



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Стексов Иван Васильевич**

Класс: 11

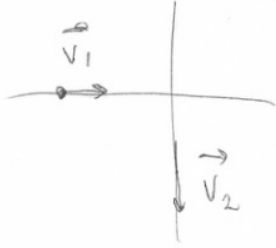
Технический балл: **94**

Дата проведения: 26 февраля 2022 года

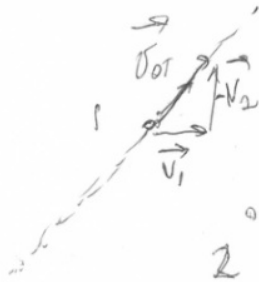
ШИФР РАБОТЫ 9849480

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	94
Вопрос	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>5</i>	

№ 1, 2, 01. (№ 1) Числовик



1) Перейдем в СО второго абт. (\vec{v}_2):



По з. сложения:

$$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = \vec{v}_{OT};$$

$\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2 \Rightarrow$ По Т. Пифагора:

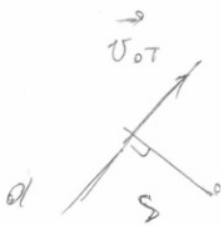
$$v_{OT} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}; \text{ в СО абт. №2}$$

абт. №1 гв. по прямой \Rightarrow

$\vec{S} \perp \alpha$, где α - прямая

вдоль которой гв. абт. №1 в

СО абт. №2;



$$36 \frac{\text{км}}{\tau} = 36 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} =$$

$$= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$S = 100 \text{ м},$$

$$\tau = 10 \text{ с}$$

$$v_2 = 36 \text{ км/ч}$$



$$\sin \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ \Rightarrow$$

$$v_{OT} = 2S \cdot \cos 30^\circ \Rightarrow$$

$$v_{OT} = \frac{S}{\tau} \sqrt{3} \Rightarrow$$

$$v_1^2 + v_2^2 = 3 \left(\frac{S}{\tau} \right)^2 \Rightarrow$$

$$v_1 = \sqrt{3 \left(\frac{S}{\tau} \right)^2 - v_2^2} = \sqrt{300 - 100} \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2\sqrt{50} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx$$

$$\approx 10 \cdot 1,41 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 14,1 \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} =$$

$$= 50,76 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 51 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

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

Упробна: №10

$$4\pi^2 f^2 =$$

$$14^2 = 4$$

$$4\pi^2 m f^2 + \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2} = K$$

$$\frac{10}{4}$$

$$36 \cdot 0,01 \cdot 2,25 + \frac{1 \cdot 10^3}{6,28 \cdot 9 \cdot 125} \approx$$

$$\approx 0,36 \cdot 2,25 + \frac{1000}{6,3 \cdot 9 \cdot 125}$$

$$\frac{1}{4} \approx$$

$$0,81$$

x

$$\begin{array}{r} 225 \\ .36 \\ \hline 1350 \\ 675 \\ \hline 8100 \end{array}$$

$$337,5$$

$$\frac{10}{7}$$

$$9 \cdot 125 = 1125$$

$$\frac{10}{7}$$

$$\frac{100}{7} \approx 14,28$$

$$11250$$

$$0,81$$

$$1125 \cdot (6 + 0,3) = 6650 + 337,5 = 6987,5$$

$$0,81 + \frac{1000}{6988} \approx 0,81 + \frac{1}{7}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ \frac{2}{30} \\ \frac{28}{20} \\ \frac{6}{6} \end{array} \bigg| \frac{2}{7} \approx 0,142$$

$$\frac{1}{10L} = \frac{1}{4} \quad K \cdot \frac{1}{L} = \frac{1}{L^2} \cdot M$$

Умножить: $\frac{10^3}{10}$

$$\frac{225}{100} = 2,25$$

$$\frac{10^{12}}{125 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{6,28 \cdot 8,85 \cdot 10^4} = \frac{10^3}{125 \cdot 6,28 \cdot 8,85}$$

$$4 \cdot \pi^2 \approx 4 \cdot 9 \approx 36, \quad m = 0,01 \Rightarrow$$

$$f^2 \approx 1,5^2 \approx 2,25 \quad 36 \cdot 36 \cdot 10^{-2} \cdot 2,25 \approx$$

$$125 \cdot 6,3 \cdot 8,9$$

$$36 \cdot 0$$

$$37,5$$

$$0,36 \cdot 2,25$$

$$\begin{array}{r} 225 \\ 36 \\ \hline 1350 \\ 645 \\ \hline 81,00 \end{array}$$

$$\underline{0,81}$$

$$\begin{array}{r} 787,5 \cdot 8,9 \\ 11 \\ \hline 125 \cdot (6 + 0,3) \cdot (8,9) \end{array}$$

$$600 + 150 = 750 + 37,5$$

$$: 789,9$$

$$100 \cdot 10$$

$$\frac{10^3}{10}$$

$$\frac{3}{5} = \frac{6}{10} - 1$$

$$\sim 10 \cdot 1 \cdot 10^{-2} \approx 10^{-1}$$

$$4\pi \cdot f^2 m = 40 \cdot 2 \cdot 10^{-2} =$$

$$= 0,4$$

$$\frac{3}{5} = x - 1$$

$$1 - x = y \Rightarrow x = 1 - y$$

Число: №12 5 $\frac{293}{5}$
1465

$T \approx 293 K, \nu_4 \approx 1 \text{ моль} (1 - 0,0025) \text{ моль}$

$p = \frac{10 \cdot 300}{0,1 \text{ м}^3} = 3 \cdot 10^4 \text{ Па} = 30 \text{ кПа}$

$2330 \cdot 0,1 = 8,31 \cdot 293 \cdot 0,05 \Rightarrow 2330 = 8,31 \cdot 293 \cdot 0,5$

$2330 = 5 \cdot 8,31 \cdot 293$ - ~~быдет~~; " " " " " "

$pV = \nu RT \Rightarrow \varphi = RT \cdot \frac{\nu}{Vp} = \frac{8,31 \cdot 293 \cdot 0,05}{0,1 \cdot 2330} = 5$

293 $\frac{293}{5}$
1465

12 $\frac{141}{36}$
2344 = + 423
2330

~~1465
8
11720~~

$\frac{3800}{1000} = 3,8$

$\frac{35^2}{4^2} = 5^2$

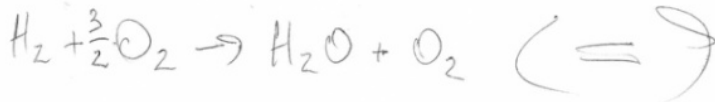
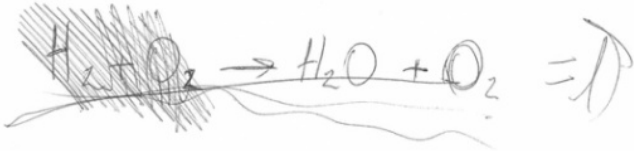
$300 - 100$

$5 \cdot 10 = 50$

$\frac{141}{36}$
846
+ 443
527.6

$\frac{141}{36}$
846
423
507.6

Уравнение: № 13



*



~~v_+~~

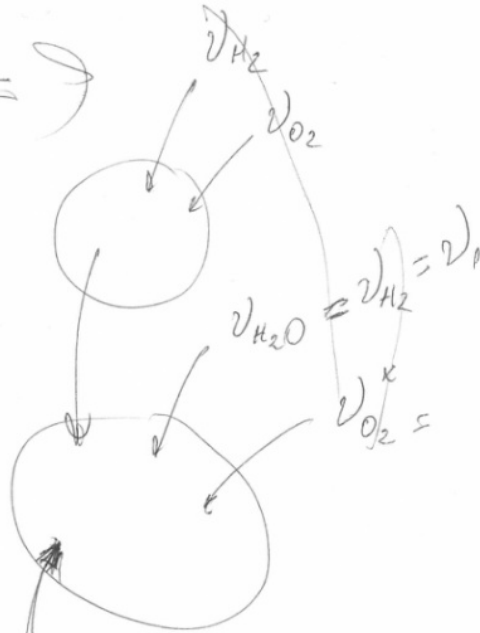
$$\frac{v_+}{v_-} = \frac{2}{3} \Rightarrow$$

~~$\frac{v_+}{v_-} = \frac{3}{2}$~~

$$v_- = \frac{3}{2} v_+ \Rightarrow$$

$$\frac{v_+}{v_-} = \frac{2}{3}$$

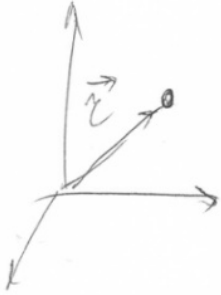
$$v_+ = v_1$$



$$\frac{v_4}{K} = \tilde{v}, \quad p_c V = \tilde{v} R T \quad \Rightarrow$$

$$p_c = \tilde{v} \frac{RT}{V}, \quad \text{одн. единиц одр. нар,}$$

Вопрос: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, (№ 2) Числовик
 (1, 2, 1) где \vec{r} - радиус вектор; пров. и мему, в данной системе коорд.;

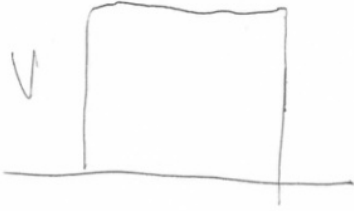


Закон сложения скоростей:

$$\vec{v}_1 \quad \vec{v}_2 \quad \left(\begin{array}{l} \vec{v}_{от(1-2)} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \quad (<=) \\ \vec{v}_1 = \vec{v}_{от(1-2)} + \vec{v}_2 \end{array} \right)$$

Скорость тела № 1 ~~от~~ отн. тела № 2 равна Пусть \vec{v}_1 и \vec{v}_2 - скорости тел № 1 и № 2 в лаб. СО соответственно, тогда \vec{v}_1 (скорость тела № 1 в ЛСО) равна сумме \vec{v}_2 (переносной скорости) и $\vec{v}_{(1-2)от}$ (скорости первого тела отн. второму);

№ 2.8.1. (№3) Чистовик



$$V, \nu_1 = 0,05 \text{ моль}$$

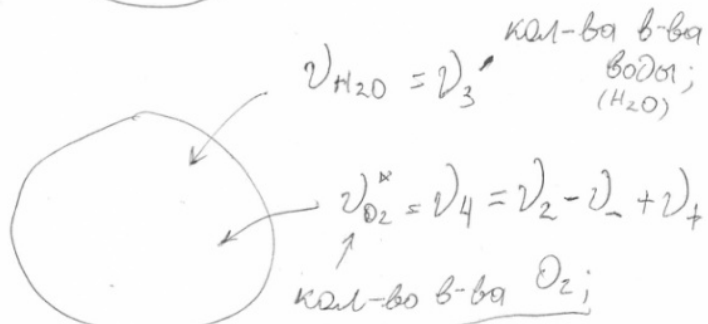
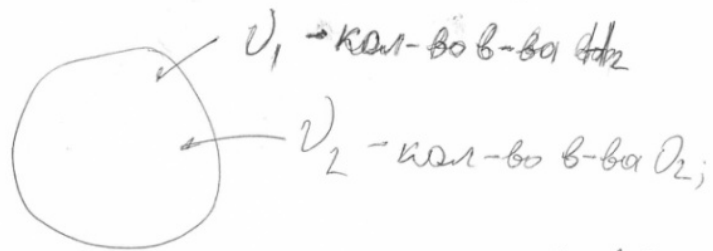
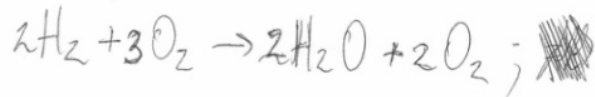
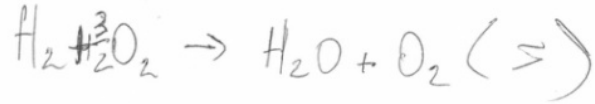
$$\nu_2 = 1 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = \nu_3$$

$$K = 0,23$$

то отр. $\varphi = \frac{p_{\text{пары}}}{p_{\text{пол.п.}}}$
 $p_{\text{пол.п.}} = p$

1) Запишем реакцию горения
водорода:



из ур-ия реакции можно видеть,
 как соотнош. количества веществ:

$$\frac{\nu_1}{\nu_+} = 1, \text{ где } \nu_+ \text{ - кол-во } \text{O}_2, \text{ образ}$$

ное отр.;

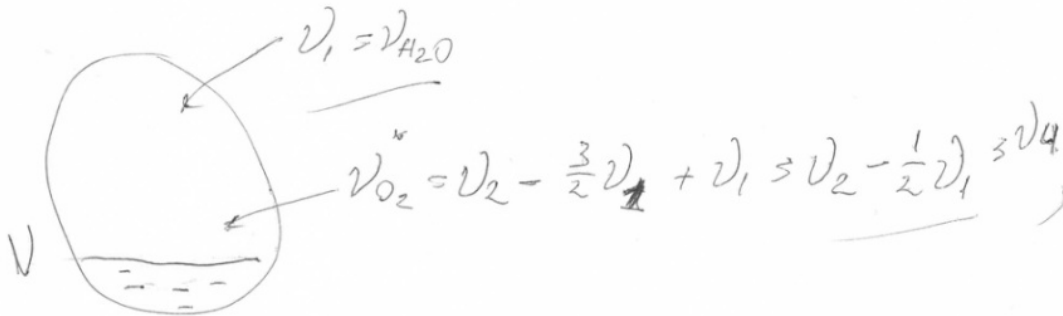
$$\frac{\nu_1}{\nu_-} = \frac{2}{3}, \text{ где } \nu_- \text{ - кол-во в-ва } \text{O}_2,$$

которое ушло на горение;

$$\frac{v_1}{v_{H_2O}} = \frac{v_1}{v_2} = 1, \quad \text{где } v_2 - \text{кол-во в-ва, обр. при горении;} \quad \text{H}_2\text{O}$$

(№4) Гусовик

Площа, сразу после горения:



~~Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:~~ Запишем ур-ие Менд-Кл.: (для пар)

~~$\varphi p_H V = \nu RT$~~ , ($T = 273 + 20 \text{ K} = 293 \text{ K}$), проверим,

останется ли вода в сосуде: ~~$v \leq v_{H_2O} = v_1$~~

~~Пусть пусть вся вода испарится при горении~~

пусть вся вода испар.: $\varphi = \frac{\nu RT}{pV} \approx \frac{0,05 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,1 \cdot 2330} =$

$= \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 293}{23300} \approx \frac{5 \cdot 293 \cdot 10}{23300} = \frac{14650}{23300} < 1 \Rightarrow$ ~~Вода~~

~~Значит~~ Значит в действительности при испарении воды пар не станет насыщен. \Rightarrow Ур-ие М-К. (для пара):

$\varphi p_H V = \nu_{H_2O} RT \Rightarrow \varphi = \frac{\nu_{H_2O} RT}{p_H V} = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 293}{23300} \approx \frac{1172}{2330} =$

$= 0,5 \cdot \frac{2344}{2730} = 0,5 + \frac{14}{2330} \approx 0,5; \quad \text{Ответ: } \varphi \approx 0,5;$

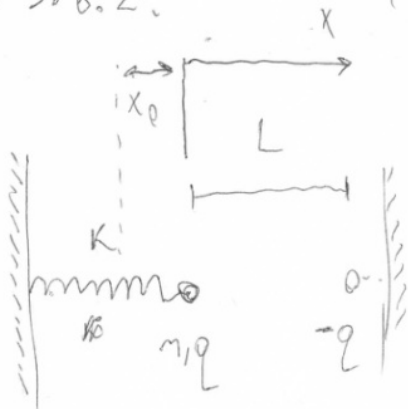
(№ 5) чистовик

Вопрос (2.8.1) - кипение, испарение; • кипение происходит, ~~тогда~~ когда ~~тогда~~ давление жидкости становится равным внешнему, тогда из всего объема жидкости ~~под~~ на поверхности поднимаются пузырьки воздуха;

• испарение происходит за счет того что на поверхности жидкости есть молекулы, ~~достаточно бы~~ обладающие достаточной энергией для преодоления межмолекуляр. сил;

~~L~~ ~~ΔQ~~ ~~Δm~~ , $\frac{\Delta Q}{\Delta m} = L$, количество теплоты, необходимое для парообр. единицы массы ~~жидкости~~, в СИ размерность: $\left[\frac{Дж}{кг} \right]$; ~~$\frac{Дж}{кг}$~~ ~~жидкости~~

№ 3.8.2.



(№ 6.) Числовик

1) 2 3. Но:

$$m\ddot{x} = -k(x+x_0) + \gamma \frac{q^2}{(L-x)^2},$$

в пал. равновесия:

$$kx_0 = \gamma \frac{q^2}{L^2} \Rightarrow$$

$$\gamma = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

x_0 - деформация пр.
в пал. равновесия;

$$m = 0,2$$

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$L = 50 \text{ см}$$

$$f = 1,47 \text{ Гц}$$

$$\epsilon_0 = 8,87 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$m\ddot{x} = -kx - \gamma q^2 \left(\frac{1}{L^2} - \frac{1}{(L-x)^2} \right) \Rightarrow$$

$$m\ddot{x} \approx -kx - \gamma q^2 \left(\frac{L^2 - 2xL + x^2 - L^2}{L^2(L-x)^2} \right),$$

$$(L(L-x))^2 \approx L^4, \quad \frac{x}{L} \ll 1 \Rightarrow \left(\frac{x}{L} \right)^2 \approx 0, \Rightarrow$$

$$m\ddot{x} = -kx + 2\gamma q^2 \frac{x}{L^3} \Rightarrow$$

$$\ddot{x} + \underbrace{\frac{k - 2\gamma q^2}{m}}_{\omega_0^2} x = 0 \rightarrow \text{ур-ие Гарм. колеб.}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k - 2\gamma q^2}}$$

$$\omega_0 = 2\pi f \Rightarrow$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k - 2\gamma q^2}{m}} \Rightarrow \underbrace{(2\pi f)^2 m + \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^3}}_{\approx};$$

$$4\pi^2 f^2 \cdot m + \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^3} = k \approx (0,81 + \frac{1}{4}) \frac{\text{Н}}{\text{м}} \approx$$

$$\approx (0,81 + 0,142) \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 0,952 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$\text{Ответ: } k \approx 0,952 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

Вопрос: (3.8.2) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$, где \vec{F} - сила, действующая

(Мисловник)

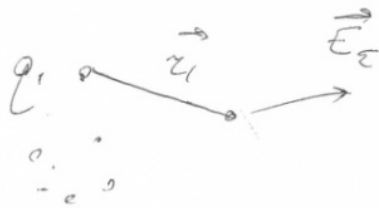
(N~~o~~ 7.)

на пробный заряд со стороны электрического поля;

Принцип суперпоз.:

$$\vec{E}_\Sigma = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n, \quad \text{напряженность}$$

поля ~~то же~~ в любой точке пространства равна сумме напряженностей, ~~каждого~~ создаваемых каждым эл. системой отдельно, но есть:

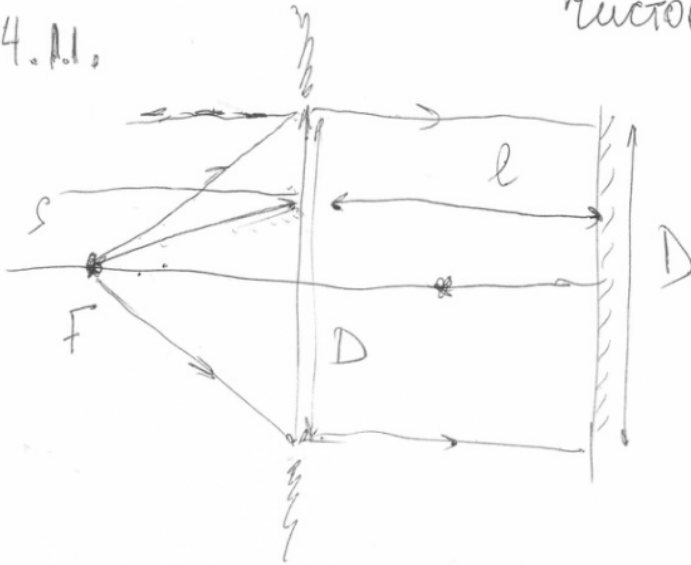


$$\vec{E}_\Sigma = \sum_{i=1}^N k \frac{q_i}{r_i^2} \vec{r}_i;$$

(Пробный заряд - настолько малый заряд, что он не измен конфигурацию поля, а лишь испытывает на себе его воздействие)

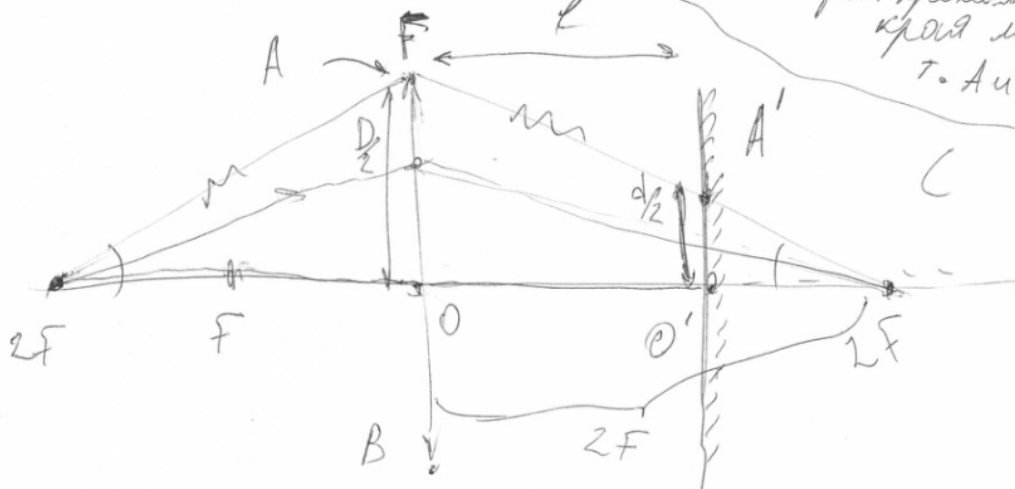
№ 4.11.

Чистовик (№ 8)



1) когда ист. находится в ^{ш.} фокусе, лучи, проходя через линзу, идут параллельно $\Rightarrow D = \text{диаметр кривого отверстия};$

(после предв. ист. новый диаметр будет определяться лучами, который проходит через край линзы - т. А и В)



Запишем ур-ие тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad d = 2F \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2F} = \frac{1}{2F} \Rightarrow f = 2F,$$

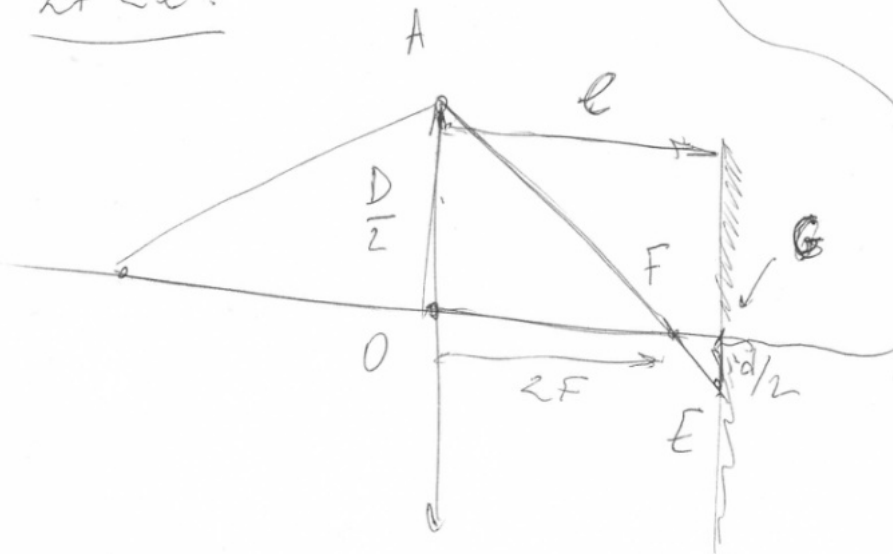
Пусть $2F > l \Rightarrow \triangle O'A'E \sim \triangle O'CA' \sim \triangle OCA \Rightarrow$

Микрообъект (№ 9)

$$\frac{d}{D} = \frac{2F - l}{2F} = \frac{3}{5} = 1 - \frac{l}{2F} \Rightarrow \frac{l}{2F} = \frac{2}{5} \Rightarrow$$

$$F = \frac{5}{4} l = 10 \text{ см};$$

$$2F < l:$$



$$\frac{3}{5} + 1 = \frac{l}{2F} \Rightarrow$$

$$\frac{8}{5} = \frac{l}{2F} \Rightarrow$$

$$F = \frac{5}{16} l = 2,5 \text{ см}$$

Ответ:

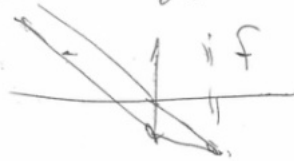
2,5 см;

10 см;

$$\triangle AFO \sim \triangle EFG \Rightarrow \frac{D}{d} = \frac{2F}{l - 2F} =$$

$$\frac{d}{D} = \frac{l - 2F}{2F} - \text{но не самое упр-ие};$$

~~Ответ: F = 10 см;~~



Вопрос (4.1.1): Фокусное расстояние определ. след. образ

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{f} \text{ при } d \rightarrow \infty \Rightarrow \text{это расстояние от}$$

линзы до изобра. предмета, это увеличенное на бесконечность ^{после преломл.} или: расстояние от линзы до точки, в которой пересекаются лучи параллельных лучей падающих на линзу;