массе равна пластинки.~~

$$mg \sin d + \mu mg \cos d \cdot l = \frac{mv_1^2}{2}$$

~~Вывод~~

Т.к. сила  $F_{\text{ГП}}$  зависит от площади

перпендикуляр пластинки и проекции части, и зависит от

от 0 до  $\mu mg \cos d$ , то  $F_{\text{ГП}} = \frac{1}{2} \cdot \mu mg \cos d$

ЗЛТ:

$$mg \sin d + \frac{1}{2} \mu mg \cos d \cdot l = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$V_1 = \sqrt{2l(2 \sin d + \mu \cos d)}$$

2) Случай с зарядами:

Работа силы кулона будет  $q$ , т.к. она перпендикулярна ~~к~~ перемещению.  $F_{\text{ГП}} = \mu \left( mg \cos d - \frac{q \cdot \sigma}{2 \epsilon_0} \right)$

ЗЛТ:

$$mg \sin d + \frac{1}{2} \mu l \left( mg \cos d - \frac{q \cdot \sigma}{2 \epsilon_0} \right) = \frac{mv_2^2}{2}$$

ЧИСТАВИК НЧ

$$V_2 = \sqrt{\frac{mgl(2\sin\alpha + \mu\cos\alpha) + \frac{\mu \cdot q \cdot b}{2\epsilon_0}}{m}}$$

Найдем  $\frac{V_2}{V_1}$ :

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{qL(2\sin\alpha + \mu\cos\alpha) + \frac{\mu \cdot q \cdot b}{m \cdot 2\epsilon_0}}{qL(2\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} = \sqrt{1 + \frac{\mu \cdot q \cdot b}{m \cdot 2\epsilon_0 \cdot qL(2\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} =$$

$$\stackrel{\alpha = \alpha_{\text{др.}}}{=} \sqrt{1 + \frac{\mu \cdot q \cdot b}{q \cdot (1 + \mu \frac{\sqrt{3}}{2}) \cdot m \cdot 2\epsilon_0}}$$

3) Из условия:

$$mg \cdot \cos\alpha_{\text{др.}} \cdot \mu = mg \cdot \sin\alpha_{\text{др.}}$$

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

$$9) \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot (1 + \frac{1}{2}) \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 9 \cdot 10^{-22}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3} + 1}{\sqrt{3}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3} + 1}}$$

$$\text{Ответ: } \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3} + 1}}$$

~~Ответ на вопрос НЧ: Электроёмкость ~~катушки~~ заряда, внешней конд., на~~

Ответ на вопрос НЧ: Электроёмкость - мера ~~вместимости~~ вместимости конд.,  $C = \frac{q}{U}$ , где  $q$  - заряд на обкладке, а  $U$  - напряжение на конденсаторе

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \text{ где } \epsilon - \text{проницаемость материала между}$$

обкл.,  $S$  - их площадь,  $d$  - расст. между ними.

ЧИСТОВА И К Н 5  
Задача № 4.3.1

Дано:

$$l = 20 \text{ см}$$

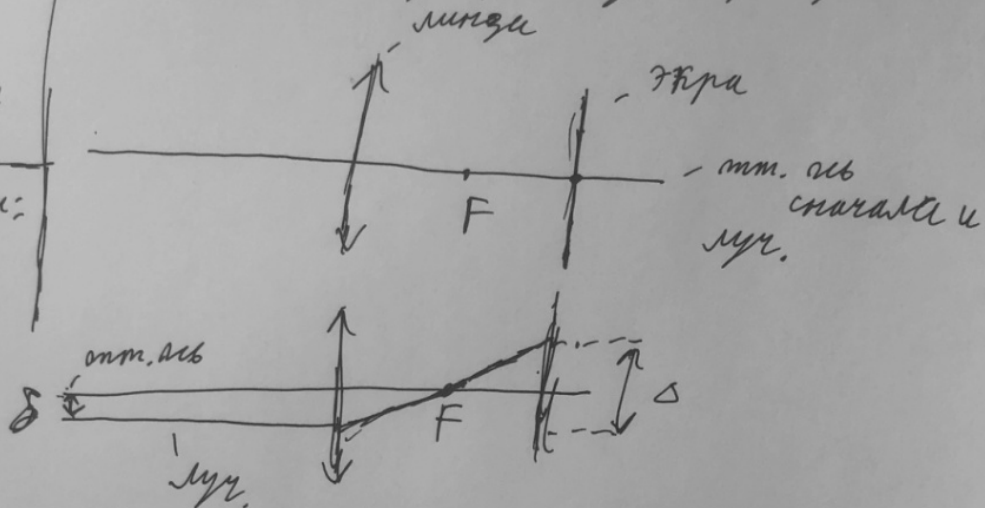
$$\delta = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

Найти:

$$f = ?$$

Рассмотрим ход луча в центре пучка:



из подобия треугольников:

$$\frac{\delta}{f} = \frac{\Delta}{l} \Rightarrow f = \frac{\delta l}{\Delta} = 10 \text{ см}$$

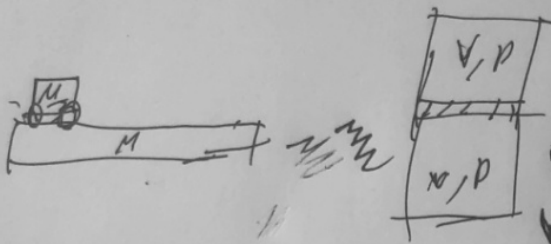
Ответ: 10 см

Ответ на вопрос № 4: Фокусное расстояние - это расстояние от линзы в которое соберётся параллельный пучок света, попавший на линзу.  $F > 0$  - собир.,  $F < 0$  - рассеив.

Оптическая сила (D) - единица делить на F

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

ЧЕРНОВИК



$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T \\ (p_0 - \frac{mg}{S})(2V - V_1) = \nu R T \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \nu p_0 &= \nu R T \\ \nu p_0 &= \nu R T \\ \nu_1 &= \nu_2 = \nu = \frac{\nu p_0}{R T} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} p_0 V_1 = \nu R T \\ (p_0 - \frac{mg}{S})(2V - V_1) = \nu R T \end{cases}$$

$$10^5 - \frac{50}{0,01}$$

$$\frac{95000}{95000} \cdot (2V - V_1) = \nu R T$$

$$2V - V_1 = \frac{\nu R T}{95000}$$

$$V_1 = 2V - \frac{\nu R T}{95000}$$

$$V_1 = 2V - \frac{\nu p_0}{95000}$$

$$V_1 = 2 - 1 \cdot \frac{10^5}{95}$$

$$V_1 = \frac{90}{95} \text{ м}^3$$

$$V_1 = \frac{99}{95000} \text{ м}^3$$

$$\Delta V = \frac{5}{95000}$$

$$\Delta X = \frac{5}{950} \text{ м} = \frac{1}{190} \text{ м}$$

$$\frac{950}{5} \left| \frac{5}{45} \right| 190$$

$$\frac{5 \cdot 10}{70 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 2} \left( \frac{10^5}{10^5} + 1 \right) = \frac{5}{10^2} \cdot 1,9 =$$

$$= \frac{5 \cdot 1,9}{1000} = \frac{55}{1000} =$$

$$= 0,055$$

$$h = \frac{0,001}{0,01} = 10 \text{ см}$$

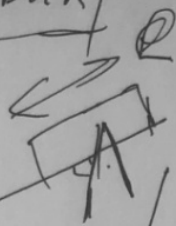
$$X(p_0 S - mg) = \frac{mg}{S} V$$

$$X = \frac{mg V}{S(p_0 S - mg)} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 0,10}{10^{-2} (10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10)}$$

$$= \frac{5}{10^3 - 50} = \frac{5}{950}$$



(ЧЕРНОВИК)



$$1) 0 \rightarrow \mu mg \cos \alpha$$

$$A = l \cdot \frac{\mu mg \cos \alpha}{2} = \frac{l \mu mg}{4}$$

2) ~~1~~

$$A = l \left( \frac{\mu mg \cos \alpha}{2} - \right)$$

$$A = l \cdot \frac{\mu}{2} (mg \cos \alpha - \frac{6q}{2\epsilon_0})$$

~~mg \sin \alpha~~

$$\left( \frac{mg}{2\epsilon_0} \cos \alpha \right) \sin \alpha =$$

$$\mu mg \cos 30 = mg \sin 30$$

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

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

$$\frac{6}{2\epsilon_0}$$

$$mgh - \frac{l \mu mg}{4} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$h = l \sin \alpha$$

$$gl \sin \alpha - \frac{l g}{4} = \frac{v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gl \left( \sin \alpha - \frac{1}{4} \right)}$$

$$mgl \sin \alpha - l \frac{\mu}{2} (mg \cos \alpha - \frac{6q}{2\epsilon_0}) = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_2 = \sqrt{2gl \sin \alpha - l \frac{\mu}{2} (mg \cos \alpha - \frac{6q}{2\epsilon_0})}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2gl \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}{2gl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \frac{6q}{2\epsilon_0}}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{2gl \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}{2gl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + \frac{6q}{2\epsilon_0}}{2gl \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}}$$

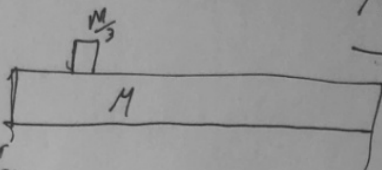
$$mgl \sin \alpha - \frac{l \mu mg \cos \alpha}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$gl \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right) = \frac{v_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gl \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right)}$$

ЧЕРМОВИК

~~Сделано~~



$N = F_{\text{норм}} \checkmark$

$F = \frac{\mu mg}{N}$

$\sqrt{k} = \frac{N}{\mu mg}$

$a = \mu g$

$v_M = \frac{3\sqrt{g}}{3}$

$v_M + \frac{v_M}{3} = \frac{N}{\mu mg}$

$v_M = \frac{3N}{4\mu mg}$

$\frac{1}{6} v_M^2 = \mu mg X$

$\frac{9N^2}{16 \cdot 6 \cdot \mu^2 m^2 g} = \frac{\mu g X}{3}$

$F = \frac{\mu mg}{3}$   
 $v_M + \frac{v_M}{3} = \frac{3N}{\mu mg}$   
 $v_M = \frac{9N}{4\mu mg}$   
 $a = \frac{\mu g}{3}$

~~Сделано~~

$2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{3}{8} \mu$

$V = at \quad t = \frac{V}{a}$   
 $X = \frac{at^2}{2} = \frac{a \cdot \frac{V^2}{a^2}}{2} =$

$= \frac{V^2}{2a}$

УФРНО ВУК

$$1) A_{\text{тп}} = \frac{l}{2} \mu mg \cos \alpha$$

$$2) mgl \sin \alpha - \frac{l}{2} \mu mg \cos \alpha = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$2) A_{\text{тп}} = \frac{l}{2} (\mu mg \cos \alpha - \frac{6 \cdot 9}{2 \epsilon_0}) = \frac{F_e}{2}$$

$$mgl \sin \alpha - \frac{l}{2} (\mu mg \cos \alpha - \frac{F_e}{2}) = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$2gl \sin \alpha - l(\mu g \cos \alpha - \frac{F_e}{m}) = V_2^2$$

$$\left[ \text{напо } \frac{V_1}{V_2} \right]$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{F_e}{m}}{2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}}$$

$$= \sqrt{1 + \frac{F_e}{m(2gl \sin \alpha - \mu g \cos \alpha)}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

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

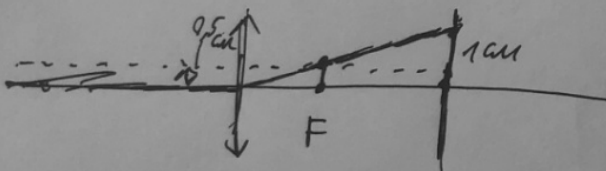
$$= \sqrt{1 + \frac{F_e}{m(2gl \sin \alpha - \frac{1}{\sqrt{5}} \mu g \cos \alpha)}}$$

$$d = 30$$

$$\sqrt{1 + \frac{2F_e}{mg}}$$

$$\sqrt{2 + \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^8}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-22} \cdot 0,1 \cdot 10}} =$$

$$= \sqrt{2} \quad \left[ \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \right]$$



$$\frac{35}{F} = \frac{1}{L}$$

$$F = \frac{L}{2} = 10$$