



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Тавитов Александр Маратович**

Класс: 11

Технический балл: **80**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9124008

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	5	15	13	15	<b>80</b>
Вопрос	5	8	9	10	

Упробук

13

$$v_1^2 = 2gL \sin \alpha - \mu g \cos \alpha L$$

$$v_1^2 = gL (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$2 \mu g L \sin \alpha = \frac{m v_2^2}{2} + \mu m g \cos \alpha \frac{L}{2} - \mu \frac{6Q}{2 \epsilon_0 m} L$$

$$2 g L \sin \alpha - \mu g \cos \alpha L + \mu \frac{6Q}{\epsilon_0 m} L = v_2^2$$

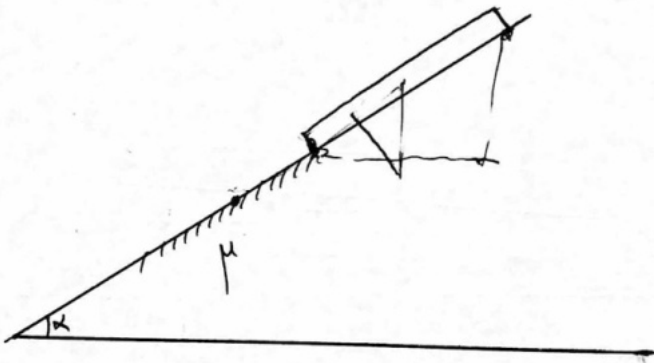
$$\left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 = \frac{gL (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha) + \frac{\mu 6Q}{\epsilon_0 m g}}{gL (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$\left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 = 1 + \frac{\mu \cdot 6Q}{\epsilon_0 \cdot m g} \cdot \frac{1}{2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha}$$

№ 3

Алгоритм

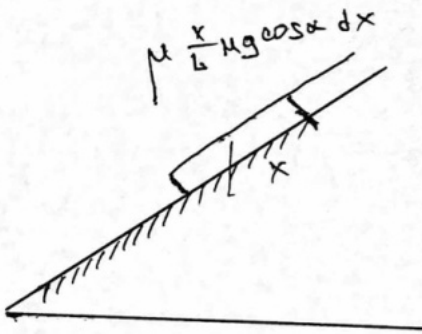
$$\mu = \tan(\alpha_{\text{нр}}) \quad (19)$$



$$\frac{mV_1^2}{2} + A_1 = \frac{mV_2^2}{2} + A_2$$

$$mgh = \frac{mV_1^2}{2} + A_1$$

$$h = L \sin \alpha$$



$$dA = \frac{\mu Mg \cos \alpha}{L} x dx$$

$$\int A = \frac{\mu Mg \cos \alpha}{L} \frac{x^2}{2}$$

$$A = \frac{\mu Mg}{2} \cos \alpha \cdot L$$

$$mgL \sin \alpha = \frac{\mu Mg}{2} \cos \alpha L + \frac{mV_1^2}{2}$$

$$V_1^2 + \mu g \cos \alpha \cdot L = 2gL \sin \alpha$$

Вопрос 2.2.1 Чистовик

Влажность — это скалярная величина, показывающая сколько водяных паров в воздухе.

Влажность делится на абсолютную  $\xi$  и относительную.

Относительной влажностью называют отношение давления водяного пара (при темп.  $t$ ) к давлению насыщенного пара (при той же темп.  $t$ ).

$$\mu = \frac{P(t)}{P_n(t)} = \frac{n}{n_k}$$

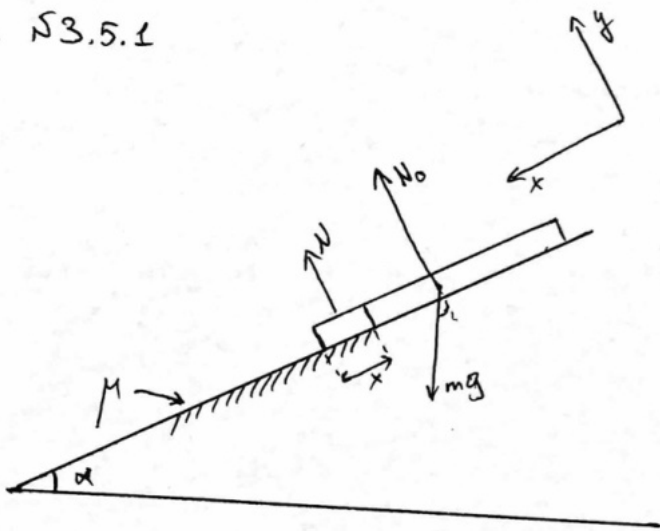
Так же можно выразить через концентрацию,

$$\text{т.к. } P = nkT$$

Задача 53.5.1

Зерновик

(12)



Запишем 3-и закон Ньютона на оси:

$$N = \frac{x}{L} mg \cos \alpha$$

|

$$P_0 V = \nu RT$$

$$P_x (V + xS) = P_0 V_0$$

$$P_0 = \frac{mg}{S} + P_x$$

$$P_0 = \frac{mg}{S} + P_0 \frac{V}{V + xS}$$

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

$$1 - \frac{mg}{SP_0} = \frac{V}{V + xS}$$

$$V + xS = \frac{V}{1 - \frac{mg}{SP_0}}$$

$$\frac{V}{S} \left( \frac{1}{1 - \frac{mg}{SP_0}} - 1 \right) = x = \frac{1}{190}$$

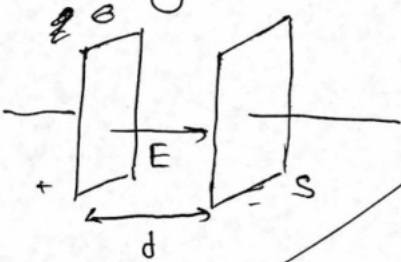
Вопрос 3.5.1

Установки

⑥

Емкость — скалярная физ. величина, которая зависит от формы проводника и его проницаемости  $\epsilon$  и показывает насколько проводник способен накапливать заряд:

Выведем емкость конденсатора:



$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

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

$$U = E \cdot d = \frac{\sigma d}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$Q = CU$$

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

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

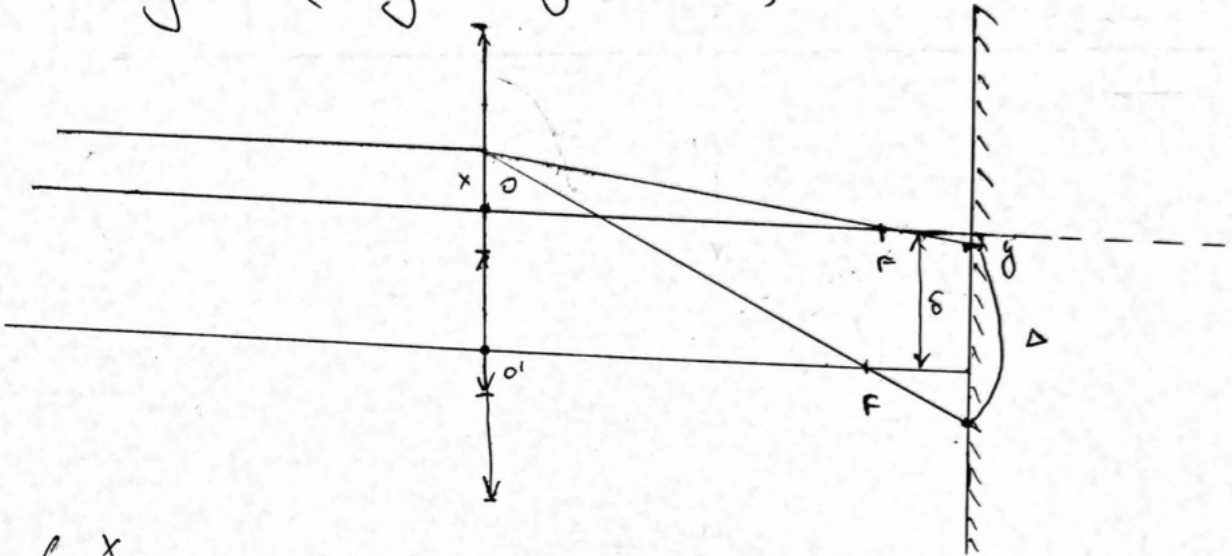
№ 31

Листовик

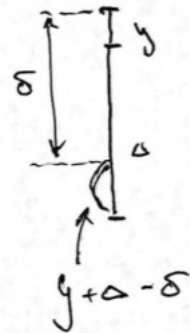
7

Лист 1

1-ый случай (Фокус перед экраном)



$$\begin{cases} \frac{x}{F} = \frac{y}{l-F} \\ \frac{x+\delta}{F} = \frac{y+\Delta-\delta}{l-F} \end{cases}$$



$$\begin{cases} x \cdot (l-F) = Fy \\ x(l-F) + \delta(l-F) = Fy + F(\Delta-\delta) \end{cases}$$

$$\delta(l-F) = F(\Delta-\delta)$$

$$l-F = F \frac{\Delta-\delta}{\delta}$$

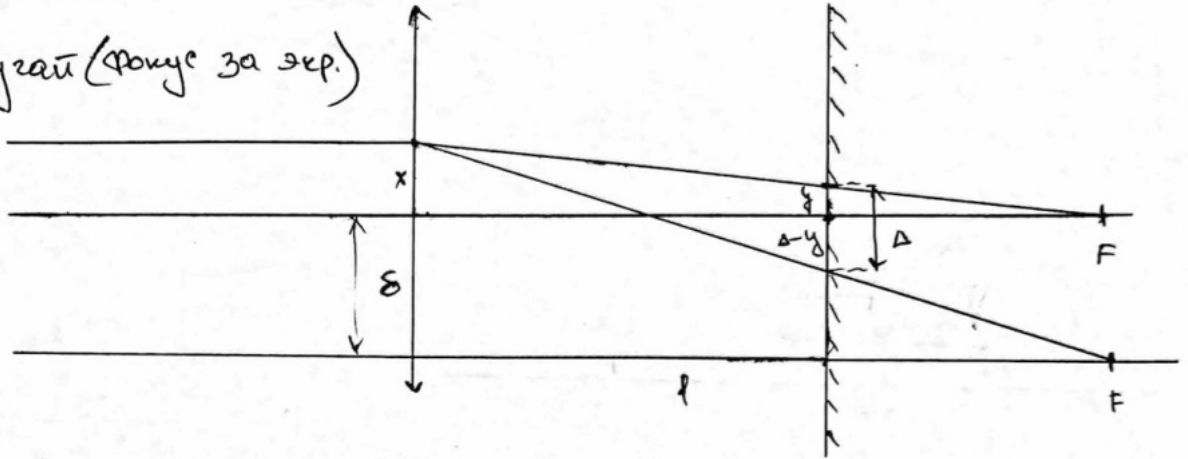
$$l = F \left( 1 + \frac{\Delta-\delta}{\delta} \right)$$

$$\rightarrow F = \frac{l}{1 + \frac{\Delta-\delta}{\delta}} \quad F = 10 \text{ см}$$



№ 4.31 лист. 2 Условие  
2-ой случай (фокус за экр.)

8



$$\begin{cases} \frac{F}{x} = \frac{F-l}{y} \\ \frac{F}{x+\delta} = \frac{F-l}{\delta-\Delta+y} \end{cases}$$

$$Fy = (F-l)x$$

$$Fy + F(\delta-\Delta) = (F-l)x + (F-l)\delta$$

$$F(\delta-\Delta) = (F-l)\delta$$

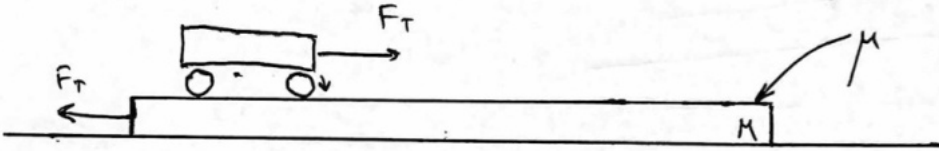
$$F \frac{\delta-\Delta}{\delta} = F-l \quad l = F \left( 1 - \frac{\delta-\Delta}{\delta} \right)$$

$$\frac{l}{1 + \frac{\Delta-\delta}{\delta}} = F = \text{фокус}$$

№ 3.1

Чистовик

①



$$N = F_T \cdot n$$

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

$$v = \frac{n \cdot N}{\mu Mg} - \text{скорость точек колеса отн. его центра.}$$

Чтобы не было проскальзывания куклы:

Скорость нижней точки колеса = 0.  $\Rightarrow$  скорость доски =  $v$

$$1) F_T = Ma \quad a = \frac{\mu g}{n} = 1 \text{ м/с}^2$$

$$2) F_T = \frac{M}{n} \cdot A$$

$$dt F_T = M dv$$

$$A = \mu g = 3 \text{ м/с}^2$$

$$\int F_T = M \cdot v$$

$$x_1 = \frac{A t^2}{2}$$

$$v = MN \cdot \frac{n^2}{(\mu Mg)^2} = \frac{n^2 N}{(\mu g)^2 M}$$

$$x_1 = \frac{3 \cdot 2^2}{2}$$

$$v = \frac{g \cdot 2}{(3 \cdot 10)^2 \cdot 1} = 2 \text{ с}$$

$$x_1 = 6 \text{ м}$$

- машинка вправо

$$x_2 = \frac{g t^2}{2} = \frac{1 \cdot 2^2}{2} = 2 \text{ м} - \text{валка влево}$$

$$x = x_2 + x_1 = 8 \text{ м}$$

## Вопрос 4.3.1 Уистовик

9

Фокусное расстояние - это расстояние от оптического центра линзы до точки, где сходятся лучи, паралл. ГОП.

Оптическая сила тонкой линзы - скалярная физ. величина, показывающая преломляющую способность

т.л.

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

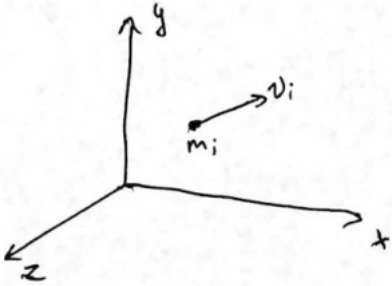
$$D = \left[ \frac{1}{\text{м}} \right]$$

Вопрос 1.3.1:

Зистовик

ЗСИ: Если векторная сумма внешних сил, которые действуют на систему, равна нулю, то вект. сумма всех мат. точек системы постоянна.

Определение импульса системы.



$$\sum m_i \cdot v_{ix} = \text{const}$$

$$\sum m_i \cdot v_{iy} = \text{const}$$

$$\sum m_i \cdot v_{iz} = \text{const}$$

Нужно рассмотреть каждую точку системы, определить проекции скоростей точек, перемножить массу каждой точки и проекцию ее скорости, и сложить:

$$\sum (m_i \cdot v_{i(x,y,z)})$$

Решение

10

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

$$F = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$$



$$N = mg \cos \alpha - F$$

$$dA = \mu \left( \frac{x}{L} Mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \right) dx$$

$$A_2 = \frac{\mu Mg}{L} \cos \alpha \frac{L^2}{2} - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} L$$

$$A_2 = \left( Mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{\epsilon_0} \right) \frac{L}{2} \mu$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = \mu \frac{L}{2} \left( Mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{\epsilon_0} \right) = 2\mu g L \sin \alpha$$

$$V_1^2 + \mu g L \cos \alpha = 2g L \sin \alpha$$

$$V_2^2 + \mu L \left( g \cos \alpha - \frac{\sigma q}{m\epsilon_0} \right) = 2g L \sin \alpha$$

$$\frac{V_2^2}{V_1^2} + \mu g L \cos \alpha - \frac{\sigma q}{m\epsilon_0} \mu L = 2g L \sin \alpha$$

$$V_2^2 = V_1^2 + \frac{\sigma q}{m\epsilon_0} \mu L$$

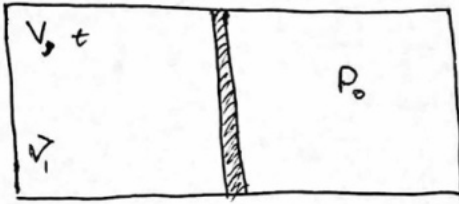
Задача 52.21

Установив

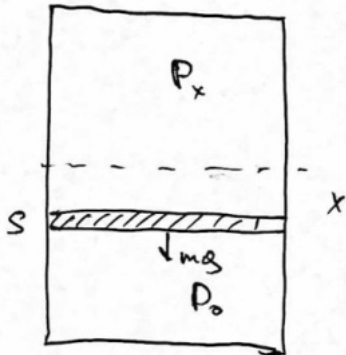
③

$$\rho_1 = 0.001 \text{ м}^3$$

$$P_0 V = \nu R t$$



Так как газ насыщенный, то давление при изом. темп. постоянно.



$$\begin{cases} P_0 = \frac{mg}{S} + P_x \\ P_x \cdot (V + xS) = \nu R t = P_0 V \end{cases}$$

$$P_x = P_0 \frac{V}{V + xS}$$

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

$$P_0 = \frac{mg}{S} + P_0 \frac{V}{V + xS}$$

$$1 - \frac{mg}{SP_0} = \frac{V}{V + xS}$$

$$V + xS = \frac{V}{1 - \frac{mg}{SP_0}}$$

$$x = \frac{V}{S} \left( \frac{1}{1 - \frac{mg}{SP_0}} - 1 \right)$$

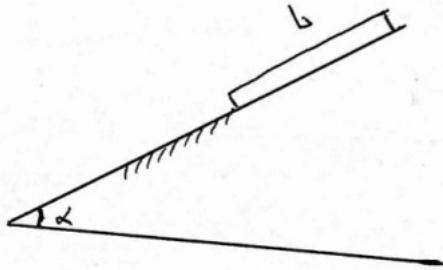
$$x \approx \frac{1}{190} \text{ м} = \frac{10}{19} \text{ см}$$

P3.51

Условие

5

$$\mu = \operatorname{tg}(\alpha_{\text{пр}}) = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



~~Анализ~~

$$N_1 = mg \cos \alpha$$

$$N_2 = mg \cos \alpha - \frac{eQ}{2\epsilon_0}$$

$$\int_0^L dA_2 = \int_0^L \left( \frac{x}{L} mg \cos \alpha - \frac{eQ}{2\epsilon_0} \right) dx$$

$$A_2 = \frac{\mu mg}{L} \cos \alpha \cdot \frac{L^2}{2} = \frac{\mu e Q}{2\epsilon_0} L$$

$$A_2 = \mu mg \cos \alpha \frac{L}{2} - \frac{\mu e Q}{2\epsilon_0} L$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu e Q}{\epsilon_0 mg} \cdot \frac{1}{2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha}}$$

$$2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha > 0$$

$$2 \operatorname{tg} \alpha > \mu$$

$$\operatorname{tg} \alpha > \frac{\mu}{2}$$

~~Анализ~~ ЗОЗ:

$$1) mgL \sin \alpha = \frac{mv_1^2}{2} + \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{L}{2}$$

$$2) mgL \sin \alpha = \frac{mv_2^2}{2} + \mu \frac{L}{2} mg \cos \alpha - \frac{\mu e Q \cdot L}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{\mu e Q}{2\epsilon_0} L$$

$$v_2^2 = v_1^2 + \frac{\mu e Q}{m\epsilon_0} L$$

$$v_1^2 = (2gL \sin \alpha - \mu gL \cos \alpha)$$

$$v_2^2 = (2gL \sin \alpha - \mu gL \cos \alpha) + \frac{\mu e Q \cdot L}{m\epsilon_0}$$

$$\left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 = \frac{(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha) + \frac{\mu e Q}{\epsilon_0 mg} L}{(2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

в условии не хватает данных, поэтому берем значение кем возможно

при  $\alpha = \alpha_{\text{пр}}$ :

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{10} \cdot 0.1 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{1}{2 \sin \alpha - \frac{1}{\sqrt{3}} \cos \alpha}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{2\sqrt{3} \sin \alpha - \cos \alpha}} \approx 2 \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}}$$



*Председателю апелляционной комиссии  
олимпиады школьников «Ломоносов»  
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова  
академику В.А. Садовничему ученика 11  
класса ГБПОУ «Воробьевы горы» (ул.  
Донская, 37)  
Тавитова Александра Маратовича*

*Апелляция.*

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы (80 баллов) за мою работу заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что в двух задачах проверяющий недопонял мое решение.

1) Задача 3.5.1, лист 5

Решение задачи указано верно, система уравнений совпадает с авторской, однако в конечной формуле (обведена) пропущена цифра 2 в знаменателе из-за невнимательности (во втором слагаемом в корне, рядом с  $mg \cdot E0$ ). Это учитывается в системе уравнений. При исправлении этого недочета и подстановке чисел ответ получается авторский (1,26). Думаю, что мое решение оценивается в 14 баллов, в соответствии с критерием 4 (Задача решена, но допущены незначительные погрешности – 11-14 баллов). Прошу пересмотреть выставленные за эту задачу баллы.

2) Задача 1.3.1, лист 1

Задачу решал не через ЗСИ, как автор, а через законы Ньютона, через которые тоже можно прийти к верному ответу. Записанные в решении законы верны и все рассмотренное мной верно в неинерциальной системе отсчета. При переходе из нее в СО земли были допущены ошибки. Учитывая эти ошибки ответ получается авторский (0.5м). Думаю, что мое решение должно оцениваться в соответствии с критерием 3 (Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – 6 – 10 баллов).  
Остальные задачи и теор. вопросы считаю полностью верными.  
Спасибо.

24.03.2022

*Тавитов А.М.*