



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Мелконян Маркос Агаронович**

Класс: 11

Технический балл: **99**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9863131

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	99
Вопрос	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	

Мехр. вопрос №1 Лист 1. Есенов

Средняя путевая скорость - это скалярная, неотрицательная физическая величина, равная отношению пути, пройденного телом за рассматриваемый промежуток времени к длительности этого промежутка

$$V_{\text{сп}} = \frac{s}{\Delta t}$$

Средняя скорость - это векторная физ. величина, равная отношению вектора перемещения, совершеного телом за рассматриваемый промежуток времени, к длительности этого промежутка.

$$\vec{V}_{\text{сп}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \text{ где } \Delta \vec{r} - \text{перемещение}$$

Скорость (или мгновенная скорость) в данный момент времени t - это физ. величина, равная отношению перемещения за достаточно малый промежуток времени, к длительности этого промежутка

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Закон сложения скоростей.

Скорость \vec{v} тела относительно неподвижной системы отсчета (С.О.) равна векторной сумме скорости $\vec{v}_{\text{тела}}$ подвижной С.О. относительно неподвижной С.О. и скорости тела относительно подвижной С.О.

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}_{\text{тела}}$$

Задача 1.2.1. Движ. 2. Тимоти

Дано:

$$\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$$

$$S_1 = 100 \text{ м}$$

$$S_2 = S_{\text{min}}$$

$$\Sigma = 10 \text{ с}$$

$$S_2 = 2S_1$$

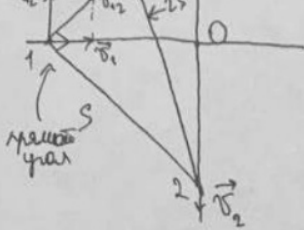
$$v_2 = 36 \text{ км/ч}$$

$$v_1 = ?$$

Перпендикуляр в С.О. связанно со вторым автомобилем.

Закон сложения скоростей

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_{12}; \quad \vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_1 + (-\vec{v}_2)$$



Поскольку сначала между объектами расстояние наименьшее, то это будет перпендикуляр между прямой S и прямой, на которой лежит относительная скорость v_{12} .

v_{12} - скорость автомобиля 2, связанная с автомобилем первого автомобиля.

Через некоторое время расстояние между ними будет $2S$

Значит, 1 авто связано в С.О. связанное со первым авто пройдет путь x .

$$x = \sqrt{(2S)^2 - S^2} = \sqrt{4S^2 - S^2} = \sqrt{3}S$$

Вместе равенство. $x = v_1 \cdot \Sigma$; $\sqrt{3}S = v_2 \cdot \Sigma$; $v_{12} = \Sigma$

$$v_{12} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (\text{по Т. Пифагора})$$

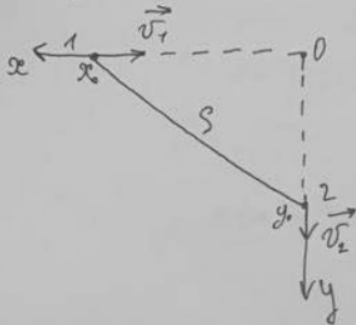
$$\sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \frac{\sqrt{3}S}{\Sigma}$$

$$v_1^2 + v_2^2 = \frac{3S^2}{\Sigma^2}; \quad v_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\Sigma^2} - v_2^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot 100^2}{10^2} - 10^2} = \sqrt{\frac{3 \cdot 100^2 - 10^4}{10}} = \sqrt{\frac{10^3 \cdot 29}{10}}$$

$$\sqrt{100} = 10\sqrt{2} \approx 14,14 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 51 \frac{\text{км}}{\text{ч}}; \quad v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

Ответ: $51 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Задача 1.2.1. Лист 17. черновик. Дана:



Дано:

$$S_1 = 100 \text{ м}$$

$$S_{\text{min}} = S_1$$

$$\chi = 10^\circ$$

$$S_2 = 2S_1$$

$$v_2 = 36 \text{ км/ч}$$

$$v_1 = ?$$

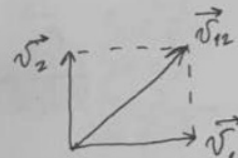
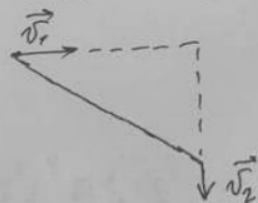
Пусть t - время, прошедшее с начала движения,
 $x = x_0 - v_1 t$
 $y = y_0 + v_2 t$

Закон сложения скоростей.

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_{12} + \vec{v}_2$$

\vec{v}_{12} - скорость первого автомобиля в СД, связанная со вторым автомобилем

$$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$$



$$v_{12}^2 = v_1^2 + v_2^2 \quad (\text{по т. Пифагора})$$

Решить задачу в СД.

Терм. вопрос №2. Лист 3. Устный

Удельная теплота парообразования - это физ. величина, равная количеству теплоты, необходимая для обращения в пар 1 кг данной жидкости при определенной температуре и давлении)

$$r = \frac{Q}{m} \quad [r] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Виды парообразования

Испарение
(парообразование со свободной поверхности)

Кипение
(парообразование при котором возникают пузырьки несвязанного пара по всему объему жидкости при определенной температуре, называемой температурой кипения)

Задача № 2.8.1 лист 4. Чистовик

Реакция горения водорода

Дано:

$V = 0,1 \text{ м}^3$

$V_1 = 0,05 \text{ моль}$

$V_2 = 1 \text{ моль}$

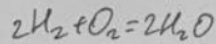
$t = 20^\circ \text{C}$

$p_n = 2330 \text{ Па}$

$\omega = 0,25\%$

 $\varphi = ?$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$



Чтобы водород сгорел полностью нужно, чтобы его было в два раза больше кислорода.

$$V_2 = 1 \text{ моль воздуха} \Rightarrow V_3 = \omega V_2 = 0,23 \cdot 1 = 0,23 \text{ моль кислорода}$$

Как сказано выше, для сгорания $V_1 = 0,05$ моль водорода необходимо в два раза меньше кислорода, то есть $0,025$ моль. Значит $0,23$ моль достаточно.Если горит $V_1 = 0,05$ моль H_2 , то сгорит только $0,05$ моль H_2O .

Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT \text{ (для безразмерного пара)}$$

$$p = \frac{\nu RT}{V} \text{ (давление ~~воздуха~~ водяного пара)}$$

$$p = \frac{0,05 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 20)}{0,1}$$

вычисляем
чтобы
сравнить

$$p \approx 1217,4 \text{ Па} ; \varphi = \frac{p}{p_{\text{н}}} = \frac{1217,4 \text{ Па}}{2330 \text{ Па}} \approx 0,52 \approx 52\%$$

где φ — относит. влажность

Ответ: 52%

Теор. вопрос 153 лист 5. Чистовик

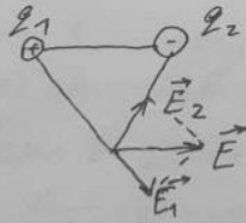
Напряженность электр. поля в данной точке - это векторная физ. величина, равная отношению силы \vec{F} электрического поля, действующей на помещенный в эту точку пробный заряд $q_{пр}$, к величине этого заряда

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{пр}} \quad [E] = \frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$$

Принцип суперпозиции

Напряженность поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, которые создал бы каждый из зарядов системы в отдельности

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$



Задача 3.8.2 Диск в. Тестовик

$$m = 10 \text{ г}$$

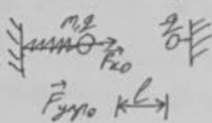
$$q = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$-q; l = 50 \text{ см}$$

$$f = 147 \text{ Гц}$$

$$k_1 = ?$$

1) Положение равновесия


 \vec{F}_{k0} и \vec{F}_{yp0} - взаимные силы, действующие на шарик массы m

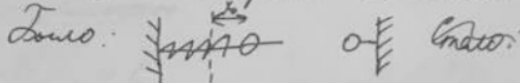
По II з. Ньютона

$$F_{k0} = F_{yp0}$$

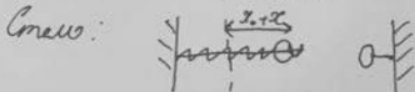
$$F_{k0} = \frac{kq^2}{l^2} - \text{закон Кулона}$$

$$F_{yp0} = k_1 x_0 - \text{закон Гюка, где } k_1 - \text{ жесткость пружины}$$

$$\frac{kq^2}{l^2} = k_1 x_0$$

2) Силы на шарик на некотором малом расстоянии x 

положение равновесия



Полная механическая энергия системы состоит из кинетической энергии шарика, электрической энергии взаимодействия и потенциальной энергии пружины.

Пренебреж не учитываем

$$W = \frac{mv^2}{2} + \frac{k_1(x_0+x)^2}{2} + \frac{kq^2(1-x)}{l-x} = \text{const}$$

$$W = \frac{m}{2}(x')^2 + \frac{k_1(x_0+x)^2}{2} - \frac{kq^2}{l-x} = \text{const}$$

$$W' = (\text{const})' = 0$$

$$\frac{m}{2} \cdot 2x'x'' + \frac{k_1}{2} \cdot 2(x_0+x) \cdot x' - kq^2 \cdot (-1) \cdot (l-x)^{-2} \cdot (-x') = 0$$

$$mx'x'' + k_1(x_0+x) \cdot x' - \frac{kq^2 x'}{(l-x)^2} = 0 \quad | : x', \text{ т.к. } \forall \neq 0$$

$$mx'' + k_1(x_0+x) - \frac{kq^2}{(l-x)^2} = 0$$

$$\text{Из (1) получено, что } k_1 x_0 = \frac{kq^2}{l^2} \Rightarrow mx'' + \frac{kq^2}{l^2} + k_1 x - \frac{kq^2}{(l-x)^2} = 0$$

т.к. $x \ll l$ (амплитуда малая), то $1-x \approx l$

$$mx'' + \frac{kq^2}{l^2} + k_1 x - \frac{kq^2}{l^2} = 0 \quad | : m$$

Продолжение задачи 3.8.2 с учетом теоремы

$$mx'' + k_1 x + \frac{kq^2}{l^2} - \frac{kq^2}{(l-x)^2} = 0 \quad m\phi'' + k_1 \phi + kq^2 \left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{(l-x)^2} \right) = 0$$

$$mx'' + k_1 x + kq^2 \left(\frac{l^2 - 2lx + x^2 - l^2}{l^2(l-x)^2} \right) = 0, \quad \phi \neq 0$$

$$mx'' + k_1 x + kq^2 \left(\frac{-2lx}{l^2(l-x)^2} \right) = 0 \quad l-x \ll l$$

т.к. $x \ll l$

$$m\phi'' + k_1 \phi + kq^2 \left(\frac{-2lx}{l^2 - l^2} \right) = 0$$

$$mx'' + k_1 x - \frac{2kq^2 x}{l^3} = 0$$

$$mx'' + k_1 x \left(1 - \frac{2kq^2}{l^3} \right) = 0 \quad | : m$$

$$x'' + x \left(\frac{k_1}{m} - \frac{2kq^2}{ml^3} \right) = 0 \quad - \text{дифференциальное уравнение гармонического колебания}$$

$$x\omega^2 + x\omega'' = 0$$

$$\omega^2 = \frac{1}{m} \left(k_1 - \frac{2kq^2}{l^3} \right)$$

$$\omega = 2\pi f, \quad m\omega^2 + \frac{2kq^2}{l^3} = k_1$$

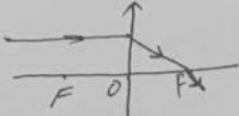
$$k_1 = m(2\pi f)^2 + \frac{2kq^2}{l^3}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad l = L$$

$$k_1 = m(2\pi \cdot 5)^2 + \frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot L^3} = 4 \cdot m \cdot 5^2 \cdot \pi^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

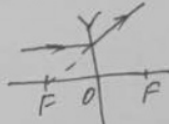
$$\text{Ответ: } k_1 = 4m5^2\pi^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

Теор. вопрос №1 Лит в. тестов.

Фокусное расстояние F - это расстояние от главного фокуса линзы до её оптического центра



Собирающая линза



Рассеивающая линза

Фокусное расстояние собирающей линзы считается положительным, а у рассеивающей отрицательным

Оптическая сила линзы - это величина, обратная фокусному расстоянию.

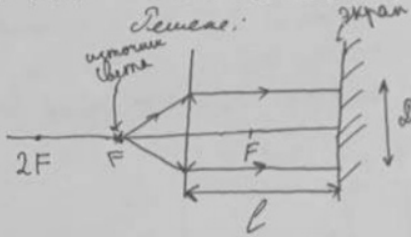
$$D = \frac{1}{F} \quad [D] = \frac{1}{\text{м}} = \text{дптр (диоптрий)}$$

$D > 0$ у собирающей линзы, $D < 0$ у рассеивающей линзы

$\pm 1 \text{ дптр}$ - это оптическая сила линзы с фокусным расстоянием которое равно 1 м.

Задача 4.1.1.

Дано:
 $l = 8 \text{ см}$
 $d = 5 \text{ см}$
 $d = 3 \text{ см}$
 $F = ?$

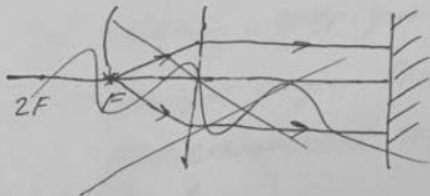


Убедитесь, что если луч падает из центра линзы, то после прохождения через собирающую линзу он пойдет параллельно главной оптической оси. Также следует, можно получить изображение предмета на экране. В первом случае диаметр ^{предмета} равен диаметру линзы.

По формуле тонкой линзы (источник света перед в объектив линзы)

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} ; d = 2F ; \frac{1}{2F} - \frac{1}{F} = -\frac{1}{F} ; F = 2F$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F} ; f = 2F \text{ (расстояние от линзы до изображения)}$$



Из подобия треугольников

$$\frac{x}{r} = \frac{2F}{2F-l} = \frac{R}{r} \text{ , т.к. } x=r$$

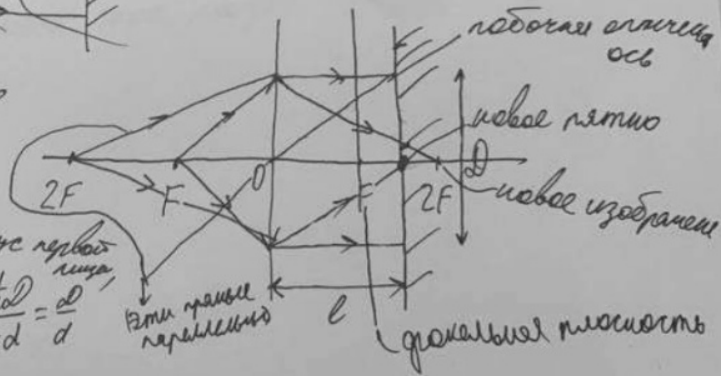
Рассмотрим x - радиус линзы, R - радиус первой линзы, r - радиус экрана

$$\frac{D}{d} = \frac{2F}{2F-l}$$

$$2DF - Dl = 2Fd$$

$$2F(D-d) = Dl \Rightarrow F = \frac{Dl}{2(D-d)} ; F = \frac{5 \text{ см} \cdot 8 \text{ см}}{2(5 \text{ см} - 3 \text{ см})} = \frac{40}{2 \cdot 2} = \frac{40}{4} = 10 \text{ см}$$

Ответ: 10 см



(Чепухов) сумм 10,8

$$K_1 = 10^2 (2 \cdot 3,14 \cdot 1,47)^2 + \frac{2 \cdot 10^3}{50 \cdot 2} \cdot 4 \cdot 8,85 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}$$

$$K_2 = 0,01 m^2 (6,28 \cdot 1,47)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8,85 \cdot 10^6$$

$K_1 =$

$$P = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 293 = \frac{1}{2} \cdot 2434,63 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 0,05 \mid 0,1 \\ \hline 5 \text{ раз} \end{array}$$

$\text{Дж} \approx 1217,4$

$$\frac{4 \cdot m \cdot g^2 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot l_0 \cdot L^3 + g^2}{2 \pi l_0 L^3} = \frac{8 \pi^3 \cdot g^2 L^3 \cdot m \cdot l_0 + g^2}{2 \pi l_0 L^3}$$

$10^5 = 100$
 $3 \cdot 10^4 - 10^3 = \frac{30}{10}$

$$3 \cdot 10^4 - 10^3 = 10^3 (30 - 1) = \frac{10^3 \cdot 29}{10} = 10^2 \cdot 29 \quad \sqrt{2} \approx 1,41$$

$$\begin{array}{r} 2 \mid 29 \\ \times 1,41 \\ \hline 3,6 \\ 864 \\ \hline 432 \\ \hline 5184 \end{array}$$

$1,41 \cdot 10 = 14,1$

$$\begin{array}{r} 2 \mid 293 \\ \times 8,31 \\ \hline 1879 \\ 2393 \\ \hline 19083 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \mid 2434,63 \\ \times 0,5 \\ \hline 1217,315 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 121740 \mid 23300 \\ \times 0,5 \\ \hline 60870 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \mid 3300 \\ \times 5 \\ \hline 16500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 29 \\ \times 831 \\ \hline 247 \\ 1628 \\ 1176 \\ \hline 24316 \end{array}$$