



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Меньшиков Ефим Дмитриевич**

Класс: 11

Технический балл: **85**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9063585

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	85
Вопрос	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	

N1.3.1

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$N = 2157$

$m = \frac{1}{3} \text{ кг}$

$\mu = 0,3$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$x = ?$

1) $F_{\text{тр}}^{\text{max}} = \mu mg$

$a = \frac{F_{\text{тр}}}{3m}$ — ускорение доски

$a = \frac{\mu mg}{3m} = \frac{\mu g}{3}$ по 2 закону Ньютона

2) Брусок в со доски.

$F_{\text{об}x} = m a_x + F_{\text{тр}x} = m \frac{F_{\text{тр}}}{2m} + F_{\text{тр}} = \frac{4}{3} \mu mg$

23(1): $a_{\text{отн}} = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \frac{4}{3} \mu g$

3) Когда проскальзывает



$\omega R - V_{\text{доски}} = V$

4) Мощность идет на увеличение кинетической энергии тела и на работу силы трения

$N = \mu mg R \omega \Rightarrow \omega R = \frac{N}{\mu mg}$

тогда из (1): $\frac{N}{\mu mg} = V_{\text{доски}} + V = V_{\text{отн}}$

$x = \frac{V_{\text{отн}}^2}{2 a_{\text{отн}}} = \frac{N^2}{2 \mu^2 m^2 g^2} = \frac{3 N^2}{8 \mu^2 m^2 g} = \frac{3 \cdot 2^2}{8 \cdot 0,3^2 \cdot 10} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ м}$

Ответ: 4,5 м

Вопрос: Импульсы системы материальных точек

равняется сумме импульсов всех точек: $\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$, где

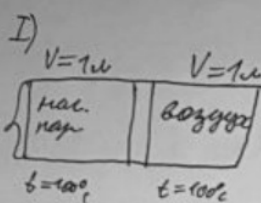
$\vec{p}_i = m_i \vec{v}_i$ — импульс i -ой частицы, тогда $\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = m_c \vec{v}_c$

скорость центра масс

Закон сохранения импульса: Сумма импульсов частиц системы ~~равна~~ есть величина постоянная, если $\sum \vec{F}_{\text{внеш}} = \vec{0}$ (импульс внешних сил равен 0)

(1)

1. $N_2 \cdot 2-1$
 2. $m = 5 \text{ кг}$
 3. $V = 1 \text{ м}$
 4. $t = 100^\circ \text{C}$
 5. $T = \text{const}$
 6. $S = 0.01 \text{ м}^2$
 7. $g = 10 \text{ м/с}^2$
 8. $p_0 = 10^5 \text{ Па}$
 9. $x = ?$



II



цилиндр

Когда цилиндр горизонтален:

$$p_{\text{воздуха}} = p_{\text{нас. пар}} = p$$

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{pV}{RT}$$

2) Когда цилиндр вертикально поставлен давление пара такое же, а давление воздуха: $p_{\text{возд}} = p - \frac{mg}{S}$
 Поршень сместился на расстояние x и объем воздуха увеличился на $S \cdot x$.

3) Для воздуха запишем уравнение состояния

$$(p - \frac{mg}{S})(V + xS) = \nu RT = pV$$

$$x = \frac{mgV}{S(pS - mg)}$$

$$S(pS - mg)$$

$$m_{\text{пар}} \approx 0,6 \text{ г}$$

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ 0,06% от объема сосуда

$$x = \frac{V}{S} \frac{mg}{pS - mg}$$

$$m = \frac{pS}{2g} \rightarrow x = \frac{V}{S} \frac{mg}{pS - mg}$$

$$m = \frac{pS}{2g} \rightarrow x = \frac{V}{S}$$

$$x = 3,3 \text{ мм} \quad \text{ответ: } 3,3 \text{ мм}$$

Вопрос: Влажность - величина, характеризующая содержание водяных паров в объеме воздуха

Относительная влажность показывает на сколько пар близок к насыщению: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\% = \frac{p}{p_{\text{н.п}}} \cdot 100\%$

p - давление паров (парциальное) $p_{\text{н.п}}$ - давление насыщенного пара ②

УЗ 5.1

Задача:

$m = 100 \text{ г}$

$\angle \alpha = 30^\circ$

$\sigma = +3 \mu\text{ККл/м}^2$

$q = +3 \mu\text{ККл}$

$\epsilon_0 = 8.10^{-12} \text{ Ф/м}$

$\frac{v_2}{v_1} = ?$

$\frac{v_2}{v_1} = ?$

Косинусовый теорема

1) $\mu = 0$ на гладкой пов.

μ на шероховатой пов

по условию дан. $d \cdot \mu$

$N = mg \cos \alpha$

Условие прямолинейного движения:

$$\mu N = mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu = \tan \alpha = \frac{\sqrt{3}}{3} < 1$$

2) Пусть пластина зашла на шероховатую поверхность на x , тогда $N_1 = \frac{x}{L} mg \cos \alpha$

$$N_2 = \frac{L-x}{L} mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1 = \mu \frac{x}{L} mg \cos \alpha$$

$$2.3.4: mg \sin \alpha - \mu \frac{x}{L} mg \cos \alpha = m \frac{dv}{dt} = m \frac{dv}{dx} v$$

$$g (\sin \alpha - \mu \frac{x}{L} \cos \alpha) = \frac{v dv}{dx}$$

$$g (\sin \alpha - \sin \alpha \frac{x}{L}) = \frac{v dv}{dx}$$

$$g \sin \alpha (1 - \frac{x}{L}) = \frac{v dv}{dx}$$

$$v_1^2/2 = g \sin \alpha (L - \frac{L^2}{2L}) = \frac{g \sin \alpha L}{2}$$

$$v_1^2 = g \sin \alpha \cdot L$$

3) Если пластина диэлектрическая, то

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ поле от равномерно заряженной поверхности

$F = E \cdot q = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} q$ — уменьшает силу N

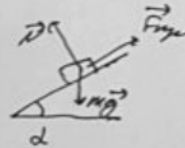
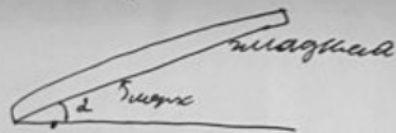
$$N = mg \frac{x}{L} \cos \alpha - \frac{\sigma q x}{2\epsilon_0 L} > 0$$

$$\frac{m v dv}{dx} = mg (\sin \alpha - \mu \frac{x}{L} \cos \alpha) + \mu \frac{\sigma q x}{2\epsilon_0 L}$$

$$\frac{v dv}{dx} = g \sin \alpha (1 - \frac{x}{L}) + \frac{\mu \sigma q x}{2\epsilon_0 m L}$$

③

математик



Умножим

$$1 \quad \frac{V_2^2}{2} = q \sin \alpha \cdot L \cdot \frac{1}{2} + \frac{\mu \sigma q}{2 \epsilon_0 m} \frac{L}{2}$$

$$2 \quad V_2^2 = q \sin \alpha \cdot L + \frac{\mu \sigma q}{\epsilon_0 m} \frac{L}{2}$$

$$3 \quad \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{\mu \sigma q L}{2 \epsilon_0 m g \sin \alpha \cdot L}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 m g \cos \alpha}}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^6 (\text{мкКл}) \cdot \frac{1}{0.1}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{В} \cdot \text{м}} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 9.8 \text{ м/с}^2 \cdot \cos 38^\circ}} \approx 1.26$$

Ответ: 1,26

Вопросы: Электроёмкость системы из двух проводящих пластин $C = \frac{q}{\Delta \varphi} = \frac{q}{u}$; q - заряд на проводнике, $\Delta \varphi$ - разность потенциалов.

Для ~~плоского~~ плоского конденсатора: $\Delta \varphi = E d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$

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

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

с добавлением диэлектрика, так чтобы $\epsilon = \cos \alpha$

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

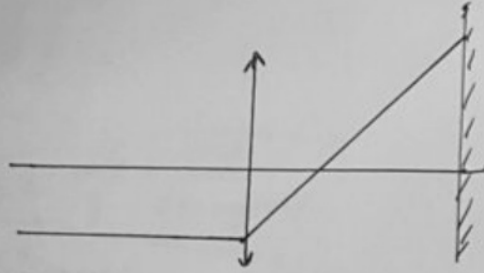
9

1/4.3.1

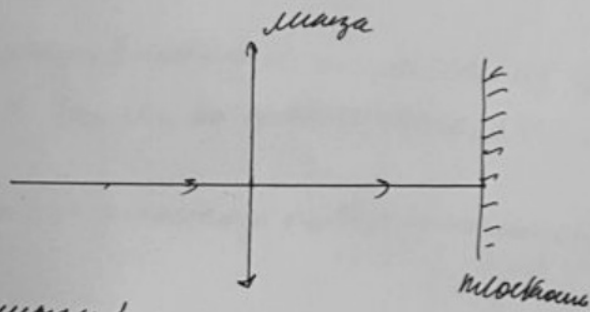
Radio

 $\ell = 20 \text{ см}$ $\delta = 0,5 \text{ см}$ $\Delta = 1 \text{ см}$ $F = ?$ Пусть $F < \ell = 20 \text{ см}$, то

устойчив

 $\frac{V_1}{V_2}$

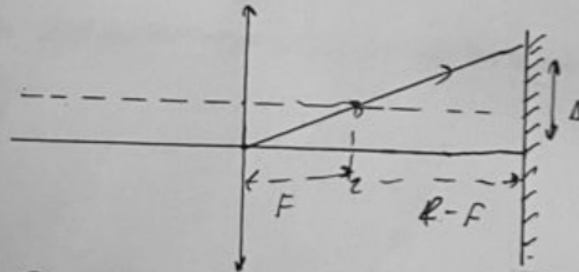
По условию задачи, видимо, предполагается, что луч падает перпендикулярно оптической оси

 $\frac{V_1}{V_2}$ 

Падение луча перпендикулярно оптической оси на δ

тогда $F < \ell = 20 \text{ см}$

C



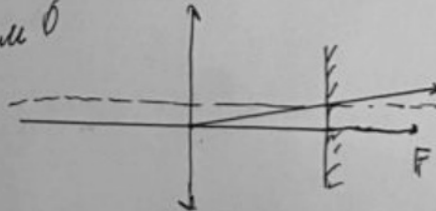
$$\Delta = \delta + \frac{L-F}{F} \delta = \frac{L}{F} \delta \text{ (из подобия треугольников)}$$

$\Delta = 1 \text{ см}$, $\delta = 0,5 \text{ см}$, $L = 20 \text{ см}$, тогда

$$F = \frac{L\delta}{\Delta} = \frac{20 \cdot 0,5}{1} = 10 \text{ см}$$

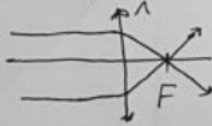
2) Если $F > \ell = 20 \text{ см}$

то $\Delta > \delta$, тогда $F < \ell = 20 \text{ см}$



Ответ: $F = \frac{L\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$ (5)

Вопросы: Фокусное расстояние F ^{чистовик} тонкой линзы - это расстояние от главного оптического центра до соответствующего фокуса - точки схождения параллельных лучей света



Оптическая сила - величина, характеризующая ~~преломляющую~~ ~~преломляющую~~ способность линзы
 $D = \frac{1}{F}$ (измеряется в дптр)

$$D = \frac{1}{F} \text{ (измеряется в гнтр)}$$

через ф-лу тонкого мизига: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$ и $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$

$$\underline{D = \frac{1}{f} + \frac{1}{s}} \quad \underline{\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}}$$

N 1.31

Дано:

 $M = 1 \text{ кг}$ $N = 237$ $m = \frac{1}{3} \text{ кг}$ $\mu = 0.3$ $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:

$$1) F_{\text{тр max}} = \mu N = \mu M g$$

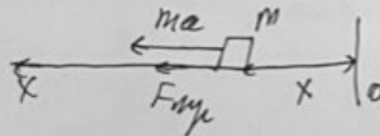
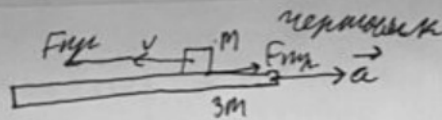
$$a = \frac{F_{\text{тр}}}{3m} - \text{ускорение груза}$$

$$a = \frac{\mu M g}{3m} = \frac{\mu g}{3} = 23 \text{ Н}$$

2) Перетянем в 10 раз.

$$F_{\text{обх}} = m a_x + F_{\text{тр х}} = m \frac{F_{\text{тр}}}{3} + F_{\text{тр}} = \frac{4}{3} \mu M g$$

$$a_{\text{обх}} = \frac{F_{\text{обх}}}{m} = \frac{4}{3} \mu g = 23 \text{ Н}$$



3) Роль трения

 $\omega r = v$ - условие отсутствия проскальзывания

4) Мощность идет на увеличение кинетической энергии тела и на работу против силы трения

$$N = \mu M g \cdot r \cdot \omega \Rightarrow \omega R = \frac{N}{\mu M g}$$

$$\text{После укл(т): } \mu M g = v_{\text{центр}} + v = v_{\text{окл}} \omega$$

$$X = \frac{v_{\text{окл}}^2}{2 a_{\text{окл}}} = \frac{N^2}{\mu^2 M^2 g^2} = \frac{3 \cdot 2^2}{8 \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot 10} = \frac{3 \cdot 4}{8 \cdot 0.3 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10} = \frac{12}{8 \cdot 0.3 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10} = \frac{12}{\frac{8 \cdot 0.3 \cdot 1}{9} \cdot 10} = \frac{12}{\frac{2.4}{9} \cdot 10} = \frac{12}{\frac{24}{9}} = \frac{12 \cdot 9}{24} = \frac{9}{2} = 4.5 \text{ м}$$

$$\ominus \frac{3 \cdot 4}{8 \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot 10} = \frac{12}{8 \cdot 0.3 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10} = \frac{12}{\frac{8 \cdot 0.3 \cdot 1}{9} \cdot 10} = \frac{12}{\frac{2.4}{9} \cdot 10} = \frac{12 \cdot 9}{24} = \frac{9}{2} = 4.5 \text{ м}$$

Примечание:

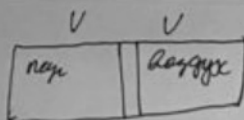
Угловую систему материальных точек называется угловая

Угловых всех точек: $\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$

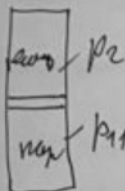
④

модель 11

$N \quad N 2.21$
 $M \quad m = 5 \text{ кг}$
 $M \quad V = 1 \text{ м}$
 $N \quad t = 100^\circ \text{C}$
 $M \quad S = 0,01 \text{ м}^2$
 $M \quad P_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $g \quad g = 10$
 $X \quad X = ?$



1) $P_1 = P_2$ (условие равновесия, т.к. пар и воздух находятся в равновесии с атмосферой)
 $P_0 V = 0 \text{ КТ}$



$P_1 = P_2$ пар до сих пор будет насыщенным, часть пар. конденсируется.
 условие равновесия: $P_1 S - P_2 S = mg$
 $P_2 (Y + X + S) = P_0 V = P_0 V - \text{грав. воздуха}$

$$P_0 S - \frac{P_0 V}{Y + X + S} S = mg$$

$$P_0 S \left(\frac{Y + X + S - V}{Y + X + S} \right) - mg$$

$$P_0 S \cdot \frac{XS}{Y + X + S} = mg$$

$$XS \cdot \frac{P_0 S}{mg} = V + XS$$

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

$$X = \frac{V}{S \left(\frac{P_0 S}{mg} - 1 \right)} = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^2 \left(\frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2}{5 \text{ кг} \cdot 10} - 1 \right)} = 5,3 \text{ мм}$$

$$X \frac{1}{2} = \frac{V}{S} = \frac{10^{-3} \text{ м}^3}{0,01 \text{ м}^2} = 100 \text{ мм}$$

$$X = X_1 \text{ (то есть будет пар)}$$

$$X = 5,3 \text{ мм}$$

Паровая влажность - величина, характеризующая содержание паров в объеме газов

$$\text{Относительная влажность: } \varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\% = \frac{P}{P_{\text{нм}}} \cdot 100\%$$

на столько пар близок к насыщенному

P - давление паров (парциальное)

P - давление насыщенного паров

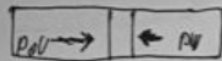
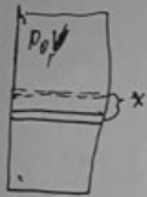
Абсолютная влажность - плотность насыщенного пара в воздухе

22

2

№ 2,1

Черный



$$\varphi = \frac{p_{0H}}{p_{HH}}$$

$$p_{0H} = p_{HH}$$

$$pV = \nu RT \quad 2 \text{ м.}$$

$$p_0 S + mg = pS$$

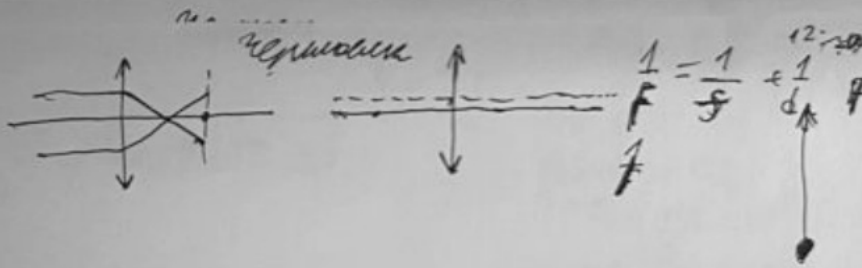
$$\therefore p = p_0 + \frac{mg}{S} = 10^5 + \frac{5 \cdot 10}{0,01} =$$

$$= 10^5 + 5000$$



~~Черный~~
~~Черный~~

$N 4.3.1$
 дано:
 $\ell = 20 \text{ см}$
 $\delta = 0,5 \text{ см}$
 $\Delta = 1 \text{ см}$
 ЭФ-?



$N 3.5.1$
 $M = 1002$
 $\alpha_{\text{max}} = 30^\circ$
 $\sigma_0 = 0$
 v_1
 $\sigma = +3 \text{ МРК} / \text{мм}^2$
 $q = +3 \text{ МРК}$
 v_2
 $\frac{v_1 - 1}{v_2}$

