



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Сторожук Андрей Павлович**

Класс: 11

Технический балл: **84**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9668266

| | 1 | 2 | 3 | 4 | Σ |
|--------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Задача | <i>15</i> | <i>12</i> | <i>5</i> | <i>14</i> | 84 |
| Вопрос | <i>10</i> | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>9</i> | |

Листовик (1 метр).

1.3.1.

Дано: $M = 1 \text{ кг}$

$N = 2 \text{ Вт}$

$n = 3 \text{ раза}$

$\mu = 0.3$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

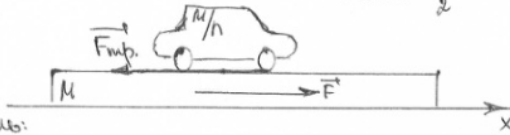
$x = ?$

Решение:

Будем находиться в инерциальной системе отсчёта (ИСО).

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$E_{\text{кин}} = \frac{mV^2}{2}$$



Пусть:

$x_1(t)$ - координата центра масс доски

$x_2(t)$ - координата центра масс автомобиля

условие проскальзывания - $F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu \frac{M}{n} g$

По II-ому 3-му Ньютона:

$$\text{ОХ: } \frac{M}{n} \ddot{x}_2 = \mu \frac{M}{n} g$$

$$M \ddot{x}_1 = -\mu \frac{M}{n} g$$

$$x_2 = \frac{\mu g t^2}{2} + x_{20}$$

$$x_1 = -\frac{\mu g t^2}{2n} + x_{10}$$

Плюс:

$$\ddot{x}_2 = \mu g$$

$$\ddot{x}_1 = -\frac{\mu}{n} g$$

Смещение относительно доски:

$$\Delta x = x_2 - x_1 - (x_{20} - x_{10}) = \frac{\mu g t^2}{2} + x_{20} - \frac{\mu g t^2}{2n} + x_{10} - x_{20} + x_{10} = \frac{\mu g t^2}{2} \left(1 + \frac{1}{n}\right)$$

Работа двигателя:

- изменение кинетической энергии доски;
- потери из-за работы силы трения;
- изменение кинетической энергии автомобиля.

Возьмём некий промежуток времени $(t; t + \Delta t)$:

$$\Delta E_{\text{кин}} = \frac{m}{2} (\dot{x}(t + \Delta t)^2 - \dot{x}(t)^2)$$

$$|\dot{x}_1(t)| = \frac{\mu g t}{2}$$

$$|\dot{x}_2(t)| = \mu g t$$

$$\Delta E_{\text{кин. автомобиля}} = \frac{M}{2n} \mu^2 g^2 ((t + \Delta t)^2 - t^2) \approx \frac{\mu^2 M g^2 t \Delta t}{n}$$

$$\Delta E_{\text{кин. доски}} = \frac{M}{2} \frac{\mu^2 g^2}{n^2} ((t + \Delta t)^2 - t^2) \approx \frac{\mu^2 M g^2 t \Delta t}{n^2}$$

$\Delta E_{\text{кин. авт.}} + \Delta E_{\text{кин. доск.}} + A_{\text{сил трения}} = A_{\text{двигателя}}$ (по 3-ему сохранению энергии)

$$\frac{\mu^2 M g^2 t}{n^2} (n+1) \leq N;$$

когда будет равенство: колёса перестанут проскальзывать

$$t = \frac{N \cdot n^2}{\mu^2 g^2 N (n+1)}; \quad t = \frac{2 \text{ Вт} \cdot 3^2}{0.3^2 \cdot \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} \cdot 1 \text{ кг} \cdot (3+1)} = 0.5 \text{ с.}$$

Смещение:

$$\Delta x = \frac{\mu g t^2}{2} \left(1 + \frac{1}{n}\right); \quad \Delta x = \frac{0.3 \cdot 10 \text{ м/с}^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot (0.5)^2 \left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{3 \cdot 0.1 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 4}{2 \cdot 3} = 0.5 \text{ м}$$

Ответ: 0.5 м.

Чистовик (2-ой лист)

1.3.1. Вопросы: (з-н. сохранения импульса: в замкнутой инерциальной системе отсчёта (ИСО))

Суммарный импульс системы материальных точек равен произведению суммы масс этих точек на скорость центра масс этой системы.

Центром масс системы, состоящей из n материальных точек, называют точку, радиус (вектор) которой равен отношению суммы произведений массы каждой точки на её радиус (вектор) к сумме масс этих точек.

Импульсом \vec{P} системы тел называют сумму импульсов тел, входящих в эту систему. ($\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$)

Силы взаимодействия между телами, принадлежащими системе, называют внутренними силами. (продолжение на чистовике 4-ый лист).

2.2.1. Вопросы: абсолютной влажностью называется ^{скал. физ. величина} плотность водяного пара, содержащегося в этом воздухе.

Пар, находящийся в динамической ^{с индикатором} равновесии, называют насыщенным. Относительная влажность воздуха — отношение ^{физ. скал. величина} парциального давления газа в воздухе к давлению насыщенного пара при той же температуре, выраженное на 100%: $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас.п.}}} \cdot 100\%$

3.5.1. Вопросы: Электроемкость — ^{скалярная физическая величина, равная} отношению заряда конденсатора к напряжению между его пластинами.

Э — диэлектрическая проницаемость
S — площадь между пластинами конденсатора
d — расстояние между пластинами конденсатора: $C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$; $C = \frac{q}{U}$ [φ] [$\varphi = \frac{1 \text{ кВ}}{1 \text{ В}}$]

Формула для электроемкости плоского конденсатора: Система, состоящую из двух изолированных друг от друга металлических проводников, называют конденсатором. (обкладки)

Числовик (3-ий лист)

4.3.1. Вопросы: Фокусное расстояние тонкой линзы - расстояние от главного фокуса собирающей линзы до ее оптического центра.

Линзой называется прозрачное тело, у которого хотя бы одна из поверхностей не является плоской.

Главным фокусом линзы является точка пересечения всех лучей, падающих на линзу параллельно главной оптической оси.

Линзу называют тонкой, если модули радиусов R_1 и R_2 , ограничивающих ее поверхностей, много больше толщины линзы.

Дважды толщею, лежащими на главной оптической оси, (если линза тонкая) одновременно являющимися пограничными точками линзы с поверхностями, можно пренебречь, заменив на одну точку - оптический центр линзы.

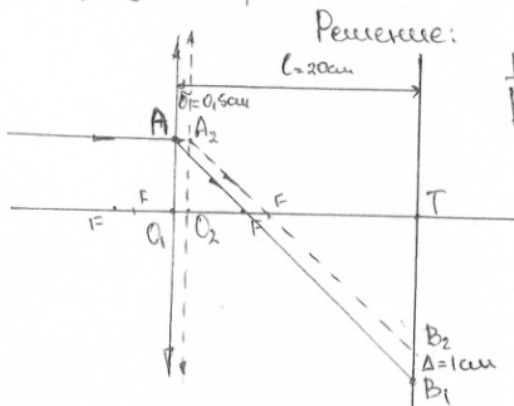
Фокусное расстояние рассеивающей линзы - расстояние от ее главного фокуса до оптического центра; берётся со знаком «минус».

$$\frac{1}{F} = \frac{n-1}{R_1 + \frac{1}{R_2}}$$

Величину, взятую обратно фокусному расстоянию линзы, называют оптической силой линзы. (диоптрий [дптр])

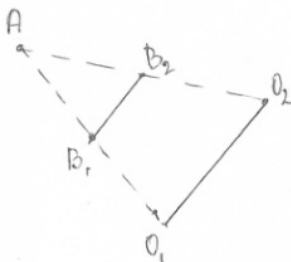
При 1 дптр фокусное расстояние линзы = 1 метр.

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



рассстояние от точки до центра и от осей
 расстояние от центра пятна до главн. опт. осей
 = const

- O_1 - центр линзы изначально
- A - пучок света до линзы
- O_2 - центр линзы потом
- B_1 - центр пятна сначала
- B_2 - центр пятна потом



$\Delta AOB_2 \sim \Delta A'O_1B_1$ по I-ому пр. $\sim \Delta$ -ов.

$$\frac{AO_2}{AB_2} = \frac{AO_1}{AB_1}$$

$O_1, O_2 = b = 0,5 \text{ см}$
 $B_1, B_2 = \Delta = 1 \text{ см}$
 не наш случай ($\Delta > b$)

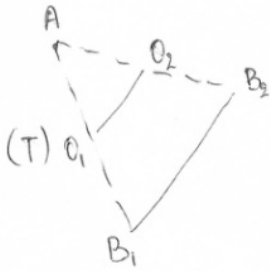
(продолжение на 4-ом листе)

Числовик (4-ый лист)

1.3.1. Вопросы:

Силы, действующие на тела системы со стороны тел, не входящих в эту систему, называют внешними силами. Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то суммарный импульс системы тел в инерциальной системе отсчёта (ИСО) сохраняется (не изменяется с течением времени).

Ч.3.1.



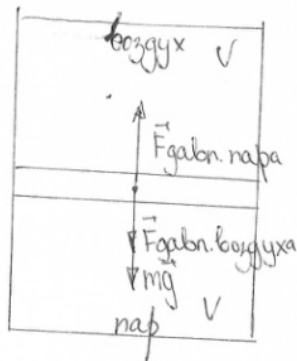
$\Delta AO_2O_1 \sim \Delta AB_2B_1$:

$\frac{O_1O_2}{B_1B_2} = \frac{6}{\Delta} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{AO_1}{AB_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{AO_1}{AB_1} = \frac{1}{1} \Rightarrow O_1F = FT \Rightarrow f = \frac{c}{2}$

$\frac{O_1F}{FT} = \frac{O_1A}{TB_1}$ (из листа 3)
 $f = \frac{20 \text{ см}}{2} = 10 \text{ см}$
 Ответ: 10 см.

2.2.1. Дано:

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



Решение:

Будем находиться в инерциальной системе отсчёта (ИСО):

По I-ому закону Ньютона:

$F_{\text{gabn. пара}} + F_{\text{gabn. воздух}} + mg = 0$

$F_{\text{gabn. пара}} = F_{\text{gabn. воздух}} + mg$

$F = p \cdot S$

$\Rightarrow p_0 S = p S + mg$

$p = p_0 + \frac{mg}{S}$

По уравнению Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$

$pV' = \nu RT$, где V' - новый объем

Следовательно, $p_0 V = p V'$; $V' = \frac{p_0 V}{p}$; $V' = \frac{p_0 V}{p_0 + \frac{mg}{S}}$ | $V = S \cdot x$

$\Delta V = V_1 - V = V \left(\frac{p_0}{p_0 + \frac{mg}{S}} - 1 \right) = V \left(\frac{\frac{mg}{S}}{p_0 + \frac{mg}{S}} \right) = \frac{mgV}{p_0 S + mg}$

$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{mgV}{p_0 S^2 + mgS}$

$\Delta x = \frac{5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ л}}{10^5 \text{ Па} \cdot 0,01 \text{ м}^2 + 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{50}{0,011050} \text{ м} \approx 4525 \text{ м}$
 Ответ: 4525 м.

Условие (5-ый лист).

3.5.1.

Дано:

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{тр}} = 30^\circ$$

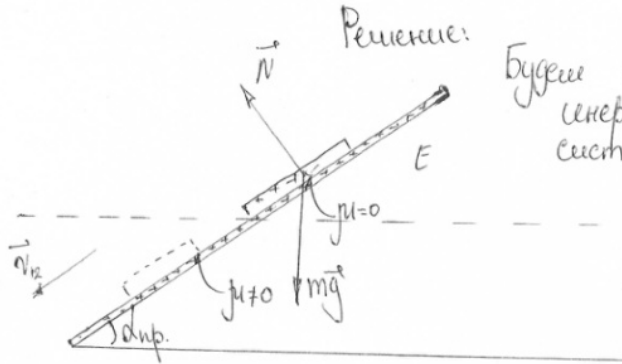
$$\vec{\sigma} = +3 \text{ МКл/м}^2$$

$$q = +3 \text{ МКл/м}$$

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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



Решение:

Будем находить в инерциальной системе отсчета.

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

По закону сохранения энергии:

$$\text{1-ый случай: } mgh = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} + A_{\text{тр}}$$

$$A_{\text{тр}} = \mu N$$

$$A'_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha - qES$$

$$\text{2-ой случай: } -mgh = \frac{mv_2^2}{2} + A_{\text{тр} \cdot 1} - \frac{a \delta q}{2\epsilon_0}$$

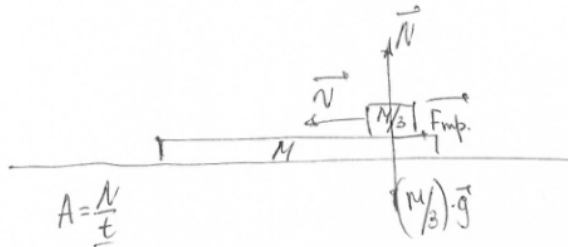
$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} + A_{\text{тр} \cdot 2}$$

Черновик 1 лист

1.3.1

Дано: $M = 1 \text{ кг}$
 $N = 2 \text{ км}$
 $n = 3 \text{ раза}$
 $\mu = 0,3$
 $g = 10^{11} / \text{с}^2$
 $x = ?$

Решение:



$$A = \frac{N}{t}$$

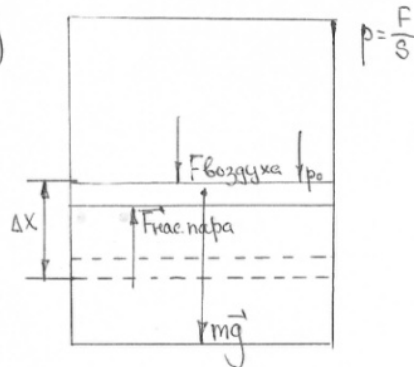
$$\text{Асин. движение} = F_{\text{тр.}} \cdot x$$

$$F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu \frac{M}{3} g$$

2.21.

| |
|--------------------------|
| $V = 1 \text{ м}$ |
| $t = 100^\circ \text{C}$ |
| воздух |
| $m = 5 \text{ кг}$ |
| $V = 1 \text{ м}$ |
| $t = 100^\circ \text{C}$ |
| над. воз. нагр. |

$V = 1 \text{ м}$
 $t = \text{const} (100^\circ \text{C} = 373 \text{ K})$
 $S = 0,01 \text{ м}^2$
 $g = 10^{11} / \text{с}^2$
 $p_0 = 10^5 \text{ Па}$
 $m = 5 \text{ кг}$
 $R = 8,31$



F

4.3.1.

Черновик листа

