



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Юрчиков Иван Олегович**

Класс: 11

Технический балл: **80**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9661248

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<b><i>80</i></b>
Вопрос	<i>8</i>	<i>5</i>	<i>7</i>	<i>5</i>	

Чистовик. Лист 1. | ш 1. 3.1

Вариант 2.

Теор. вопрос. Импульс системы материальных точек равен векторной сумме импульсов каждой отдельной точки.  $\vec{P} = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i$ .

Закон сохранения импульса: Если система материальных точек замкнута или векторное суммарное внешнее действие на систему равно 0, то импульс системы сохраняется.

Задача 1.3.1

Дано:

$$M = 1 \text{ кг}$$

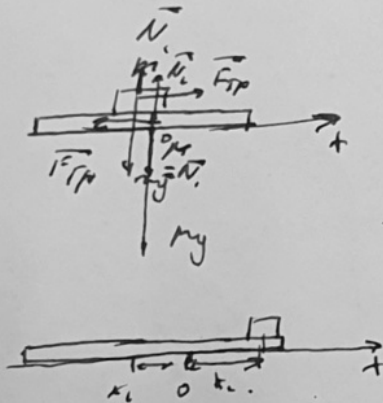
$$N = 2 \text{ ВТ}$$

$$n = 3$$

$$m = \frac{M}{n}$$

$$\mu = 0.3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



Решение:  
При увеличении скорости зуммирования автомобиль движется быстрее за счет силы трения скольжения.

При увеличении скорости зуммирования возможность зуммирования трения как на контакте колеса с дорогой, так и на проскальзывании колёс.

В момент прекращения зуммирования все мощность расходуется на поступательное движение. Скорость в этот момент обозначим как  $v$ , силу трения  $F_{тр} = \mu N = \mu mg$

$$= \frac{\mu Mg}{n}$$

Условие. Лист 2 | Тогда  $N = v_i \cdot F_{TP} =$

$$= v_i \cdot \frac{\mu M g}{n} \Rightarrow v_i = \frac{N \cdot n}{\mu M g}$$

Запишем второй 3-й закон Ньютона для гошки  
и автомобиля (вдоль оси  $Ox$ ).

$$m a_1 = F_{TP} \Rightarrow \frac{M}{n} a_1 = \frac{\mu M g}{n} \Rightarrow a_1 = \mu g \text{ (автомобиль)}$$

$$M a_2 = -F_{TP} \Rightarrow M a_2 = -\frac{\mu M g}{n} \Rightarrow a_2 = -\frac{\mu g}{n} \text{ (гошка)}$$

Если начальная скорость автомобиля  
равна 0, то в момент  $t_1$  остановки произойдет  
-ние  $v_1 = a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{n N}{\mu M g} \cdot \frac{1}{\mu g} = \frac{n N}{M (\mu g)^2}$

Смещение автомобиля  $x_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{n^2 N^2}{2 M^2 (\mu g)^3}$

гошки  $x_2 = \frac{a_2 t_1^2}{2} = -\frac{N^2}{2 M^2 (\mu g)^3}$

Тогда  $x = x_1 + x_2 = \frac{N^2}{2 M^2 (\mu g)^3} (n^2 - 1) = \frac{N^2 n (n+1)}{2 M^2 (\mu g)^3}$

$$x = \frac{2^2 \cdot 3 \cdot 4}{2 \cdot (1)^2 \cdot (0.3 \cdot 10)^3} \text{ м} \approx 0.89 \text{ м}$$

Ответ:  $x = \frac{N^2 (n+1) n}{2 M^2 (\mu g)^3} \approx 0.89 \text{ м}$

Числовик. Мст 31

Задача 2.2.1.1 | Вопрос. ~~Излучение~~ ~~от~~ ~~горячей~~ ~~поверхности~~ ~~горячей~~ ~~поверхности~~

Влажность воздуха вызывает ~~от~~ турбулентное движение воздуха в трубе. Относительной влажностью воздуха называют отношение парциального давления водяного пара в воздухе к давлению насыщенного пара при данной температуре.

Задача.

Дано

$$m = 5 \text{ кг}$$

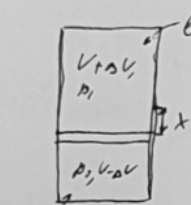
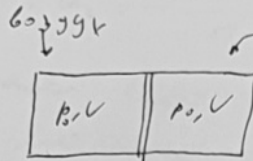
$$V = 10^{-3} \text{ м}^3$$

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

$$S = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$\gamma = 10 \text{ м/с}$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$



Решение:

Давление

насыщенного пара

при  $t = 100^\circ \text{C}$  равно

$p_0$ .

После переворота

горячей поверхности

направится вверх.

П.и. давление на пор

увеличится, то часть пара

испарится, пока давление

пара вновь не станет равным  $p_0$ .

Пусть конечное давление воздуха  $p_1$ .

Тогда создаст дополнительное давление

$$\Delta p = \frac{mg}{S};$$

$$p_1 + \Delta p = p_0 \Rightarrow p_1 = p_0 - \frac{mg}{S}$$

Температура воздуха не изменилась, так как с воздухом происходят изотермические процессы.

Числовый лист 4

$$\text{Плотность } \rho_0 V = \rho_1 (V + \Delta V) =$$

$$= \left( \rho_0 - \frac{m\gamma}{S} \right) (V_T + xS)$$

$$\rho_0 V = \rho_0 V - \frac{m\gamma V}{S} + x(\rho_0 S - m\gamma)$$

$$x = \frac{m\gamma V}{(\rho_0 S - m\gamma) S}$$

$$x = \frac{5 \text{ кг} \cdot 10^{-4} \text{ с/с} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{(10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 - 5 \text{ кг} \cdot 10^{-4} \text{ с/с}) \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} \approx 5.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Ответ:  $x = \frac{m\gamma V}{(\rho_0 S - m\gamma) S} \approx 5.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Задачи 3.5.1.

Вопрос. Емкостью проводника называют отношение заряда проводника, к его потенциалу.

Емкостью конденсатора называют отношение модуля заряда пластин конденсатора к разности потенциалов между его обкладками.

Емкость плоского конденсатора  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ , где  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды между обкладками,  $S$  - площадь обкладок,  $d$  - расстояние между обкладками.

Даны:

$$m = 0.1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{нр}} = 30^\circ$$

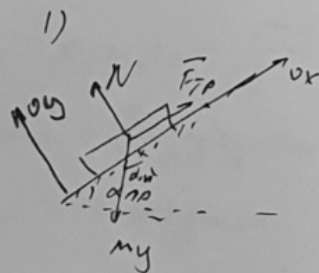
$$G = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

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

$$\gamma = 10^{-4} \text{ с/с}$$

$$\frac{v_L}{v_i} = ?$$



## Угоровеки, Ауст 51

Игетс целен  $F = \alpha x$ , тонге пулора трай целен

$$A = \int_0^L \alpha x dx = \frac{\alpha L^2}{2}. \text{ Давел тфо бйгер}$$

устрензобуко.

1. Брусон дерит на пелуокане келуокане.

Ок келуокане  $\Rightarrow N - mg \cos \alpha_{np} = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha_{np}$ .

$$mg \sin \alpha_{np} - F_{fp} = 0 \Rightarrow mg \sin \alpha_{np} = \mu mg \cos \alpha_{np}$$

$$\mu = \tan \alpha_{np}$$

2. Брусон ке зуремел.

Игетс пурелитане пурелитане

$$\text{келуокане } \rho = \frac{m}{L}$$

$$\text{Итсуге } N_1 = m_1 g \cos \alpha_{np} = \frac{mg}{L} \cos \alpha_{np} x.$$

~~$$m \alpha x - mg \sin \alpha_{np} F_{fp} = mg \sin \alpha_{np} - \mu \frac{mg \cos \alpha_{np}}{L} x$$~~

~~$$F_{fp} = - \mu N_1 = - \frac{\mu mg \cos \alpha_{np}}{L} x$$~~

$$F_{fp} = - \mu N_1 = - \frac{\mu mg \cos \alpha_{np}}{L} x$$

$$\text{Дел трай целен } \alpha = - \frac{\mu mg \cos \alpha_{np}}{L}$$

$$\frac{m}{2} v_1^2 = mg L \sin \alpha_{np} + \frac{\alpha}{2} L^2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{2g L \sin \alpha_{np} + \frac{\alpha}{m} L^2}$$

$$v_1 = \sqrt{2g L \sin \alpha_{np} + \mu g L \cos \alpha_{np}}$$

$$\text{Ит.к } \mu = \tan \alpha_{np} \Rightarrow v_1 = \sqrt{g L \sin \alpha_{np}}$$



Через бук. лист 6. |

3) Пыль равномерно заряжена электрическим  
шаром. Линейная плотность заряда неизвестна.

$$V = \frac{q}{L} \quad E = \frac{C}{2\epsilon_0}$$



$$\begin{aligned} N_1 &= mg \cos \alpha_{np} - qE = \\ &= mg \cos \alpha_{np} - \frac{C}{2\epsilon_0} \frac{q}{L} x = \\ &= \left( \frac{mg \cos \alpha_{np}}{L} - \frac{Cq}{2\epsilon_0 L} \right) x. \end{aligned}$$

$$F_{тр} = -\mu N_1 = -\mu \left( \frac{mg \cos \alpha_{np}}{L} - \frac{Cq}{2\epsilon_0 L} \right) x.$$

~~$$\alpha = -\mu \left( \frac{m \cos \alpha_{np}}{L} - \frac{Cq}{2\epsilon_0 L} \right)$$~~

$$\alpha = -\mu \left( \frac{mg \cos \alpha_{np}}{L} - \frac{Cq}{2\epsilon_0 L} \right).$$

Аналогично пылевому 2.

$$v_L = \sqrt{2g L \sin \alpha_{np} + \frac{\alpha}{m} L^2} =$$

$$= \sqrt{2g L \sin \alpha_{np} - \mu L \left( \frac{g \cos \alpha_{np}}{L} - \frac{Cq}{2\epsilon_0 m} \right) L} =$$

$$= \sqrt{g L \sin \alpha_{np} + \frac{CqL}{2\epsilon_0 m} \tan \alpha_{np}}.$$

$$\frac{v_L}{v_1} = \sqrt{\frac{g L \sin \alpha_{np} + \frac{CqL}{2\epsilon_0 m} \tan \alpha_{np}}{g L \sin \alpha_{np}}} =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{qC \tan \alpha_{np}}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha_{np}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} \quad \text{Orbit: } \frac{v_L}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

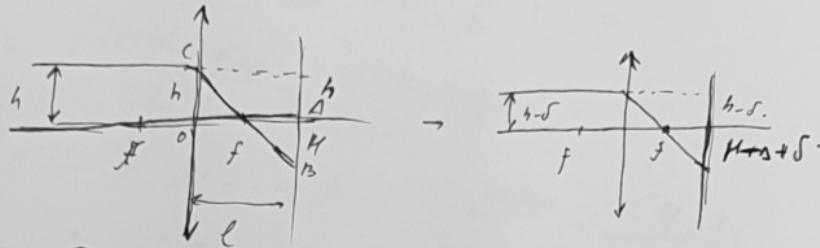


# Числовик Лист 7 |

4.3.1. Вопрос. Фокусное расстояние тонкой линзы — расстояние от главной оптической оси до точки пересечения параллельных лучей на оптической оси. Оптические силы — величины, обратные фокусному расстоянию.

Задание.

$$\left. \begin{aligned} l &= 0.2 \text{ м} \\ \delta &= 0.5 \text{ см} \\ \Delta &= 1 \text{ см} \end{aligned} \right\}$$



$f = ?$

Решение: Пусть излучаются лучи близ к параллельным.

$h$  — от оптической оси. (Эквивалентно расстоянию до оптического центра). Тогда из подобия треугольников

см. рис.  $\frac{h}{H} = \frac{f}{l-f}$ . Пусть расстояние  $h$

уменьшилось на  $\delta$ . Тогда  $H' = H + \delta - \Delta$ :

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

$$\frac{h}{H} = \frac{h-\delta}{H+\delta-\Delta} \Rightarrow hH + h(\delta-\Delta) = -H\delta + hH$$

$$\frac{h}{H} = \frac{\delta}{\Delta-\delta}$$

$$\frac{\delta}{\Delta-\delta} = \frac{f}{l-f} \Rightarrow \frac{l}{f} - 1 = \frac{\Delta-\delta}{\delta} \Rightarrow \frac{l}{f} = \frac{\Delta}{\delta} \Rightarrow f = l \frac{\delta}{\Delta}$$

Рассмотрим другие случаи.

Условие. Пусть  $\delta$  |

2) Матрица неперемножит  $\delta$  и  $\delta$ .

$$\text{Матрица} \begin{cases} \frac{h}{H} = \frac{f}{l-f} \\ \frac{h+\delta}{H-\delta} = \frac{f}{l-f} \end{cases} \Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{h+\delta}{H-\delta} \Rightarrow H\delta = h(\delta - l) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{\delta}{\delta - l} \Rightarrow \frac{f}{l-f} = \frac{\delta}{\delta - l} \Rightarrow f = \frac{\delta}{\delta} l.$$

3) ~~Матрица~~ <sup>Эквив.</sup> через опускание.

$$\begin{cases} \frac{h}{H} = \frac{f}{f-l} \\ \frac{h \pm \delta}{H \pm (\delta - \delta)} = \frac{f}{f-l} \end{cases} \Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{h \pm \delta}{H \pm (\delta - \delta)} \Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{\delta}{\delta - l} \Rightarrow \frac{f}{f-l} = \frac{\delta}{\delta - l} \Rightarrow l = 0.$$

$$\text{Условие } f = \frac{\delta}{\delta} l = \frac{0.5}{1} \cdot 20 \text{ см} = 10 \text{ см}.$$

$$\text{Ответ: } f = \frac{\delta}{\delta} l = 10 \text{ см}.$$