



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Ликинова Евгения Романовна**

Класс: 11

Технический балл: **86**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9682808

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>13</i>	86
Вопрос	<i>8</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>6</i>	

Числовик (1)

N1. Средней скоростью в данной системе отсчёта называют вектор \vec{v}_{cp} , который равен отношению вектора перемещения $\vec{r} = \vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t)$ в промежуток времени от t до $t+\Delta t$.

$$\vec{v}_{cp} = \frac{\vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t}$$

Сложение скоростей. Назовём эту систему отсчёта,

которая движется поступательно со скоростью \vec{v}_2 подвижной, та система отсчёта, относительно которой данная система движется будет называться неподвижной. Обозначим скорость тела/точки относительно подвижной системы отсчёта за \vec{v}_1 . В таком случае скорость тела/точки \vec{v} относительно неподвижной системы отсчёта будет подчиняться закону сложения скоростей:

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

N2

~~Парообразование~~
Парообразование:

- Кипение — процесс интенсивного парообразования как и в поверхности жидкости, так и во всему объёму. При этом образуются внутри ~~жидкости~~ пузырьки.

- Испарение — процесс ~~парообразования~~, при котором при любой температуре (не обязательно при t кипения) с поверхности жидкости происходит парообразование.

- Удельная теплота парообразования — количество теплоты, которое нужно сообщить единице массы жидкости для превращения её в пар (при t кипения)

Источники. (2)

№3. Напряженность электрического поля - векторная характеристика электрического поля, которая создается вокруг себе неподвижный электрический заряд.

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

$$\left(E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right)$$

Принцип суперпозиции эл. полей: Суммарный

вектор напряженности равен сумме векторов напряженности, которые в данном пространстве создают поля разных зарядов.

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

№4. Фокусное расстояние - расстояние от центра линзы до фокуса. ~~Существует формула тонкой линзы:~~

Оптическая сила тонкой линзы - величина,

инверсно обратная фокусному расстоянию.

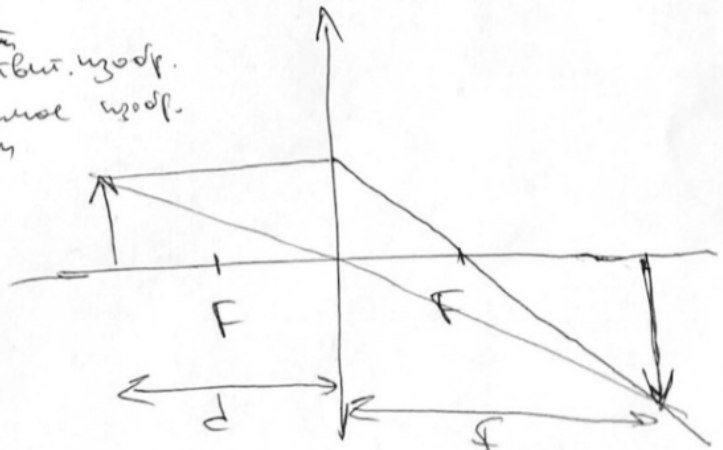
$$D = \frac{1}{F}$$

Существует формула тонкой линзы:

собирающая линза

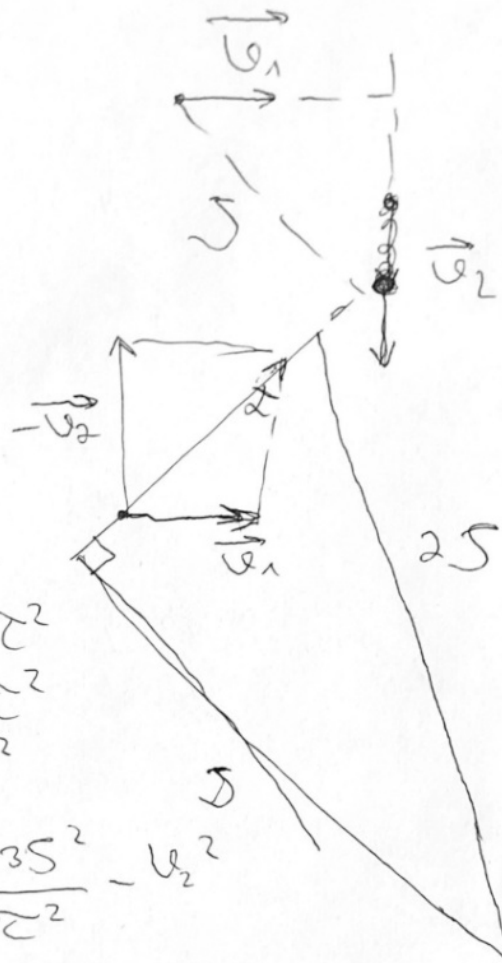
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

(+) собирающая линза
 (-) рассеивающая линза
 (+) действительный предмет
 (-) мнимый предмет
 (+) действительный изобр.
 (-) мнимый изобр.



Условие (3)

$$\begin{array}{l} \frac{N_1}{S} \\ S = 100 \text{ км} \\ \tau = 10 \text{ с} \\ U_2 = 36 \text{ км/с} \\ \hline U_1 = ? \end{array}$$



$$\vec{U}_{102} = \vec{U}_{103} + \vec{U}_{302}$$

$$U_{102} = U_{om}$$

$$U_{om} = \sqrt{(U_1)^2 + (U_2)^2}$$

$$(2S)^2 = S^2 + (U_{om} \tau)^2$$

$$4S^2 = S^2 + (U_1^2 + U_2^2) \tau^2$$

$$3S^2 = U_1^2 \tau^2 + U_2^2 \tau^2$$

$$U_1^2 \tau^2 = 3S^2 - U_2^2 \tau^2$$

$$U_1^2 = \frac{3S^2 - U_2^2 \tau^2}{\tau^2} = \frac{3S^2}{\tau^2} - U_2^2$$

$$U_1 = \sqrt{\frac{3S^2}{\tau^2} - U_2^2}$$

$$U_1 = \sqrt{\frac{3(100)^2}{10^2} - 100^2} = \sqrt{200} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 36\sqrt{2} \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Ответ: } 36\sqrt{2} \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right)$$

N₂

$V = 0,1 [m^3]$
 $v_1 = 0,05 [mol]$
 $t = 20^\circ C$
 $p_n = 2330 [Па]$
 $\omega(O_2) = 23\%$

$f = ?$

Учет Вых. (U)

$F = \frac{p_n}{p_{nh}}$
 p_n - давление над
 p_{nh} - давление насыщенного пара

$p_n = \frac{\nu_B RT}{V}$, где ν_B - кол-во без-ва (H_2O)

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
 По гр. р-ции $\frac{\nu(H_2O)}{\nu(H_2)} = \frac{2}{2} = \frac{1}{1} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \nu(H_2O) = \nu(H_2)$

Уменьшится составом газа в паре всего в 2330 раз:

$$23\% = \frac{\nu(O_2)}{\nu_B} \cdot \frac{32}{29}$$

$$\nu(O_2) = \frac{\nu_B \cdot 29 \cdot 23}{32 \cdot 100} = \frac{667}{3200} \nu_B$$

$$\nu(O_2) > \nu_B \quad (+)$$

$$f = \frac{p_n}{p_{nh}} = \frac{\nu_B RT}{p_{nh} V} = \frac{\nu_1 RT}{p_{nh} V}$$

$$\frac{667}{3200} < 1$$

Если $f_1 > 1$, то $f = 1$, в этом случае над будет насыщенным

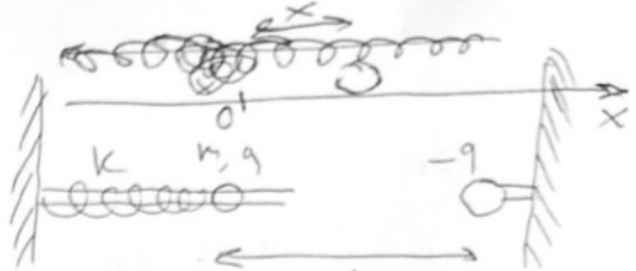
$$f = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot (20 + 273)}{0,1 \cdot 2330} \approx 0,52$$

Ответ: 0,52
(52%)

N3.
 $m = 10 \text{ (кг)}$
 $q = 10^{-6} \text{ [кВ]}$
 $L = 50 \text{ (см)}$
 $F = 1,47 \text{ [Гц]}$

 $k = ?$

учитывая (5)
 $(1+x)^2 \approx 1+2x$
 $(nx \ll 1)$



1) Заменим полную энергию системы:
 $\dot{x} = v$
 x_0 - начальная деформация

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

$W = \text{const} \Rightarrow \frac{dW}{dx} = 0$

$$\frac{dW}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{k(x+x_0)^2}{2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L-x} \right) = 0$$

$$\frac{m}{2} \cdot 2\dot{x}\ddot{x} + \frac{k}{2} \cdot 2(x+x_0)\dot{x} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{-1}{(L-x)^2} \right) \cdot (-1 \cdot \dot{x}) = 0$$

$$m\ddot{x} + k(x+x_0) - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (L-x)^2} = 0$$

$(1+x)^2 \approx 1+2x$

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

$$m\ddot{x} + k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2} \left(1 + \frac{2x}{L}\right) = 0$$

$$m\ddot{x} + k(x+x_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2} \left(1 + \frac{2x}{L}\right) = 0$$

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

$$m\ddot{x} + \left(k - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3} \right) \cdot x = 0$$

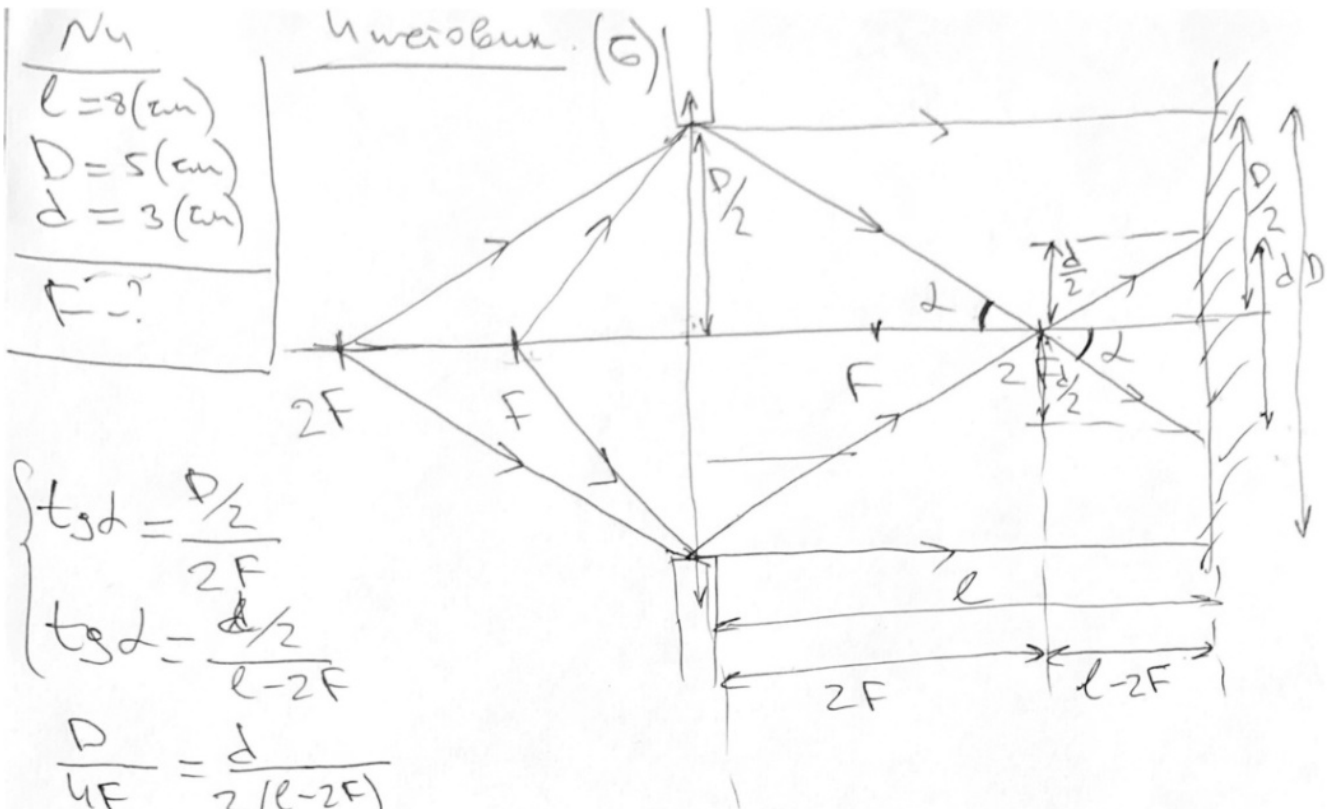
$$\sqrt{\frac{1,47}{1,47}} \cdot \frac{1}{9}$$

$$F = \frac{1}{2\pi} \omega_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}}}$$

$$\frac{k}{m} = (2\pi \cdot F)^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 \cdot mL^3}$$

$$k = (2\pi \cdot F \cdot m)^2 + \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 L^3}$$

$$k = (2\pi)^2 \cdot 9 \cdot \pi^2 \cdot 1,47^2 \cdot 0,01 + \frac{(10^{-6})^2}{2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot (0,5)^3} \approx 1 \text{ [Н/м]}$$



$$2DL - 2FD = 4Fd$$

$$DL - FD = 2Fd$$

$$F(2d + D) = DL \Rightarrow F = \frac{DL}{2d + D}$$

$$F = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 8}{2 \cdot 3 + 5} = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{11} = \frac{40}{11} \cdot 10^{-2} = \frac{40}{11} \text{ (cm)} =$$

$$F = \frac{5 \cdot 8}{2 \cdot 3 + 5} = \frac{40}{11} \text{ [cm]} \approx 3,63 \text{ [cm]}$$

$$\begin{array}{r} 40 \overline{) 11} \\ 33 \quad 3,63 \dots \\ \underline{70} \\ 66 \\ \underline{40} \end{array}$$

Answer: 3,63 [cm]

~~$\frac{D}{2F} = \frac{d}{l-2F}$~~ уравнение (1)

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

$$Dl - 2DF = 2Fd$$

$$Dl = 2DF + 2Fd$$

$$Dl = 2F(D+d)$$

$$F_2 = \frac{Dl}{2(D+d)}$$

$\Rightarrow F_2 = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot (5+1) \cdot 10^{-2}} = \frac{5 \cdot 10^{-2} [m]}{2} = 2,5 [cm]$

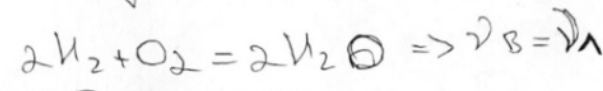
$$\begin{array}{r} \times 29 \\ 23 \\ \hline 87 \\ 58 \\ \hline 667 \end{array} \quad \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} 667 \overline{) 32} \\ \underline{64} \\ 27 \end{array}$$

N2
 $V = 0,1 [m^3]$
 $\nu_1 = 0,05 [m/s]$

$F = \frac{p_n}{p_n}$
 $p_n = \frac{\nu_B RT}{V}$, где ν_B - количество молекул H_2O

$$5 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 1,6 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{1,6 \cdot 10^{-2}}{667} = 2,4 \cdot 10^{-5}$$



Кислорода содержится в паре воды
 32 - молярная масса кислорода
 23% = $\frac{\nu_{O_2}}{\nu_2} \cdot \frac{32}{29}$

$\nu_{O_2} = \frac{\nu_2 \cdot 29 \cdot 23}{32 \cdot 100} \approx \nu_2 \cdot 0,2$
 $\nu_{O_2} > \frac{1}{2} \nu_1 (+)$

$F = \frac{p_n}{p_n} = \frac{\nu_B \cdot RT}{p_n \cdot V} = \frac{\nu_1 RT}{p_n \cdot V}$

Если $F > 1$ то $F = 1$ (наст. насыщенный)

$F = \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot (20+273)}{0,1 \cdot 2330} \approx 0,52$

N3. Напряженность ~~электрического~~ ^{электрического} вектора - ~~тоже 0~~ ^{тоже 0}
 Эл. заряд создает вокруг себя ~~поле~~ ^{электростатическое поле},
 которое бы в ~~любой~~ ^{любой} точке ~~создавало~~ ^{создавало} ~~поле~~ ^{поле}
 векторной физич. величины - напряженности.

Принцип суперпозиции: Если в данной точке пространства ~~разные~~ ^{разные} заряды создают электрические поля с напряженностями E_1, E_2 и т.д., то в таком случае суммарным вектором ~~получается~~ ^{получается} ~~напряженность~~ ^{напряженность} ~~всех~~ ^{всех} ~~электрических~~ ^{электрических} ~~полей~~ ^{полей}.

N4. Расстояние от фокуса до центра линзы ~~называется~~ ^{называется} ~~фокусным~~ ^{фокусным} ~~расстоянием~~ ^{расстоянием} линзы.
 Величину, обратную фокусному расстоянию, ~~называют~~ ^{называют} ~~оптической~~ ^{оптической} ~~силой~~ ^{силой} линзы и измеряют в диоптриях.

$$10 \text{ C} = \frac{1 \text{ мм} - 60 \text{ C}}{60 \text{ мм} - 10 \text{ C}}$$

$$1 \text{ мм} - 60 \text{ C} \quad x = \frac{10}{60}$$

$$x \text{ мм} - 10 \text{ C}$$

$$12 - 60 \text{ мм}$$

$$y \text{ C} - \frac{10}{60} \Rightarrow y = \frac{10}{60 \cdot 60} = \frac{1}{360}$$

$$1 \text{ мм} - 60 \text{ C}$$

$$x \text{ мм} - 10 \text{ C}$$

$$10 \text{ C} = x = \frac{10}{60} = \frac{1}{6}$$

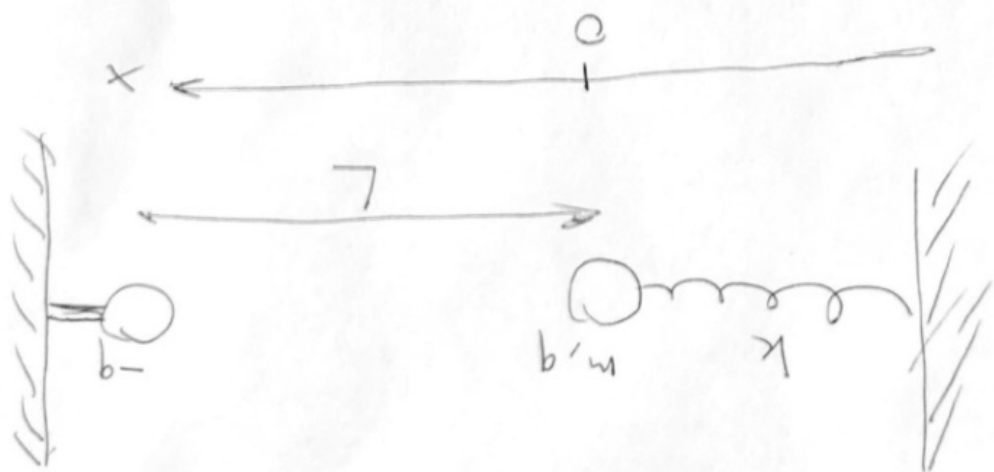
$$60 \text{ мм} - 12$$

$$\frac{1}{6} \text{ мм} - y$$

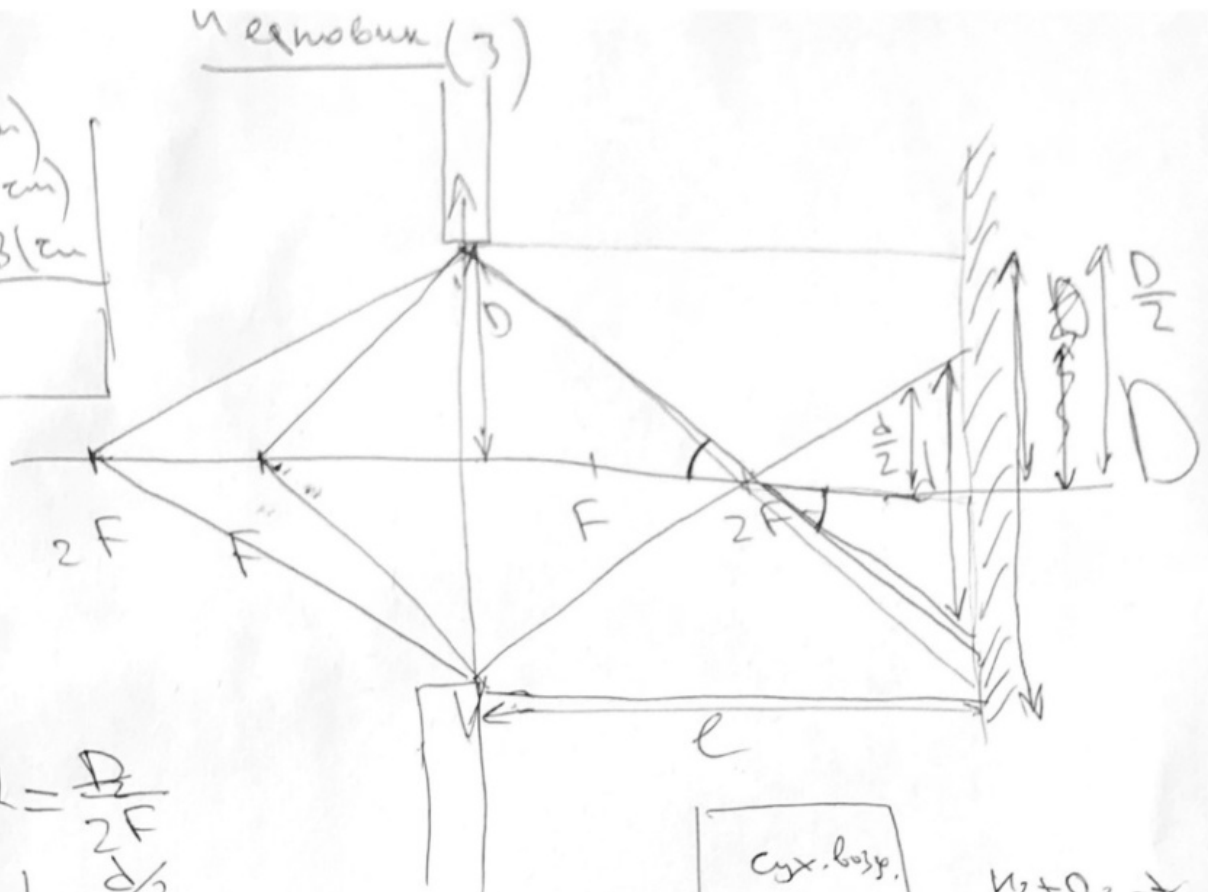
$$y = \frac{1}{6} : 60 = \frac{1}{360}$$

$$\sqrt{\frac{3 \cdot (0.1)^2}{\left(\frac{1}{360}\right)^2} - 36 \cdot 36}$$

$$0,36 \cdot 10 \cdot 0,36 = 3,6$$

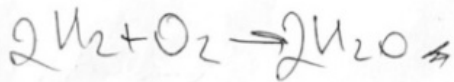


N_4
 $l = 8 \text{ (cm)}$
 $D = 5 \text{ (cm)}$
 $d = 3 \text{ (cm)}$
 $F = ?$



$$\text{tg} \alpha = \frac{D}{2F}$$

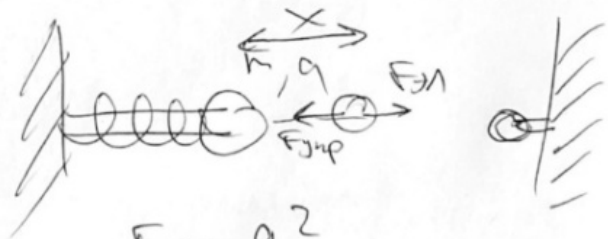
$$\text{tg} \alpha = \frac{d/2}{l - 2F}$$



$$p_1 V_1 = \nu_1 RT$$

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$F = \frac{p_1}{p_{atm}}$$



$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l^2}$$

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

$$W = \frac{mkl^2}{2} + \frac{kx^2}{2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (l-x)^2}$$

$$W = x$$

N3 ^{Чертовик} Напряженность электрического поля — ~~это~~ векторная характеристика электрического поля, которое создаёт вокруг себя неподвижный электрический заряд.

Принцип суперпозиции эл. полей: Суммарный вектор напряженности равен сумме векторов напряженности, которые в данном пространстве создают ~~то~~ поля ~~разных~~ разных зарядов.

N4 Фокусное расстояние — расстояние от центра линзы до фокуса, F измеряется в [м]

Оптическая сила тонкой линзы — величина, численно обратная фокусному расстоянию
 D измеряется в [диопт]

N4

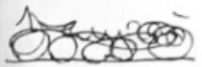
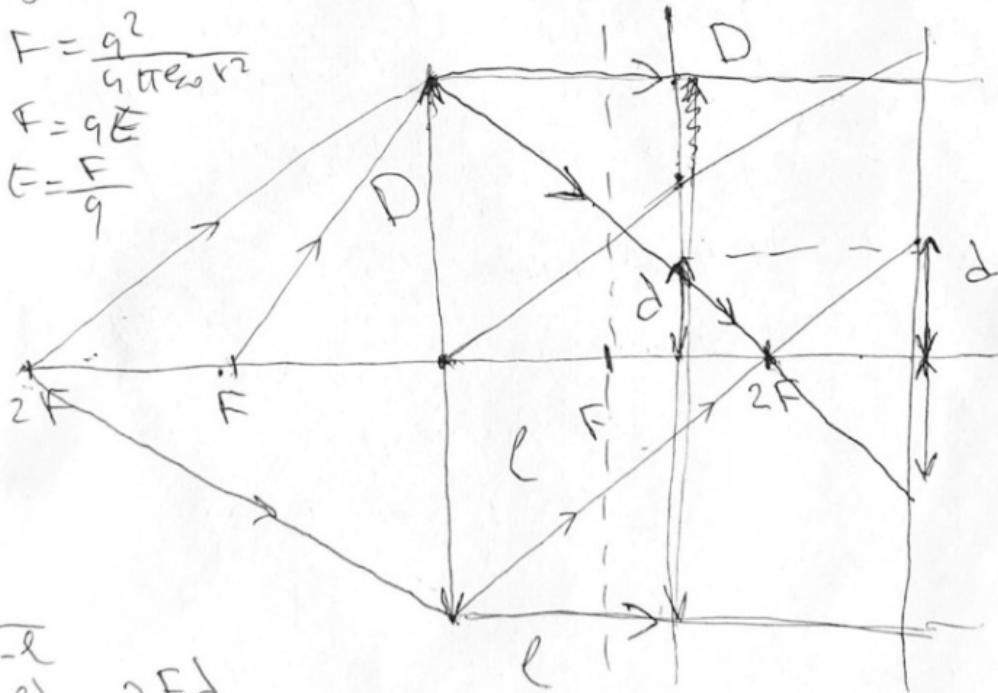
$$\begin{aligned} l &= 8 \text{ см} \\ D &= 5 \text{ диопт} \\ d &= 3 \text{ см} \end{aligned}$$

$F = ?$

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$F = qE$$

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



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

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

$$2DF - Dl = 2Fd$$

$$2DF - 2Fd = Dl$$

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

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

$$F = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot (5-3) \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} [\text{м}] = 10 [\text{см}]$$

$$\begin{array}{r|l} 40 & 11 \\ \hline 33 & 3,63 \\ \hline 70 & \\ -66 & \\ \hline 40 & \\ -33 & \\ \hline 40 & \end{array} \quad 33$$

Ответ: 10 см

Оценка
не шумника
ЮФН

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников "Ломоносов"
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовникому
ученицу одиннадцатого класса
школы № 1514 города Москвы
Ликиновой ЕВГЕНИИ РОМАНОВНОЙ

апелляция.

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы
(86) за мою работу заключительного этапа по физике,
поскольку считаю, что:

- ① В задании номер 4 получен неверный ответ из-за
ошибки в арифметике. Система записана правильно, но
при переходе от 3 строки к 4 допущена арифмети-
ческая ошибка (не сложила одно из слагаемых на 2),
из-за чего был получен неверный ответ. На 1 странице
черновика (страница 7/10) и на последней (10/10)
написано правильное решение задания и рассмотрено
2 случая (2 положения линзы), но про второй случай я
напрочь забыла, так как пыталась найти ошибку в
арифметике в своем решении (при одинаковом
решении ответы отличались) ^{время, отведенное на задание, заканчивалось} и в черновике я обозначила
за радиус ~~радиус~~ пятна его диаметр, поэтому написала
другое решение в задании. Задание мною была
попыта и решена верно (в черновике получен верный ответ,
который совпал с вариантом на сайте решением).
- ② Ответы и суть решения остальных задач совпала
с выполненными на сайте решениями.
- ③ Ответы на теоретические вопросы полные и
содержат необходимые пояснения.

24.03.2022