



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Маракулин Александр Сергеевич**

Класс: 11

Технический балл: **89**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9609944

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	89
Вопрос	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	

Задача 4.3.1

①

Дано:

$l = 20 \text{ см}$

$\delta = 0,5 \text{ см}$

$\Delta = 1 \text{ см}$

$f = ?$

Решение:

Все лучи идущие параллельно $\Gamma O O$ пересекаются в фокусе линзы.

При смещении линзы перпендикулярно

$\Gamma O O$ её на δ её фокус тоже перемещается на δ в направлении перемещения линзы.

За центр пятна будет отвечать один и тот же луч. Построим его до смещения и после смещения линзы. Из подобия треугольников

$$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{f}{l}; \quad f = \frac{\delta}{\Delta} l.$$

Заметим, что это выражение не зависит от того куда мы смещаем линзу и куда в линзе попадет луч идущий параллельно $\Gamma O O$ и куда в линзе попадет луч идущий параллельно $\Gamma O O$.

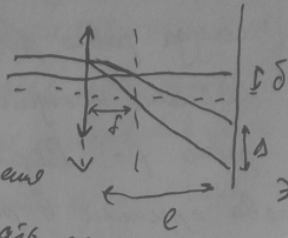
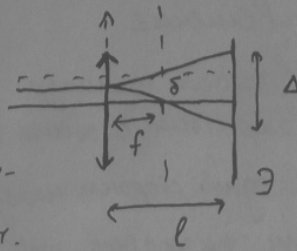
$$f = \frac{0,5}{1} \cdot 20 = 10 \text{ см}$$

4.3.1 Вопросы

Фокусное расстояние - это расстояние от оптической плоскости линзы до плоскости, в которой пересекаются все параллельные лучи, идущие параллельно $\Gamma O O$.

Оптическая сила линзы - физическая величина обратная фокусному расстоянию, характеризующая насколько сильно преломляет лучи линзой.

Ответ: $f = 10 \text{ см}$



Задача 2.2.1

(2)

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ л}$$

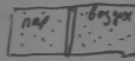
$$t = 100^\circ \text{C}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$x = ?$$

Решение:

Сдвигаем цилиндр
закрытым с обеих сторон.

С одной стороны находится только пар при температуре 100°C значит давление в этой части сосуда равно p_0 - атмосферному давлению. Т.к. когда система находилась в равновесии, то и давление воздуха при $t = 100^\circ \text{C}$ равно p_0 . После того как цилиндр перевернули и система снова пришла в равновесие часть пара конденсировалась, но объем конденсированной воды чрезвычайно мал, поэтому его учитывать не будем т.к. $t = \text{const}$, то давление в цилиндре осталось

равным p_0 , а т.к. система пришла в равновесие $p_0 = p_1 + \frac{mg}{S}$,где p_1 - давление воздуха после установившегося равновесия. Т.к.

температуру поддерживали постоянной и масса воздуха не изменилась, то

$$p_1 V_1 = p_0 V ; \quad V_1 = \frac{p_0 V}{p_0 - \frac{mg}{S}} ; \quad \Delta V = V_1 - V = Sx$$

$$x = \frac{V}{S} \left(\frac{\frac{mg}{S}}{p_0 - \frac{mg}{S}} \right) ;$$

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

$$x = \frac{mgV}{S(p_0 S - mg)}$$

$$x = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10^5 (10^{-2} - 50)} \approx 5,3 \text{ мм}$$

Вопросы: Влажность воздуха - плотность паров воды в воздухе, т.е. масса паров воды в единице объема воздуха.

Относительная влажность воздуха - отношение плотности (давления) паров воды в воздухе к плотности (давлению) насыщенного пара при данной температуре, выраженные в процентах

Ответ: $x \approx 5,3 \text{ мм}$.

Задача 1.3.1.

(3)

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

$N = 2 \text{ Вт}$

$n = 3$

$\mu = 0,3$

$x = ?$

Решение:

Механическую мощность

автомобильной машины запишем

как $N = F \cdot v$. До того как произойдет зацеп, т.е.

колёса перестанут проскальзывать на колёса автомобиля

будет действовать постоянная сила трения, а зная по

второму з-ну Ньютона автомобиль приобретёт постоянное ускорение. По

третьему з-ну Ньютона сила трения будет действовать и на доску в противо-

положном направлении. Пусть a - ускорение автомобиля $\mu a = \mu g$

$a = \mu g$; $Ma_g = \mu mg$; $a_g = \frac{\mu g m}{M} = \frac{\mu g}{n}$, где m - масса авто-

мобиль. $a_g = \frac{a}{n}$. Тогда относительно доски машинка будетехать со скоростью $v' + u = v$ и ~~еще~~ иметь ускорение $a = a_1 + a_2 = \mu g (1 + \frac{1}{n})$

Тогда скорость $v = at = \mu g t (1 + \frac{1}{n})$

Зацеп произойдет когда $N = \mu \frac{M}{n} g \cdot v$; $N = \mu \frac{M}{n} g \cdot \mu g t (1 + \frac{1}{n})$

$t = \frac{N n^2}{(\mu g)^2 M (n+1)}$ - время через которое проскальзывание

исчезнет. $t = \frac{2 \cdot 9}{9 \cdot 1 \cdot 4} = 0,5 \text{ с}$; $x = \frac{a t^2}{2}$ - равноускоренное движение

$x = \mu g \cdot \frac{n+1}{2n} \cdot t^2$; $x = 0,3 \cdot 10 \cdot \frac{4}{6} \cdot 0,25 = 0,5 \text{ м}$

Вопрос: Импульс системы материальных точек определяется

векторной суммой импульсов каждой материальной точки входящей

в систему. В замкнутой си

В замкнутой системе её импульс сохраняется, если

не действуют внешние силы или их действие скомпенсиро-

вано.

Ответ: $x = 0,5 \text{ м}$

Задача 3.5.1

(4)

Дано:

$m = 0,1 \text{ кг}$

$\alpha_{\text{пр}} = 30^\circ$

$\sigma = +3 \text{ мкКл/м}^2$

$q = +3 \text{ мкКл}$

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

Решение:

$\text{Т.к. } \alpha_{\text{пр}} = 30^\circ, \text{ то}$

$\mu = \tan \alpha_{\text{пр}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

Пусть длина маятника l ,

$\text{тогда } h = l \sin \alpha$

$mg h = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{\mu mg \cos \alpha l}{2}, \quad A_{\text{тр}} = \frac{\mu mg l \cos \alpha}{2}, \text{ т.к.}$

$F_{\text{тр}} \sim l$ - в нашем случае поскольку маятник находится на области, где трение есть. $mg h = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{\mu mg \cos \alpha \cdot h}{2 \sin \alpha}$; l^2

Рассмотрим теперь случай, когда маятник заряжен возникает еще одна - электрическая сила, направленная \perp поверхности, тогда

$F_{\text{тр}} = (mg \cos \alpha - F_3) \mu; \quad F_3 = q E; \quad E \text{ можно найти как поле от}$

бесконечной равномерно заряженной пластины вблизи ее поверхности

$E = \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}; \quad F_3 = \frac{q E}{2 \epsilon_0}$ Нужно проверить не превращает ли

эта сила силу тяжести иначе мы применим обобщенных условий задачи не выполняются $mg = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ Н}; \quad F_3 = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{12}} = 0,5 \text{ Н};$

Т.к. $F_3 \perp$ поверхности, то она не совершает работу.

$mg h = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{\mu h}{2 \sin \alpha} (mg \cos \alpha - F_3);$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{\mu m g h}{2} \text{ctg} \alpha = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{\mu m g h}{2} \text{ctg} \alpha - \frac{F_3 \mu h}{2 \sin \alpha}$$

$$v_1^2 = v_2^2 - \frac{F_3 \mu h}{m \sin \alpha}$$

Т.к. отношение $\frac{v_2}{v_1}$ должно быть одно и то же независимо от α , то при $F_3 = mg \cos \alpha$ $\cos \alpha = \frac{1}{2}; \quad \alpha = \frac{\pi}{3}$

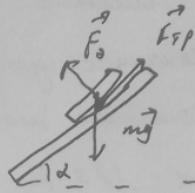
$mg h = \frac{m v_1^2}{2}; \quad mg h = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{\mu m g h}{2} \text{ctg} \alpha;$

$v_2^2 = v_1^2 + \mu g h \cdot \text{ctg} \alpha; \quad v_1^2 = 2 g h - \mu g h \text{ctg} \alpha$

$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{2 g h - \mu g h \text{ctg} \alpha + \mu g h \text{ctg} \alpha}{2 g h - \mu g h \text{ctg} \alpha} = \frac{2 g h}{2 g h - \frac{1}{3} g h} = \frac{6}{5}$

$\frac{v_2}{v_1} \approx 1,1$

Ответ: $\frac{v_2}{v_1} \approx 1,1$



Вопросы 3.5.1.

(5)

Емкость — физическая величина характеризующая способность проводника накапливать заряд. Численно равна отношению заряда накопленного на одиночном проводнике и его потенциалу.

Для двух близко расположенных проводников (конденсатора) это отношение заряда на его пластине и разности потенциалов между пластинами.

$$C = \frac{q}{\phi} ; C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$\frac{F \mu h}{m \sin \alpha (gh - \mu g \cot \alpha)}$

$\frac{F \mu h}{m g \sin \alpha (2 - \mu \cot \alpha)}$

$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{1 - \mu \cot \alpha + (1 + \mu \cot \alpha) \frac{F}{mg}}{1 - \mu \cot \alpha}$ **Упробие**

$v_1^2 = 1 + \frac{F}{mg} \frac{(1 + \mu \cot \alpha)}{1 - \mu \cot \alpha}$

$v_1^2 = v_2^2 - \frac{F \mu h}{m}$ (6)

$1 + \frac{F \mu h}{m \sin \alpha (gh - \mu g \cot \alpha)}$

$1 + \frac{F \mu h}{m g \sin \alpha (2 - \mu \cot \alpha)}$

$\frac{v_1^2}{v_2^2} = 1 + \frac{F}{mg} \frac{(1 + \mu \cot \alpha)}{1 - \mu \cot \alpha}$

$1 - \mu \cot \alpha + (1 + \mu \cot \alpha) \frac{F}{mg}$

$1 - \mu \cot \alpha$

$2gh - \mu gh \cot \alpha$

$2gh - \mu gh \cot \alpha$

$1 - \mu^2 \cot^2 \alpha$

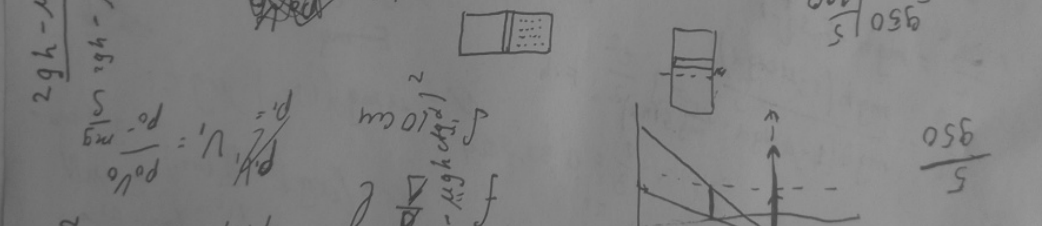
$1 + \mu^2 \cot^2 \alpha + 2\mu \cot \alpha$

$1 - \mu^2 \cot^2 \alpha$

$\Delta V = \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2)$

$\Delta V = \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2)$

$\Delta V = \frac{1}{2} (v_1^2 - v_2^2)$

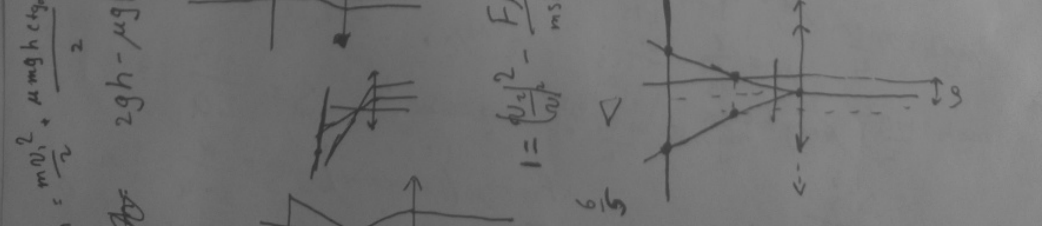


$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$



$1 = \frac{v_1^2}{v_2^2} - \frac{F \mu h}{m \sin \alpha (2 - \mu \cot \alpha)}$

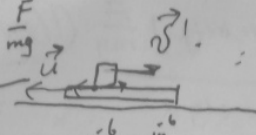
$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{6}{5}$

$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{6}{5}$

$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{6}{5}$

$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{6}{5}$



$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{1 - \mu \cot \alpha + \frac{\mu F}{mg} \sin \alpha + \frac{F}{mg}}{1 - \mu \cot \alpha}$$


$$m = \frac{M}{n} \quad \frac{\mu F}{mg} + 1 + \mu \left(\frac{F}{mg} - 1 \right)$$

Упроблема (7)

$$L \cdot q = F$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mgh}{3}$$

$$F = \frac{8q}{2\epsilon_0}$$

$$F = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{12} \cdot 9} = \frac{1}{2} H \quad u = \frac{\mu g}{n} t$$

$$N = F \cdot v \quad N = \mu mg v$$

$$N = \mu mg \cdot v = \mu g t$$

$$N = (\mu g)^2 m t$$

$$ES = \frac{q}{\epsilon_0} \quad t = \frac{N}{(\mu g)^2 m}$$

$$L = \frac{q}{2\epsilon_0} \quad t = \frac{N \cdot n}{(\mu g)^2 M}$$

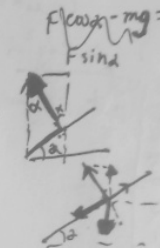
$$m \frac{v_1^2}{2} = mgh - F_{fp} \cdot S$$

$$m \frac{v_2^2}{2} = mgh - F_{fp} S + F S \sin \alpha$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{mgh(1 - \mu \cot \alpha)}{mgh(1 - \mu \cot \alpha + \frac{\mu F}{mg} \sin \alpha)}$$

$$t = \frac{2 \cdot 3}{9 \cdot 1} = \frac{2}{3} c$$

$$v = \mu g t \left(1 + \frac{1}{n} \right)$$

$$N = \mu mg \left(1 + \frac{1}{n} \right) \cdot \mu g t$$


$$mg h = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$S = 3 \cdot \frac{1}{8} = 0,375 c$$

$$E = \frac{h}{\sin \alpha} \quad t = \frac{N}{(\mu g)^2 M (n+1)}$$

1,23
1,123
369
+ 246
123
1,5129

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2} \quad \mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2} + \mu mg h \cot \alpha$$

$$N = F - mg \cos \alpha$$

$$t = \frac{9 \cdot 2}{9 \cdot 1 \cdot (4)} = 0,5 c$$

$$S = \frac{v^2}{2a}$$

$$F_{fp} = \mu (F - mg \cos \alpha) \quad S = \frac{4}{2 \cdot 4} = \frac{1}{2} m$$

1,3
1,13
39
13
1,65

$$mg h = \frac{mv_2^2}{2} + F_{fp} \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$0,5 = 1 \cdot \cos \alpha \quad \cos \alpha = 0,5$$