



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Уманский Артём Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **82**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9795811

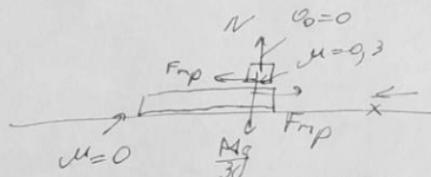
	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	82
Вопрос	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	

Вариант 2 "Систовик"

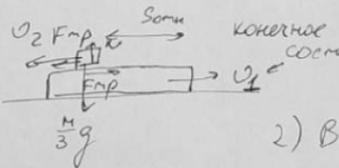
Задача 1.3.1.

- $\mu = 0,3$
- $g = 10 \frac{м}{с^2}$
- $M = 1 \text{ кг}$
- $N = 2 \text{ Вт}$
- $M = 1 \text{ кг}$
- $M_1 = \frac{M}{3}$
- $n = 3$
- $x = ?$

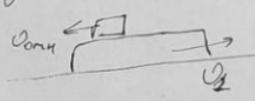
Пусть $x = S_{отн}$, $S_{отн}$ - относительный перемещ. вдоль доски автомобиля



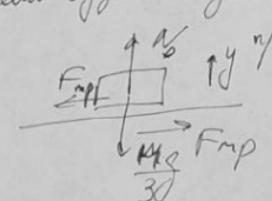
1) В начале скорости машинки и доски 0. Система "машинка + доска" вдоль оси x замкнута, по сути нет внешних сил, но есть верное ЗСИ: $0 = Mv_1 + \frac{M}{3}v_2$, где v_1 - скорость доски в конце, v_2 - ск. машинки в конце.



ω доски



2) В ω доски $v_2 = v_{отн} - v_1$ в конце, при этом когда касаясь перестанут проскользывать, безусловно, относительная скорость доски $v_{отн}$ будет определяться мощностью машинки $N = F \cdot v_{отн}$, при этом $F = F_{тр}$, которая все время будет перемещать и рубить $F_{тр} \cdot v_{отн} = \mu N_0$, при этом из ЗСИ для блока по оси Ox : $N_0 = \frac{Mg}{3} \Rightarrow F_{тр} = \mu \frac{Mg}{3}$, и она не будет действовать на доску, разогнав её.



из этого получаем связь $N = \mu \frac{Mg}{3} v_{отн} \Rightarrow v_{отн} = \frac{3N}{\mu Mg} \Rightarrow v_2 = \frac{3N}{\mu Mg} - v_1$

3) Запишем закон сохранения энергии системы:

$A_{внеш} = \Delta K$ $A_{внеш} = F_{тр} \cdot S_{отн}$
 $\Delta K = \frac{M}{3} \frac{v_2^2}{2} + \frac{Mv_1^2}{2}$, осталось выразить v_2 и v_1

4) Воспользуемся пунктами 1 и 2

$Mv_1 = \frac{M}{3}v_2$ $v_2 = 3v_1$
 $v_2 = \frac{3N}{\mu Mg} - v_1$ $4v_1 = \frac{3N}{\mu Mg}$ $v_1 = \frac{3N}{4\mu Mg}$ $v_2 = \frac{9N}{4\mu Mg}$

1

5) Уравнение 3^я окончательно примет вид числовик

$$F_{\text{тр}} S_{\text{отн}} = \frac{m \cdot 27 N^2}{8 \cdot 16 \mu^2 m^2 g^2} + \frac{m g N^2}{2 \cdot 16 \mu^2 m^2 g^2}$$

1.3.1.

$$F_{\text{тр}} S_{\text{отн}} = \frac{36 N^2 m}{32 \mu^2 m^2 g^2}$$

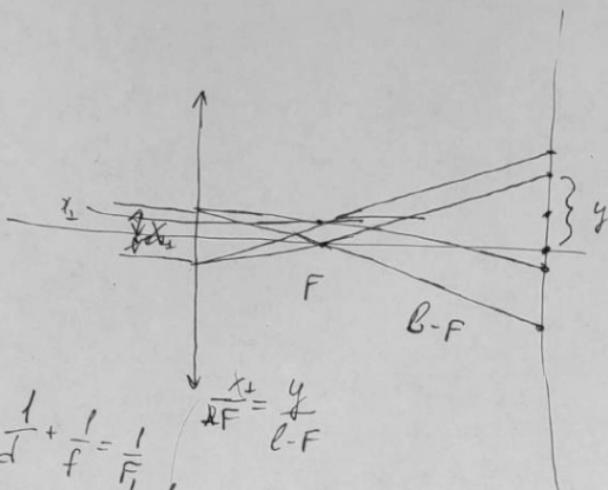
$$S_{\text{отн}} = \frac{9 N^2}{8 \mu^2 m g^2} \cdot 3$$

$$S_{\text{отн}} = \frac{27 N^2}{8 \mu^2 m^2 g^3}$$

$$\left[S_{\text{отн}} = \frac{27 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 10^4}{8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 100} \right] \mu = 5 \mu$$

Ответ: $S_{\text{отн}} = 5 \mu$

Черновики
 По численному
 и оптическому
 методам



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$d \rightarrow \infty \quad f = F$$

$$\frac{x_1}{2F} = \frac{y}{l-F}$$

Должен был +

$$\frac{(x_2 - x_1)(l - F)}{2F} + \frac{(x_1 - x_2)(l - F)}{2F} = \frac{2\delta(l - F)}{2F}$$

= Δ не можем

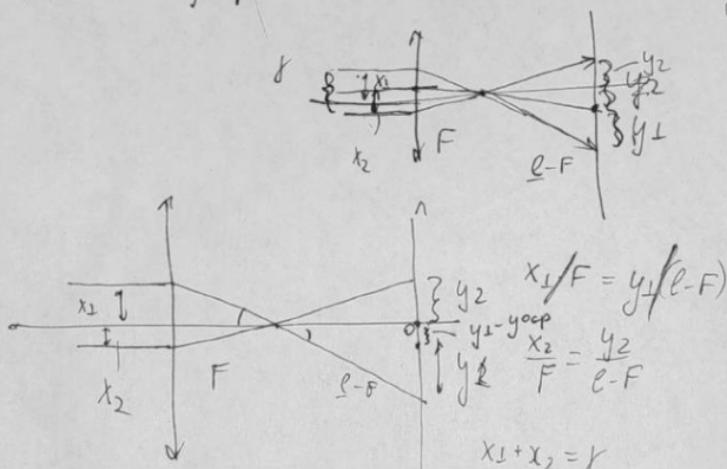
$$\Rightarrow \frac{2\delta(l - F)}{2F} = \Delta$$

$$2\delta - 2\delta F = \Delta F$$

$$F(2 - 2F) = \Delta F$$

$$y_2 = y_2 \quad F = \frac{\delta l}{\Delta + \delta}$$

$$\frac{95 \cdot 20}{9,53} = \frac{20 \text{ см}}{3}$$



$$x_1/F = y_1/(l-F)$$

$$x_2/F = y_2/(l-F)$$

$$x_1 + x_2 = y$$

$$\frac{y_1 + y_2}{2} = \text{average}$$

$$y_1 + y_2 - y_{\text{ср}} - y_{\text{ср}}$$

$$y_{\text{ср}} = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

$$y_{\text{ср}} = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

$$\frac{2y_1 - y_1 - y_2}{2} + \frac{2y_2 - y_1 - y_2}{2}$$

$$\frac{y_1 - y_2}{2} + \frac{y_2 - y_1}{2} = \Delta$$

$$\frac{y_1 - y_2}{2} + \frac{x_1 - x_2}{F} = \Delta$$

$$\frac{2y_2' - y_1' - y_2'}{2}$$

$$\frac{x_1 - \delta}{F} = \frac{y_1'}{l - F}$$

$$\frac{x_2 + \delta}{F} = \frac{y_2'}{l - F}$$

$$\frac{y_2' - y_1'}{2}$$

$$\frac{y_1 - y_2}{l - F} = \frac{x_1 - x_2}{F}$$

$$\frac{y_2' - y_1'}{l - F} = \frac{x_1 - \delta' - x_2 - \delta'}{F}$$

М кн кн Бауэр
 φ H. мт

$$\frac{y_2' - y_1'}{2}$$

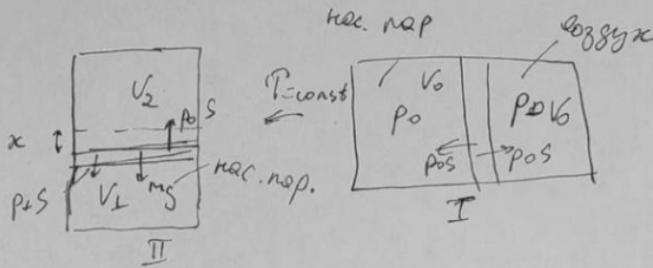
$$\frac{x_1 - x_2 + \delta - \delta'}{F} = \frac{x_1 - x_2 + 2\delta}{2F}$$

$$\frac{y_1' - y_2'}{l - F} = \frac{x_1 - x_2}{F} - \frac{2\delta'}{F}$$

$$\varphi = \frac{ku}{B} \quad \underline{\underline{11}}$$

$m = 5 \text{ кг}$, $V = 1 \text{ м}$, $T = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ К}$, $S = 901 \text{ см}^2$, $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, $p_0 = 10^5 \text{ Па}$, $x = ?$

Задача 2.2.1.
Учебник



1) давление насыщен. пара при $T = 100^\circ\text{C}$ $p_n = 10^5 \text{ Па} = p_0$

23н для поршня в I и II состояниях $p_0 S = p_0 S \Rightarrow$ давление воздуха вначале равно p_0

2) Ур. Клапейрона-Менделеева для воздуха

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T \\ p_1 V_1 = \nu R T \end{cases}$$

когда цилиндр перевернули пар не успев конденсироваться $\rightarrow p_{п2} = p_{п1} = p_0$

23н для поршня в конце

$$p_0 S = mg + p_1 S, \text{ при этом } 2V_0 = V_1 + V_2$$

$$p_0 V_0 = p_1 V_1$$

$$p_1 = \frac{p_0 V_0}{V_1}$$

$$(p_0 - p_1) S = mg$$

$$p_0 \left(1 - \frac{V_0}{V_1}\right) S = mg \Rightarrow \frac{mg}{p_0 S} = 1 - \frac{V_0}{V_1}$$

$$\frac{p_0 S - mg}{p_0 S} = \frac{1}{V_1} \Rightarrow V_1 = \frac{V_0 p_0 S}{p_0 S - mg}$$

$$x = \frac{V_0 - V_1}{S}$$

$$2V_0 = V_1 + \frac{V_0 p_0 S}{p_0 S - mg}$$

$$\left(\frac{2p_0 S - 2mg - p_0 S}{p_0 S - mg} \right) V_0 = V_1 \Rightarrow V_1 =$$

$$V_1 = \frac{(p_0 S - 2mg) V_0}{p_0 S - mg}$$

$$\left[x = V_0 \frac{(p_0 S - mg) - (p_0 S - 2mg)}{(p_0 S - mg) S} = \frac{mg V_0}{(p_0 S - mg) S} \right]$$

Ответ: $x = 150 \text{ м}$

$$x = \frac{50 \cdot 10^3}{(10^5 \cdot 901 - 50) \cdot 901} = \frac{5 \cdot 10^2 \cdot 10^2}{10^2 \cdot 50} = \frac{5}{50} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ м}$$

3

$M = 100 \text{ г}$
 $\alpha_{\text{др}} = 30^\circ$
 $\sigma = +3 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$
 $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
 $\frac{v_1}{v_2} = ?$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $q = +3 \text{ мкКл}$

1) 23ч $mg \sin \alpha_{\text{др}} = F_{\text{тр}}$

№3.5. 1. Задача Циолковского

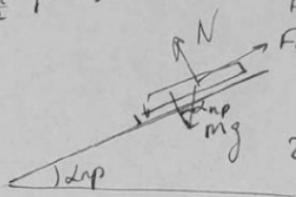
$F_{\text{тр макс}} = F_{\text{тр}} = \mu N$
 $mg \sin \alpha_{\text{др}} = mg \cos \alpha_{\text{др}} \cdot \mu$

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

23ч: $N = mg \cos \alpha_{\text{др}}$

$\tan \alpha_{\text{др}} = \mu$

2) 23ч: $F_{\text{тр}} = \mu N$, $N = m(x)g \cos \alpha = m \frac{x}{e} g \cos \alpha$

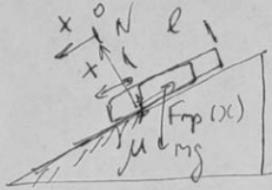


массини

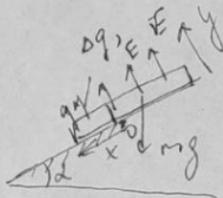
П.к. это время будет действ. не на всю длину, но →

$F_{\text{тр}}(x) = \mu \frac{m \cdot x}{e} g \cos \alpha$ зависимость силы трения от смещения отн. пол. равн. без зарядов

$A_{F_{\text{тр}1}} = \int_0^l F_{\text{тр}} dx = -\int_0^l \mu \frac{m \cdot x}{e} g \cos \alpha dx = -\frac{\mu m g \cos \alpha}{2e} x^2 \Big|_0^l = -\frac{\mu m g \cos \alpha}{2e} l^2$



3) с зарядом

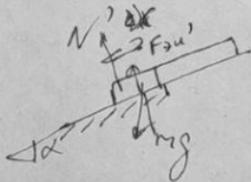


будет равна силе отталкивания между пластинкой и шпалой. Она будет распределена равномерно ⇒ $N + \sum F_{\text{эл}y} = N_{\text{др}}$, можно заметить 23ч где N на Ox пластинки

$mg \cos \alpha - N + F_{\text{эл}y} = 0$

$F_{\text{эл}y} = F_{\text{эл}} = \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0}$ поле шпалы. П.к. $F_{\text{эл}}$ будет распр.

равномерно, но можно рассмотреть момент, когда некотор. часть пластинки встала на рож. её заряд $\Delta q = \frac{q \cdot x}{e}$, $\Delta m = m \frac{x}{e}$



23ч $Ox: mg \cos \alpha - N' - \frac{\Delta q \sigma}{2 \epsilon_0} = 0$

$N' = mg \frac{x}{e} \cos \alpha - \frac{q x \sigma}{2 \epsilon_0}$

$F_{\text{тр}}(x) = \mu N' = \mu \left(m \frac{x \cos \alpha}{e} - \frac{q x \sigma}{2 \epsilon_0} \right)$

$A_{F_{\text{тр}2}} = \int F_{\text{тр}} dx = -\int \left(\frac{\mu m g \cos \alpha}{e} - \frac{\mu q \sigma}{2 \epsilon_0} \right) x dx$

Плакки и в первом и во втором случае пластинка скольз. на одной высоте, но $\Delta \Pi = \Delta \Pi_{\text{мг}} = \Delta \Pi_1 = \Delta \Pi_2$

3в) где та закон изм. жерг. гнв.т.си. $A_{\text{тр}1} = \frac{m v_1^2}{2} + \Delta \Pi_1$ (1)

где таи $A_{\text{тр}2} = \frac{m v_2^2}{2} + \Delta \Pi_2$

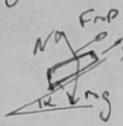
Второе из (1) (2) $Amp_1 - Amp_2 = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2}$ Умножив ^{3.5.1.}

$$\frac{\mu m g l \cos \alpha}{2} - \frac{\mu m g l \cos \alpha}{2} + \frac{\mu q \sigma}{4 \epsilon_0} = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2}$$

$$v_2^2 = + \frac{\mu q \sigma}{2 \epsilon_0 m} + v_1^2$$

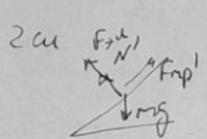
$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{\mu q \sigma}{2 \epsilon_0 m}} \quad \mu = 6g +$$

4) Через Закон 3-й изм. т. не польз. Заменим через 23H



$$N \perp \text{ ось } x - mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha \frac{v}{l} = m a v_1$$

$$a_1^2 = \frac{\mu m g \cos \alpha}{l m}$$



$$-mg \sin \alpha + \frac{\mu m g \cos \alpha}{l} x + \frac{\mu q x \sigma}{2 \epsilon_0} = m a x_2$$

$$a_2^2 = \left(\frac{\mu m g \cos \alpha}{l m} \right) \frac{\mu q \sigma}{2 \epsilon_0 m}$$

Очевидно, что будем происходить "научка" (продвижение вперед)

$$\frac{x(t)^2}{A^2} = \frac{v(t)^2}{A^2 \omega^2} = 1 \quad (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1) \quad x(t) = A \sin \omega t, \quad v(t) = A \omega \cos \omega t$$

$$\frac{x(t)^2}{A^2} = C, \text{ где } \perp \text{ и } \perp \text{ и } \text{ ось } \quad t_1 = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{\omega \cdot 4} = \frac{\pi}{2\omega_1}$$

$$C + \frac{v_1^2}{A^2 \omega_1^2} = 1 \quad A - \text{ ось, } \text{ море очевидно } \quad t_2 = \frac{\pi}{2\omega_2}$$

$$C + \frac{v_2^2}{A^2 \omega_2^2} = 1 \quad \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 = \frac{v_2^2}{v_1^2} = 1 - \frac{\mu q \sigma - l m}{2 \epsilon_0 m \mu m g \cos \alpha} \quad v_2(t) = A \omega_2$$

$$\left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 = 1 - \frac{\mu q \sigma - l m}{2 \epsilon_0 m \mu m g \cos \alpha} = 1 - \frac{q \sigma}{2 \epsilon_0 m g \cos \alpha}$$

α - не год, если $\alpha = 30^\circ$

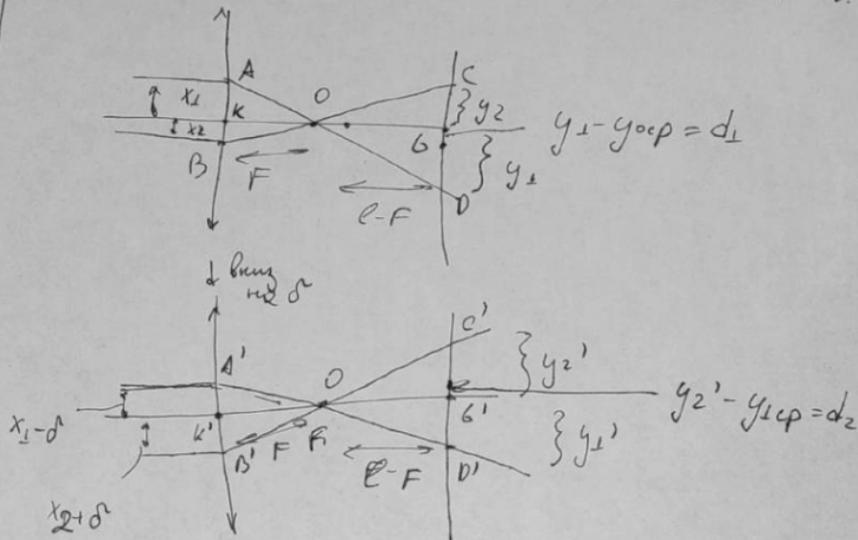
$$\left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 = 1 - \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 0.1 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}}$$

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}}}$, при $\alpha = 30^\circ$

5

Задача № 4.3.1.

4.3.1
 $l = 20 \text{ см}$
 $d = 0,5 \text{ см}$
 $\Delta = 1 \text{ см}$
 $f = ?$



1) Линза сместилась вниз на d

$x_1 + x_2 = f$ — выс. расст. между главными лучами

Для объек. прел. Аок и ОбО $\frac{x_1}{F} = \frac{y_2}{l-F}$
 Для объек. прел. А'ок' и Об'О' $\frac{x_2}{F} = \frac{y_2'}{l-F}$

$\frac{x_1 - d}{F} = \frac{y_1'}{l-F}$ $\frac{x_2 + d}{F} = \frac{y_2'}{l-F}$ $\Rightarrow \frac{y_1' - y_2'}{l-F} = \frac{x_1 - x_2}{F}$

2) Центр пятна сместился на $d_1 + d_2$, где $d_1 = y_1 - y_{0cp}$, где $y_{0cp} = \frac{y_1 + y_2}{2}$, где $d_2 = y_2' - y_{1cp}$, где $y_{1cp} = \frac{y_1' + y_2'}{2}$

$d_1 = \frac{2y_1 - y_1 - y_2}{2} = \frac{y_1 - y_2}{2}$

$d_2 = \frac{y_2' - y_1'}{2}$

$d_1 + d_2 = \frac{y_1 - y_2}{2} + \frac{y_2' - y_1'}{2} =$

$= \frac{(x_1 - x_2)(l-F)}{2F} - \frac{(x_1 - x_2)(l-F)}{2F} + \frac{2d(l-F)}{2F} = \Delta$

$2d(l-F) = F\Delta$

$2d l = F(\Delta + 2d)$

$F = \frac{d l}{\Delta + d}$

$F = \frac{0,5 \cdot 20}{1,5} = \frac{20}{3} \text{ см}$

Ответ: $f = F = \frac{20}{3} \text{ см}$

6

Вопрос

Установик

1.3.3. Импульс системы матер. точек

$$\vec{P} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_i \vec{v}_i$$

векторная
сумма импульсов каждой точки в
отдельности

$$\Delta \vec{P} = \vec{F}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t$$

импульс силы

$$\vec{F}_{\text{внеш}} = \sum \vec{F}_{\text{внеш}} + \sum \vec{F}_{\text{внутр}} \quad \sum \vec{F}_{\text{внутр}} = \vec{0} \text{ по 3-му закону Ньютона} \Rightarrow$$

$$\vec{F}_{\text{внеш}} = \sum \vec{F}_{\text{внеш}} \quad \Delta \vec{P} = \sum \vec{F}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t ; \text{ если}$$

Закон сохр. имп. если сумма всех внешних сил равна нулю

$$\sum \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0}, \text{ то импульс системы сохраняется } \Delta \vec{P} = \vec{0}$$

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_2 \Leftrightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_i \vec{v}_i = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' + \dots + m_i \vec{v}_i'$$

Закон сохр. имп. будет сохр. лишь по некоторой оси,

тогда мы вправе сказать, что $P_{1x} = P_{2x}$, где индекс x означает принадлежность импульса к опред. оси.

числовик

Вопрос 4.3.1. Фокусное расстояние тонкой линзы - расстояние от оптического центра линзы до фокуса. Фокус - точка пересечения параллельных лучей от оптического центра линзы и их продолжений в рассеивающей линзе.

D - оптическая сила линзы $D = \frac{1}{F}$, "+" - когда линза собирающая

"-" - когда рассеивающая

$[D]$ - дптр. Диаметр линзы с оптической силой в один дптр имеет фокусное расстояние в 1 м.

Вопрос 3.5.1. У каждого проводника есть коэфф. пропорц. между потенциалом и зарядом на нём, C - ёмкость и есть этот коэфф. пропорц. Он зависит от формы объекта, его физических и химических свойств. $[C] = \Phi$

$q = C \varphi$. Для конденсатора $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, где S - площадь

плоскости,
 d - расстояние между
плитами

ϵ - диэлектрик. диэлектрик,
для воздуха $\epsilon = 1$,

ϵ_0 - электр. пост.

$\epsilon_0 = 8 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$

Вопрос 2.2.1. Влажность или

абсолютная влажность называется величина, равная плотности паров при данной температуре и концентрации. Относит. влажность паров. Величина, равная отношению давления паров при данной темп. и концентрации к отношению давления насыщен. паров при данной темп. и конц.

$\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}}$, иногда φ переводят в проценты

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}} \cdot 100\%$$

8

Uebungen



$$-\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = m a_x$$

$$-\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = m a_x$$

$$\mu \frac{mg \cos \alpha}{c} = y \quad -\mu y x + mg \sin \alpha = m \ddot{x}$$

$$mg \sin \alpha + \frac{\mu mg \cos \alpha}{c} x = m \ddot{x}$$

$$(w) \quad x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(t) = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\frac{x(t)^2}{A^2} + \frac{v(t)^2}{A^2 \omega^2} = 1$$

$$c + \frac{v_1^2}{A_1^2 \omega_1^2} = 1 \quad \frac{v_1^2}{A_1^2 \omega_1^2} = \frac{v_2^2}{A_2^2 \omega_2^2}$$

$$c + \frac{v_2^2}{A_2^2 \omega_2^2} = 1$$

$$0 = A \sin(\varphi_0)$$

$$0 = A \omega \cos(\varphi_0)$$

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$A =$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$A \omega$$

$$x(t) = A \sin \omega t$$

$$v(t) = A \omega \cos \omega t$$

$$e = A \sin \omega t_1$$

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = \frac{\mu g e \sin \alpha}{2 \cos \alpha}$$

$$\frac{v_1^2}{\omega_1^2} = \frac{v_2^2}{\omega_2^2}$$

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} =$$

$$v = 0, e = \text{min}$$

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{\omega_1^2 + k}{\omega_2^2} = 1 + \frac{k}{\omega_2^2}$$

10