



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Корниенко Сергей Михайлович**

Класс: 11

Технический балл: **86**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

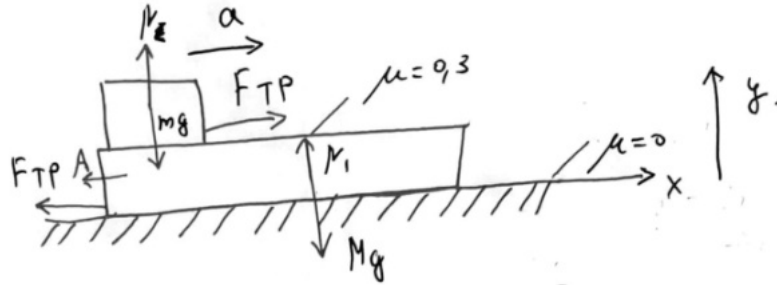
ШИФР РАБОТЫ 9702553

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>11</i>	86
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	

$$\begin{aligned}
 M &= 1 \text{ кг} \\
 h &= 2 \text{ Вт} \\
 m &= \frac{M}{h} \\
 \mu &= 0,3 \\
 g &= 10 \text{ м/с}^2 \\
 X &= ?
 \end{aligned}$$

Условие

Решение



a - лабораторное ускорение машины

A - лабораторное ускорение груза.

Машина будет везти вперед из-за F_{TP} . В силу III З.Н.

на груз будут действовать тоже те F_{TP} , но в противоположном направлении.

II З.Н. для машины: $m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{TP}$

$$\begin{aligned}
 OY: 0 &= N - mg \Rightarrow N = mg \\
 OX: ma &= F_{TP} = \mu N
 \end{aligned}
 \Rightarrow ma = \mu mg \Rightarrow a = \mu g$$

II З.Н. для груза: $M\vec{A} = \vec{Mg} + \vec{M}_1 + \vec{F}_{TP}$

$$OY: 0 = M_1 - Mg \Rightarrow Mg = M_1$$

$$OX: -MA = -F_{TP} \Rightarrow MA = F_{TP} = \mu N = \mu mg \Rightarrow A = \frac{\mu mg}{M}$$

$$\Rightarrow A = \frac{\mu Mg}{Mh} = \frac{\mu g}{h}$$

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F_{TP} \cdot \cancel{t} \cdot \cancel{t}}{t} = F_{TP} \cdot \cancel{t} = \mu mg \cdot \cancel{t} \Rightarrow \text{колеса автомобиля}$$

коэффициент трения $\mu = \frac{N}{Mg}$ Перейдем в с.о. груза.

$$\text{Поэтому } a' = a + A = \mu g + \frac{\mu g}{h} = \mu g \left(1 + \frac{1}{h}\right)$$

①

Числовий

Таким образом, при торможении, когда скорость автомобиля в с.о. земли становится 0, ⇒ равно ускорение, которое он испытывает (движение равно-
 ускоренное) * $S = \frac{v^2}{2a}$

$$= \frac{4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{2 \cdot 27} = \frac{N^2 \cdot n}{2 \mu^2 m^2 g^2 \cdot \mu g (n+1)} = \frac{N^2 n}{2 \mu^3 m^2 g^3 (n+1)}$$

$$= \frac{N^2 n^3}{2 \mu^3 14^2 g^3 (n+1)} =$$

$$= \frac{4 \cdot 27 \cdot 1000}{2 \cdot 27 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 4 \cdot 4} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (км)}$$

Отв: 0,5 км.

(2)

- 1) Импеданс системы материальных точек: Это есть сумма всех импедансов точек, входящих в систему, т.е. $\vec{p} = \sum_{i=1}^k m_i \vec{v}_i$
- 2) Закон сохранения импульса (ЗСИ): Если суммарный импульс внешней силы, действующей на систему равен 0, то выполняется ЗСИ, т.е. \vec{p} постоянный = \vec{p} константы. Внешняя сила - сила, действующая на систему, но не входящая в нее.
- 3) Влажность - плотность водяных паров (ρ) в данный момент (при данных условиях)
- 4) Относительная влажность - отношение парциального давления воздуха к давлению насыщенного водяного паров при данной температуре.
- 5) Электропроводность - характеристика свойств проводника, определяющая возможность ^и протекания зарядов на нем.
- 6) $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, где S - площадь пластин, d - расстояние между ними
 ϵ_0 - Эл. постоянная, ϵ - ^{диэл.} диэлектрическая проницаемость.
- 7) Расстояние от центра линзы F до фокуса есть фокусное расстояние ^{полюсов линзы}.
- 8) Величина, обратная фокусному расстоянию ($\frac{1}{F}$), есть оптическая сила ^{полюсов линзы}.

Учитель

(3)

(4)

Условие

Решение

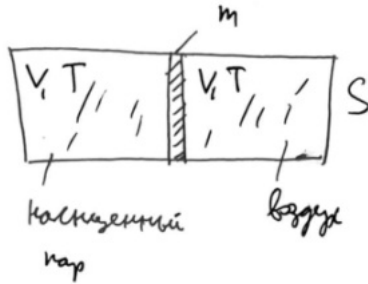
№2

$m = 5 \text{ кг}$
 $V = 1 \text{ м}$
 $t = 100^\circ \text{C} = 373 \text{ К}$
 $S = 0,01 \text{ м}^2$
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

 $x = ?$

Начальное состояние:

$T = 373 \text{ К}$

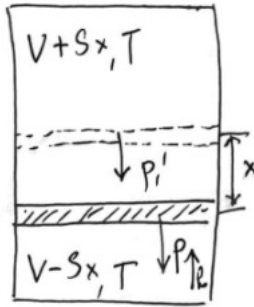


Давление накаленного пара при $t = 100^\circ \text{C}$ равно 1 атмосфере или $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

Т.к. поршень неподвижен, то давления слева и справа сбалансированы. $\Rightarrow p_1 (\text{воздуха}) = p_0$

Уравнение Менделеева - Клапейрона: $p_1 V = \nu R T$, где ν - кол-во молей ~~воздуха~~ воздуха.

Конечное состояние:



Т.к. пар был накаленным и $T = \text{const}$, то из-за уменьшения объема в "отсеке" просто выделиться вода, а давление все так же будет p_0 . Однако теперь появилось давление поршня $P = \frac{mg}{S}$.

Т.к. поршень неподвижен, то $p_0 = P + p_1$

(9) (18)

$$p_0 = \frac{mg}{S} + p_1' \quad (3)$$

Умножим.

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона: для воздуха:

$$p_1' (V + Sx) = \nu R T \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2): $\Rightarrow p_1 V = p_1' (V + Sx) \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_1' = \frac{p_1 V}{V + Sx}$$

(3): $p_0 = \frac{mg}{S} + \frac{p_1 V}{V + Sx} = \frac{mg}{S} + \frac{p_0 V}{V + Sx} \Rightarrow$

$$\Rightarrow V + Sx = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} = \frac{p_0 S V}{p_0 S - mg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{p_0 S V - p_0 S V + mg V}{(p_0 S - mg) S} = \frac{mg V}{(p_0 S - mg) S} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 100}{1000 \left(\frac{100000}{100} - 5 \cdot 10 \right)} =$$

$$= \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ (м)}$$

Отв: $\frac{1}{190}$ (м)

(5)

(10)

У.

Уменьшен.

Решение.

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sigma = 3 \frac{\text{мкКл}}{\text{м}^2}$$

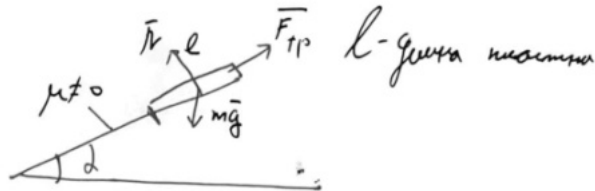
$$q = 3 \text{ мкКл}$$

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

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

Рассмотрим первую часть:


 $F_{TP} = \mu N$, где N - все частицы пластинки, которая
 уже на определенной поверхности. $\Rightarrow N = \frac{mg \cos \alpha}{l} \cdot x$,

 где x - расстояние от начала до текущего края

 пластинки. Тогда $F_{TP} = \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} x$

$$dA_{TP} = F_{TP} dx \Rightarrow \int_0^l dA_{TP} = \int_0^l \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} x dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{TP} = \frac{\mu mg \cos \alpha}{l} \frac{x^2}{2} \Big|_0^l = \frac{\mu mg \cos \alpha \cdot l^2}{l \cdot 2} = \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2}$$

$$\Delta \Pi = mg \Delta h = mg l \sin \alpha, \text{ т.к. пластинка прошла по расстоянию } l \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{но высота } h = l \sin \alpha.$$

$$3C3: mg l \sin \alpha - A_{TP} = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow mg l \sin \alpha - \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2} = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow$$

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

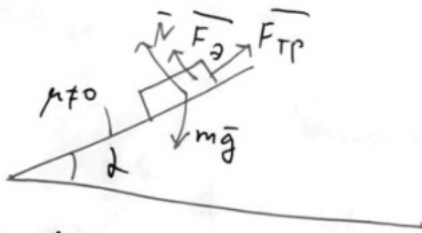
Второй вариант: все то же самое, но добавляется электрическое поле
 пластинки с $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow F_{\text{э}} = Eq = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0}$, т.к. заряды отталкиваются,

они отталкиваются.

(6)

(5)(6)

Ученский



$$N \neq mg \cos \alpha$$

Положим, что "умень" не уменьшился: $mg \cos \alpha - \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} =$

$$= 0,1 \cdot 10^3 \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^{12}}{2 \cdot 9 \cdot 10^6 \cdot 10^6} = \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} > 0 \Rightarrow mg \cos \alpha > \frac{q\sigma}{2\epsilon_0}$$

\Rightarrow не умень.

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

$$\downarrow A_{TP} = F_{TP} dx = \left(\frac{\mu mg \cos \alpha}{e} - \frac{\mu q\sigma}{2\epsilon_0} \right) dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_0^l \downarrow A_{TP} = \int_0^l \left(\frac{\mu mg \cos \alpha}{e} - \frac{\mu q\sigma}{2\epsilon_0} \right) dx =$$

$$= \int_0^l \frac{\mu mg \cos \alpha}{e} dx - \int_0^l \frac{\mu q\sigma}{2\epsilon_0} dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{TP} = \frac{\mu mg \cos \alpha}{e} l - \frac{\mu q\sigma l}{2\epsilon_0}$$

Кинетическая: $\Delta \Pi = mg \Delta h = mgl \sin \alpha$

(3): $mgl \sin \alpha - A_{TP} = \frac{mv^2}{2}$

(8)

(7)

Умови.

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

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

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

Уз умови задачі, оскільки $m g \sin \alpha = \mu m g \cos \alpha \Rightarrow \tan \alpha = \mu$

(уравок можна використати як використати нерівність).

$$\text{Тоді (1)} = \frac{g (2 \sin \alpha - \sin \alpha) + \frac{\mu q \sigma l}{\epsilon_0 m}}{g (2 \sin \alpha - \sin \alpha)} =$$

$$= \frac{g \sin \alpha + \frac{\mu q \sigma l}{\epsilon_0 m}}{g \sin \alpha} = 1 + \frac{q \sigma}{\epsilon_0 m \cos \alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{q \sigma}{\epsilon_0 m \cos \alpha g}} = \sqrt{1 + \frac{3 \cdot 3 \cdot 2}{9 \cdot 1 \cdot \sqrt{3}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3} + 2}{\sqrt{3}}}$$

(17) (8)

M

Условие.

Т. к. линза тонкая, то можно применить формулу тонкой линзы.
 Пусть расстояние от источника до линзы a . Источник использует лучи параллельных лучей к линзе Экри на расстоянии l .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{l}. \quad \text{Пусть } H - \text{высота источника над линзой } OO', \text{ а}$$

h - высота изображения.

$$\frac{a}{l} = \frac{H}{h}$$

Пусть линзу сместили вверх на δ . Тогда новая высота

изображения $h' = h - \delta + \Delta$, а новая высота ^{источника} $H' = H + \delta$

горизонтальная расстояния не меняются

$$\frac{a}{l} = \frac{H + \delta}{h - \delta + \Delta} \Rightarrow a h - a \delta + \Delta a = l H + \delta l, \text{ то } a h = l H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -a \delta + \Delta \cdot a = \delta l \Rightarrow a = \frac{\delta \cdot l}{\Delta - \delta} \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow f = \frac{\delta l}{\Delta} = \frac{20}{2} = 10 \text{ (см)}$$

Отв: 10 см

(9)