



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Бebin Иван Валерьевич**

Класс: 11

Технический балл: **88**

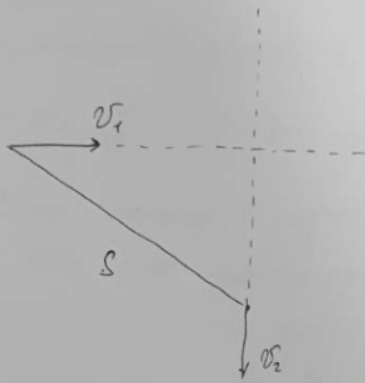
Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9272662

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	13	15	88
Вопрос	9	7	10	4	

№ 1.2.1

Чистовик



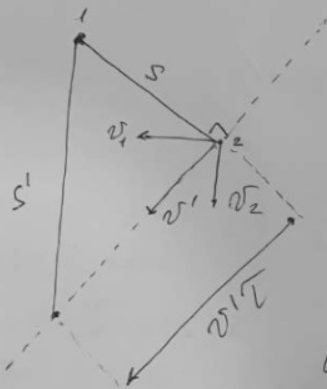
$$S = 100 \text{ м}$$

$$v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$T = 10 \text{ с}$$

$$v_1 = ?$$

В.С.О. 1 автомобиля



Перейдем в С.О. первого автомобиля
Т.к. S — максимальное расстояние между автомобилями, то отрезок, соединяющий их в этот момент будет перпендикулярен траектории движения второго относительно первого

$$\begin{cases} v_1'^2 = v_1^2 + v_2^2 \\ S'^2 = (v_1 T)^2 + S^2 \\ S' = 2S \end{cases}$$

$$4S^2 = (v_1^2 + v_2^2) T^2 + S^2$$

$$3S^2 = v_1^2 T^2 + v_2^2 T^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2 - v_2^2 T^2}{T^2}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot 100 \cdot 100 - 100 \cdot 100}{100}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14 \text{ м/с}$$

$$v_1 = 14 \text{ м/с} = 50,4 \text{ км/ч}$$

Ответ $v_1 = 50,4 \text{ км/ч}$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 3,6 \\ \hline 84 \\ + 42 \\ \hline 50,4 \end{array}$$

Вопросы: Скорость - векторная величина, характеризующая быстроту перемещения точки в пространстве, а также её направление

$$v = \frac{dx}{dt} \quad dx - \text{перемещение} \quad dt - \text{время} \quad v - \text{скорость}$$

Закон сложения скоростей

Если тело движется в С.О. со скоростью v , и сама С.О. движется относительно другой С.О. со скоростью v_1 , то скорость тела во второй С.О. равна векторной сумме скоростей v_1 и v

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

№ 2.8.1

$$\begin{aligned} V &= 0,1 \text{ м}^3 \\ V_1 &= 0,05 \text{ моль} \\ V_2 &= 1 \text{ моль} \\ T_0 &= T_{\text{н}} = 293 \text{ }^\circ\text{K} \\ p_{\text{н}} &= 2330 \text{ Па} \\ f & \end{aligned}$$

при сгорании водорода образуется водяной пар



$$v = 0,05 \quad 0,025 \quad 0,05$$

при сгорании 0,05 моль водорода образуется

0,05 моль вод. пара
 $V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,05$

$$p_{\text{н}} \cdot V = V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot R \cdot T_0$$

$$p_{\text{н}} = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 0,5 \cdot 2434,83 = 1217,4 \text{ Па}$$

$$f = \frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{нп}}} = \frac{1217,4}{2330} \approx 0,52 = 52\%$$

Ответ: $f = 52\%$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 0,5 \\ \hline 4,155 \\ \times 293 \\ \hline 1217,445 \\ \hline 1217,4 \end{array}$$

Вопросы: Виды парообразования:

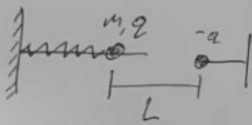
Чистовик

- 1) Испарение
- 2) Кипение
- 3) Конденсация

Удельная теплота парообразования — кол-во теплоты, которое необходимо подвести к веществу при температуре кипения чтобы оно кипит 1 кг вещества

$$L = \frac{Q}{m}$$

№ 3.8.2



в равновесии $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} = kx_0$

Колесания:

$L \gg x$

$$m\ddot{x} = k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$$

$$\frac{1}{(L-x)^2} = \frac{1}{L^2 \left(1 - \frac{x}{L}\right)^2} =$$

$$m\ddot{x} = k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2x}{L^3}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2} \cdot \frac{(1+2\frac{x}{L})}{L^2}$$

$$\ddot{x} + \left(\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 m L^3} - \frac{k}{m} \right) x = \frac{kx_0}{m} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0 m L^2} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$f^2 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0 m L^3} \cdot \frac{q^2}{L^3} - \frac{k}{m}$$

$$m f^2 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - k \Rightarrow k = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^3} - m f^2$$

$$f \approx \sqrt{2}$$

$$k = \frac{10^{-12}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,5^3} - 0,01 \cdot 2 = \frac{1}{2 \cdot 3,5} - 0,02 =$$

$$= 0,14 - 0,02 = 0,12$$

Ответ: $k = 0,12$

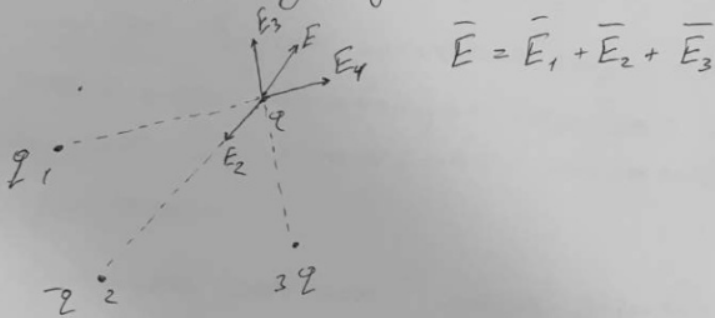
Вопросы: Напряжённость эл. поля - векторная величина, гар-ая эл. поле в данной точке, и равная отношению силы, действующей на заряд, к величине этого заряда

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

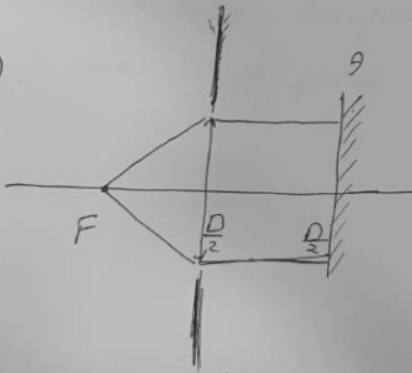
Чистовик

Принцип суперпозиции полей

Напряжённость поля, создаваемая в данной точке системой зарядов есть векторная сумма напряжённостей полей каждого заряда

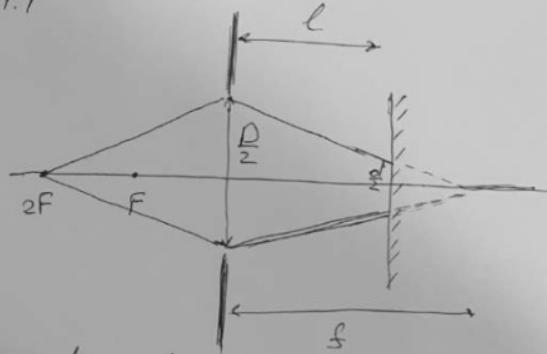


1)



лучи, выходящие из фокуса линзы и проходящие через неё будут идти параллельно главной опт. оси

№4.1.1

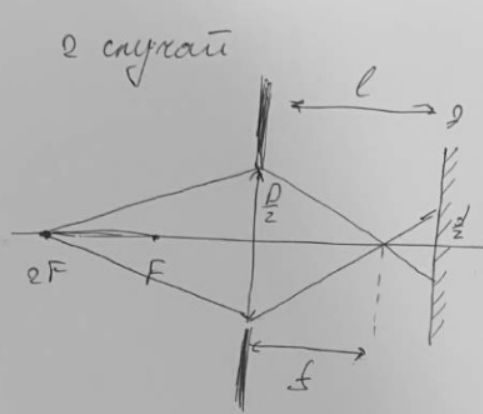


$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{S} = \frac{1}{F}; \quad S = 2F$$

$$\frac{2(S - l)}{d} = \frac{2S}{D}$$

$$2FD - lD = 2Fd$$

$$F = \frac{lD}{2(D-d)}; \quad F = \frac{8.5}{(5-3) \cdot 2} = 10 \text{ см}$$



Чистовик

$$\frac{2(l-f)}{d} = \frac{2l}{D}$$

$$2D - 2Fd = 2Fd$$

$$F = \frac{2D}{2(D+d)} = \frac{8.5}{2 \cdot 8} = 2,5 \text{ см}$$

Ответ: $F = 10 \text{ см}$; $F = 2,5 \text{ см}$

Вопросы: Фокусное расстояние линзы - характеристика тонкой линзы, описывающая способность собирать лучи, идущие параллельно главной оптической оси, на определённом расстоянии

Оптической силой тонкой линзы называется величина $D = \pm F$
 "+" - если линза собирающая
 "-" - если линза рассеивающая

$$m\ddot{x} = k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$$

$1 = \frac{2x^2 + x^2}{L^2 - 2xL + x^2}$ Упробуем

$$m\ddot{x} = k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2(1-\frac{x}{L})^2}$$

$$DE - 2FD = 2Fd$$

$$F = \frac{DL}{d-D}$$

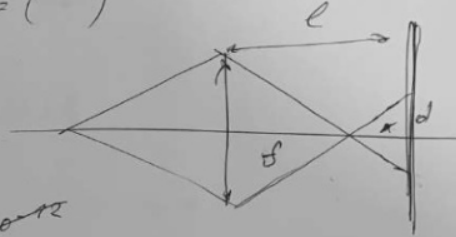
$$\frac{q^2}{L^2(1-\frac{x}{L})^2} = \frac{q^2}{L^2(1-\frac{2x}{L})} = \frac{q^2}{L^2} \cdot \frac{L}{1-2x/L} = \frac{q^2}{L^2} + \frac{2q^2 \cdot x}{L^3}$$

$$m\ddot{x} = kx + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2 x}{L^3} = kx_0 - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L^2}$$

$$\frac{l-f}{d} = \frac{f}{D}$$

$$\ddot{x} + \left(\frac{1}{2\pi\epsilon_0 m} \cdot \frac{2q^2}{L^3} - \frac{k}{m} \right) x = ()$$

$$m f^2 = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} - k$$

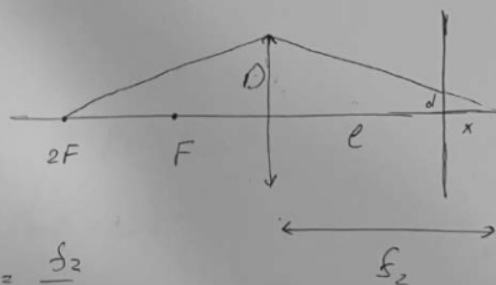
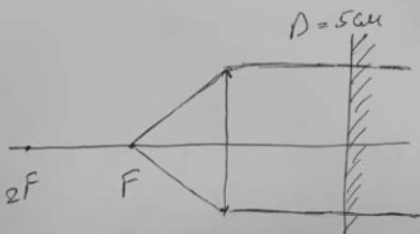


$$k = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} - m f^2 = \frac{10^{-12}}{2 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.5^3} - 0.01 \cdot 2.16 =$$

$$= 0.14 - 0.02 = 0.12$$

$$l = 8 \text{ cm}$$

$$d = 3 \text{ cm}$$



$$\frac{x}{d} = \frac{l}{D} \quad \frac{s_2 - l}{d} = \frac{s_2}{D}$$

$$\frac{1}{2F} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{F}$$

$$s_2 = 2F$$

$$(2F - l)D = 2Fd$$

$$F = \frac{lD}{2(D-d)}$$

$$2FD - lD = 2Fd$$

$$= \frac{8 \cdot 5}{2 \cdot 2} = 10 \text{ cm}$$

$$2F(D-d) = lD$$

Кислород в воздухе $\approx 20\% \Rightarrow V_{O_2} = 0,2 \text{ моль}$ Черковик

$$V_{H_2O} = 0,25 \text{ моль}$$

$$m_b \cdot \mu = V_1$$

$$\frac{P_{H_2O}}{P_{atm}}$$

$$\mu_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O} = V_{H_2O}$$

$$P = P_{возд} + P_{H_2O}$$

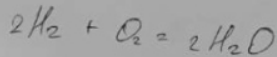
$$P_n \cdot V = \nu R T$$

$$V = \frac{\nu R T}{P_n} = \frac{0,25 \cdot 8,31 \cdot 293}{2330}$$

$$V = 0,05$$

$$\frac{0,0475 \cdot 293}{2330} = \frac{608,4}{2330} = 0,26$$

$$P \cdot V_0 = \nu R T_0$$



$$x = 0,25$$

$$x = 0,25$$

P_n не конденсируется

$$V_{H_2O} = 2V_1$$

$$V_{H_2O} = V_0 = 0,1$$

$$V_{H_2O} = 0,05 \text{ моль}$$

$$V_{H_2O} = 0,05 \text{ моль}$$

$$V_{возд} = 0,9575$$

$$V_{возд} = 0,9575 \quad V_{H_2O} = 0,05$$

$$V_{O_2} = 0,025$$

$$V_0 = 1 - \frac{0,025}{0,2} = 0,875$$

$$P \cdot V = (V_{O_2} + V_{H_2O}) R T_0$$

$$P = \frac{(V_{O_2} + V_{H_2O}) R T_0}{V}$$

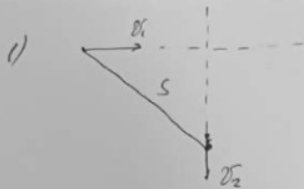
$$P_b = P_{cb} + P_{H_2O}$$

$$V_{H_2O} = 0,05$$

$$P \cdot V = V_{H_2O} R T_0$$

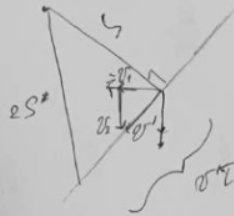
$$\theta_f = \frac{P_n}{P_{H_2O}} = \frac{1217,4}{2330} \approx$$

$$P_n = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1} = 1217,4 \quad \mu = \frac{1}{2} = 0,5 = 50\%$$



$S_{\text{стр}} = 100 \text{ м}$ Черковник
 $T = 100$
 $v_2 = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ 8,85 \\ \hline 15,40 \\ 2512 \\ \hline 2512 \\ \hline 277890 \end{array}$$



$$\frac{1}{3} = 84$$

$$\frac{1}{27} \cdot 4 = \frac{4}{27}$$

$$(v'T)^2 + S^2 = 4S^2$$

$$v'^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$\frac{1}{27,4890}$$

$$(v'T)^2 = 3S^2$$

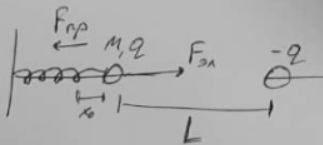
$$v_1^2 T^2 + v_2^2 T^2 = 3S^2$$

$$\begin{array}{r} 27,4890 \\ \hline 24 \\ \hline 34 \\ \hline 32 \\ \hline 58 \\ \hline 52 \\ \hline 49 \\ \hline 28 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{3S^2 - v_2^2 T^2}{T^2}} = \frac{3 \cdot 10000 - 100 \cdot 100}{100}$$

$$= \sqrt{300 - 100} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14 \text{ м/с}$$

$$14 \cdot 3,6 \approx 50 \text{ км/ч}$$



$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2} = kx$$

$$L \gg x \quad \frac{x}{L} \ll 1$$

$$(L-2x)^{-1} \approx L+2x$$

$$m\ddot{x} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(L-x)^2}$$

$$m\ddot{x} = kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L(1-\frac{x}{L})^2} \approx kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{L-2x}$$

$$m\ddot{x} = kx - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot q^2 \cdot (L+2x)$$