



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Меркулов Илья Владимирович**

Класс: 11

Технический балл: **96**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9797340

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>13</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	96
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	

Задача 1.3.1. Чистових ①

Дано:

$$M = 1 \text{ кг}$$

$$N = 287$$

$$n = 3$$

$$\mu = 0,3$$

x - ?

• ускорение машинки из II з. Ньютона $a = \mu g$

• ЗСЭ: $Nv = \frac{mv^2}{2} + \frac{nmv^2}{2} + \mu mgx$

• ЗСИ: $mv = nmv \Rightarrow v^2 = nv$

• $v = \frac{v^2}{v} = \frac{nv}{\mu g} = \frac{nv}{\mu g}$

• когда машинка перестанет ускориваться, скорость машинки т. отск. будет равна нулю \Rightarrow
 $\Rightarrow w = \frac{v+v_0}{2} = \frac{n+1}{2}v$, где v - радиус колесамасса колеса равна нулю \Rightarrow момент силы, создаваемый
гравитацией, равен моменту сил трения \Rightarrow

$$\Rightarrow N = \mu mg \cdot w = \mu mg(n+1)v \Rightarrow v = \frac{N}{\mu mg(n+1)}$$

$$v = \frac{nv}{\mu^2 g^2 m(n+1)} \Rightarrow \frac{nN^2}{\mu^2 g^2 m(n+1)} = \frac{n^2 m N^2}{2 \mu^2 m^2 g^2 (n+1)^2} + \frac{nmv N^2}{2 \mu^2 m^2 g^2 (n+1)^2} + \mu mgx$$

$$\mu mgx = \frac{nN}{2 \mu^2 g^2 m(n+1)}, \quad x = \frac{nN}{2 \mu^3 m^2 g^3 (n+1)} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 8}{2 \cdot 2^3 \cdot 10^3 \cdot 1^2 \cdot 10^3 \cdot 4} = 25 \text{ см}$$

$$\text{Ответ: } x = \frac{n^3 N}{2 \mu^3 m^2 g^3 (n+1)} = 25 \text{ см.}$$

Вопросы.

Импульс мат. точки векторная величина равная
произведению массы точки на её скорость $\vec{p} = m \vec{v}$
 $[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$ Импульс системы мат. точек - это векторная
сумма импульсов всех мат. точек, находящихся
в системе $\vec{p}_{\text{сис.}} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$, где N - кол-во м.т.Закон изменения импульса следует из второго закона
Ньютона ($\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$) и может быть обобщён на систему
мат.т. $\Delta \vec{p}_{\text{сис.}} = \sum_{i=1}^N \Delta \vec{p}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \Delta t$ В силу \vec{F}_i можно разбить на сумму внешних
& внутренних сил $\vec{F}_i = \vec{F}_i^{\text{внеш}} + \vec{F}_i^{\text{внутр}}$
(силы, взаимодествующие
м.т. в системе)По III закону Ньютона сумма внутренних сил в системе
уравна нулю.

а) Погрешность $\Delta p_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_{\text{внеш}i} \Delta t = \vec{F}_{\text{внеш}} \Delta t$, $\vec{F}_{\text{внеш}}$ — результирующая сила, действующая на систему.

Закон сохранения импульса является следствием закона об изменении импульса и выполняется, когда на систему не действуют внешние силы $\vec{F}_{\text{внеш}} = 0$ или, когда их сумма результирующая сила равна нулю.

$$\vec{p}_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \text{const}$$

Задача 2.2.1.

Читовик ③

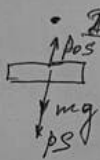
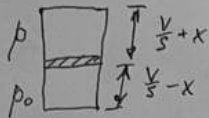
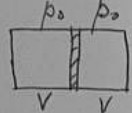
Дано:

$V = 1 \text{ л}$

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

$S = 0,01 \text{ м}^2$

$p_0 = 10^5 \text{ Па}$

 $x = ?$ 

• Закон Паскаля для поршня:

$$p_0 S = mg + p S \quad (2)$$

$$x = \frac{p_0 V}{p S} - \frac{V}{S} = \frac{p_0 V}{p_0 S - mg} - \frac{V}{S} = \frac{V}{S} \cdot \frac{1}{\frac{p_0 S}{mg} - 1}$$

$$x = \frac{10^{-3}}{10^{-2}} \cdot \frac{10^3}{\frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10} - 1} \text{ м} \approx 5,2 \text{ мм}$$

$$\text{Ответ: } x = \frac{V}{S} \cdot \frac{1}{\frac{p_0 S}{mg} - 1} \approx 5,2 \text{ мм}$$

Вопросы.

Абсолютная влажность - это плотность паров воды в воздухе, измеряется в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (кг)

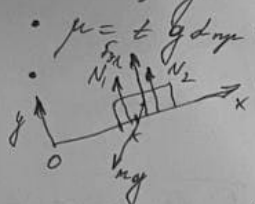
Относительная влажность - это отношение давления или плотности паров воды в воздухе к давлению и плотности насыщенного пара при данной температуре соответственно: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$ - измеряется в процентах, не может превышать 1, $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\%$ т.к. начнется конденсация.

Отн. влажность показывает насколько пар в воздухе далек от насыщения, абсолютная - прямое значение плотности.

Задача 3.5.1.

Условие

Дано:
 $m = 1002$
 $\alpha = 30^\circ$
 $\sigma = 3 \text{ нКл/м}^2$
 $q = 3 \text{ мкКл}$



• $\mu = \tan \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$
 • Максимум отн. удлинения
 макс: $N_1 \frac{l-x}{2} = N_2 \frac{x}{2}$
 • II закон Ньютона: $N_1 + N_2 = mg \cos \alpha - F_{эл}$
 $F_{эл} = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$
 $N_1 = (mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) \frac{x}{l}$

$F_{тр} = \mu N_1 \Rightarrow m a_x = \mu (mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}) \frac{x}{l} + mg \sin \alpha$
 $a_x = \mu (g \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m l}) x + g \sin \alpha$

$x(t) = \frac{g \cos \alpha}{\omega^2} (1 - \cos \omega t)$
 $\omega^2 = \mu (g \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m l})$

при $q=0$: $\omega^2 = \frac{\mu g \cos \alpha}{l}$, $x'(t) = \frac{g \sin \alpha}{\omega} (1 - \cos \omega t)$, $\omega^2 = \frac{\mu g \cos \alpha}{l}$
 $v(t) = \frac{g \sin \alpha}{\omega} \sin \omega t$, $v'(t) = g \sin \alpha \cos \omega t$

при $\alpha = \alpha_{кр}$: $x'(t) = l(1 - \cos \omega t)$, $v(t) = \frac{g \sin \alpha}{\omega} \sin \omega t$
 $x(t) = \frac{l}{1 - \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}} (1 - \cos \omega t)$, $v(t) = \frac{g \sin \alpha}{1 - \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}} \sin \omega t$

$x(\alpha) = l \Rightarrow \cos \omega \alpha = \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}$
 $x'(\alpha) = l \Rightarrow \cos \omega \alpha = 0$

$v(\alpha) = v_2 = \frac{g \sin \alpha}{\omega} \sqrt{\frac{1 + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}}{1 - \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}}}$, $v_1 = \frac{g \sin \alpha}{\omega}$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m g \cos \alpha}} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}}{1 - \frac{\mu \sigma q}{2\epsilon_0 m g \sin \alpha}}} = \sqrt{\frac{1}{\sqrt{3}} + 1}$

Вопрос. Электростатическая удельная проводимость называется коэффициентом пропорциональности между зарядом и потенциалом проводника: $C = \frac{q}{\phi}$.
 Единица измерения электростатической емкости в СИ является фарадой равной $\frac{Кл}{В}$.

Формула электростатической емкости плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$
 ϵ - диэлектрическая проницаемость диэлектрика; S - площадь обкладок; d - расстояние между обкладками.
 ϵ - в СИ имеет размерность безразмерная.

Penyelesaian Zogara 3.5.1.

Uasmobax. (152)

$$\text{Eam } \angle \neq \angle_{\text{up}}: \frac{v_2}{v_1} = \frac{v(\angle)}{v(\angle')} = \frac{w \cdot \sin w \angle}{w' \cdot \sin w' \angle'} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\delta q}{2\epsilon_0 m g \cos \angle}}$$

$$\sin w \angle = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{B} \left(\mu \epsilon \tan \angle - \frac{\mu \delta q}{2\epsilon_0 m g \sin \angle} \right) \right)^2}$$

$$\sin w' \angle' = \sqrt{1 - \mu^2 \epsilon \tan^2 \angle} \quad \sin w' \angle' = \sqrt{1 - (1 - \mu^2 \epsilon \tan \angle)^2}$$

$$\text{Diberikan: } \mu \text{ up } \angle = \angle_{\text{up}}: \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{1}{B} + 1}$$

$$\mu \text{ } \angle \neq \angle_{\text{up}}: \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 - \frac{\delta q}{2\epsilon_0 m g \cos \angle}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\delta q}{2\epsilon_0 m g \cos \angle}}} \cdot \frac{\sin w \angle}{\sin w' \angle'}$$

$$\text{nyaa. } \frac{\delta q}{2\epsilon_0 m g} = 0,5 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 - \frac{1}{2 \cos \angle}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2 \cos \angle}}} \cdot \frac{\sin w \angle}{\sin w' \angle'}$$

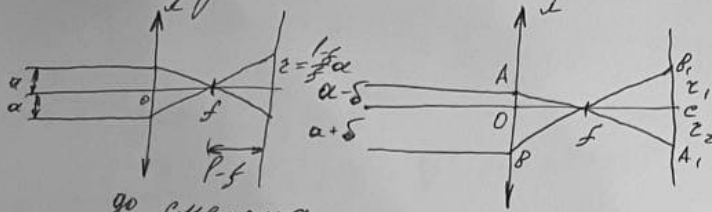
Задача 4.3.1.

Условия. 6

Дано:

- $f = 20 \text{ см}$
- $\delta = 0,5 \text{ см}$
- $\Delta = 1 \text{ см}$

$f = ?$



- параллельный пучок собирается в фокусе
- расстояния ΔAOf и ΔA_1Cf : $\frac{z_2}{a-\delta} = \frac{f-f}{f}$
- расстояния ΔBO_f и ΔB_1C_f : $\frac{z_1}{a+\delta} = \frac{f-f}{f}$

расстояние от центра до оптической оси: $\delta = z_1 - z_2 = \frac{f-f}{f} \cdot \delta \Rightarrow$
 \Rightarrow центр симметрии на $\Delta = \delta' + \delta = \frac{f}{f} \cdot \delta$
 $f = f \cdot \frac{\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$

Ответ: $f = 10 \text{ см}$

4.3.1. Вопросы.

Фокусное расстояние т.е. - расстояние от центра оптической оси от ее центра до точки, в которой собирается пучок света параллельный главной оптической оси.

Если мы по обе стороны поверхности линзы покажем преломления совпадаем, то совпадают и фокусные расстояния по обе стороны, иначе они будут отличаться в величину отношения показателей преломления.

$$D = \frac{n_1}{F_1} = \frac{n_2}{F_2} = \pm \frac{n_2 - n_1}{R_1} \pm \frac{n_2 - n_2}{R_2}$$

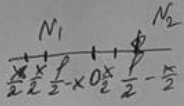
- знаки расставляются в соответствии с внутренней поверхностью линзы.

Оптическая сила: $D = \pm \frac{n_2 - n_1}{R_1} \pm \frac{n_2 - n_2}{R_2}$

В частности для воздуха ($n=1$): $D = (\pm)(n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{F}$
 Оптическая сила показывает способные на сколько хорошо линза собирает/рассеивает лучи.

5

Uppöbning 6



$$N_1 \frac{l-x}{2} = N_2 \frac{x}{2}, \quad N_1 + N_2 = mg \cos \alpha$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{l}{x} - 1 \right), \quad N_1 \frac{l}{x} = mg \cos \alpha, \quad N_1 = mg \cos \alpha \frac{x}{l}$$

$$F_{fr} = \mu N_1 = \mu mg \cos \alpha \frac{x}{l} \leftarrow \text{varierande}$$

$$m a = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \frac{x}{l}, \quad a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \frac{x}{l} \Rightarrow x = g \sin \alpha t$$

$$x' = x - l \cdot \frac{t g \alpha}{l} = A \sin \omega t + B \cos \omega t \quad \omega^2 = \mu g \cos \alpha \frac{1}{l}$$

$$x(0) = 0, \quad v(0) = 0 \Rightarrow A = 0, \quad x(t) = l \frac{t g \alpha}{\mu} (1 - \cos \omega t)$$

$$v(t) = l \frac{t g \alpha}{\mu} \omega \sin \omega t \quad v_l = l \frac{t g \alpha}{\mu} (1 - \cos \omega t)$$

$$v_1 = l \frac{t g \alpha}{\mu} \omega \sqrt{1 - \left(1 - \frac{t g \alpha}{l}\right)^2} \quad \cos \omega t = 1 - \frac{t g \alpha}{l}$$

$$N_1 = \left(mg \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0} \right) \frac{x}{l}$$

$$m a = mg \sin \alpha - \mu \left(mg \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0} \right) x$$

$$a + \mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right) x = g \sin \alpha$$

$$x(t) = \frac{g l \sin \alpha}{\mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right)} (1 - \cos \omega' t) \quad \omega'^2 = \mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right)$$

$$d = \text{dmp} : \omega' t \gg \cos \omega' t = 0 \Rightarrow v_1 = l \frac{t g \alpha}{\mu} \omega$$

$$\text{BE } \frac{\mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right)}{g \sin \alpha} = 1 - \cos \omega' t', \quad \cos \omega' t' = \frac{\mu \sigma g}{2 \epsilon_0 m g \sin \alpha} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 16 \cdot 10^{-10}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$t g \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$v_2 = \frac{g l \sin \alpha \sin \omega' t'}{\mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right)} \cdot \omega' \sqrt{\frac{2}{3}}$$

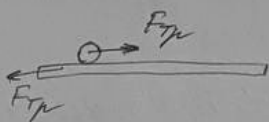
$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\omega'}{\omega} \cdot \frac{g l \sin \alpha}{\mu \left(g \cos \alpha + \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m} \right)} \cdot \frac{\mu \cos \alpha}{l g \alpha} = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\omega'}{\omega} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sigma g}{2 \epsilon_0 m g \cos \alpha}}$$

$$1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}-1}} = \frac{(1+\sqrt{3})(\sqrt{3}+1)}{(\sqrt{3}-1)^2} = \frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}+3} \quad (1+\sqrt{3})^2 = 4+2\sqrt{3}$$

$$= \frac{1+\sqrt{3}}{3} \quad \frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}+3} = \frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}+3} \cdot \frac{\sqrt{3}-3}{\sqrt{3}-3} = \frac{(1+\sqrt{3})(\sqrt{3}-3)}{12-9} = \frac{1+\sqrt{3}}{3}$$

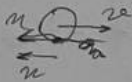
6

Упробук 8

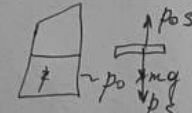
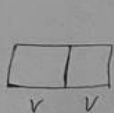


$F_{Tn} = \mu mg$, $m v_2 = \Delta m v$
 $N = F_{Tn} z$ $z = \Delta z$

$Nz = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} + \mu mg x$
 $z = \frac{v_2}{\mu g} \Rightarrow \frac{N z}{\mu g} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} + \mu mg x$



$\frac{v + v_2}{2} = \omega z$, $F_{Tn} z \omega = N$, $\mu mg (z + u) = N$



$p_0 V = p(x + \frac{V}{S}) S$
 $p_0 S = mg + p_0 \frac{V}{x + \frac{V}{S}}$

100	10
-50	5,2
38	
	120

$p S = p_0 S - mg$, $x = \frac{p_0 V}{p S} - \frac{V}{S} = \frac{p_0 V}{p_0 S - mg} - \frac{V}{S} =$

$\frac{10^{-3}}{10^{-2}} = 10^{-1}$

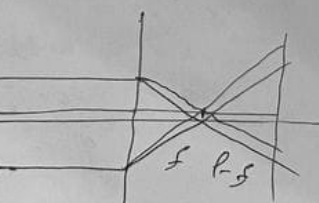
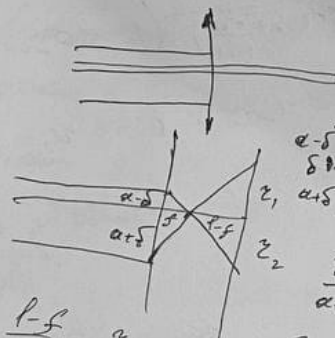
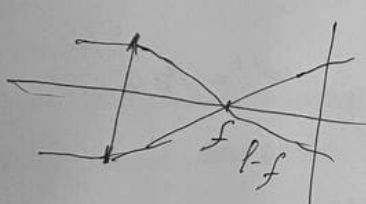
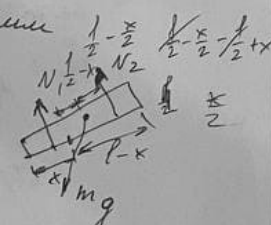
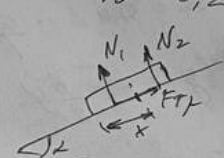
$\frac{1}{\frac{10^3}{50} - 1} = \frac{1}{19}$

$= \frac{V}{S} \left(\frac{1}{1 - \frac{mg}{p_0 S}} - 1 \right) = \frac{V}{S} \cdot \frac{p_0 S - mg}{p_0 S - mg - 1}$



$N = mg \cos \alpha$
 $F_{Tn} = mg \sin \alpha$, $f g d m = \mu$

$\frac{1}{19} \cdot 10^{-1} \cdot 10^3 = \frac{100}{19} = 5,2 \text{ mm}$



$\frac{z_1}{a_1} = \frac{l-f}{f} = \frac{z_2}{a_2}$
 $z_1 + z_2 = \frac{l-f}{f} (a_1 + a_2)$, $z = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{l-f}{f} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$
 $\Delta = \Delta_1 + \delta = \frac{l-f}{f} \cdot \delta + \delta = \delta \cdot \frac{l}{f}$
 $f = \frac{\delta}{\Delta} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 20 = 10 \text{ cm}$