

Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015уч.г.
11 класс

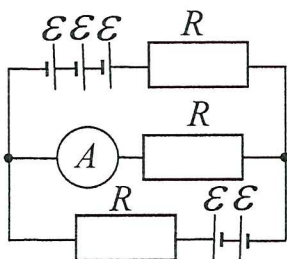


Вариант №2.

Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением встречного ветра удерживается газета. Коэффициент трения газеты о стекло k , плотность воздуха ρ , площадь газеты S , скорость ветра v . При какой максимальной массе газеты m это возможно? Трением воздуха о газету пренебречь.

Задание 2 (15 баллов): Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при $0\text{ }^\circ\text{C}$ в качестве холодильника и воду при $100\text{ }^\circ\text{C}$ в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар 1000 г воды в нагревателе? Удельная теплота парообразования $r = 2,26 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$, удельная теплота плавления $\lambda = 3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

Задание 3 (15 баллов): В электрической цепи каждое э.д.с. равно $\varepsilon = 3\text{ В}$, $R = 5\text{ Ом}$. Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 10\text{ см}$ и массой $m = 1\text{ г}$ сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 5\text{ кВ}$ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Через какое-то время скорость осколков оказалась равной $v = 1\text{ м/с}$. Определить радиус сферической поверхности, на которой в данный момент времени располагаются осколки.

Задание 5 (25 баллов): Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 50\text{ см}$ посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25\text{ см}$ от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение, если показатель преломления вещества $n = 1,5$.

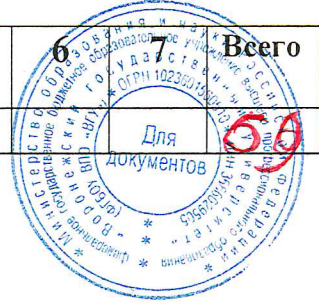


Олимпиада школьников

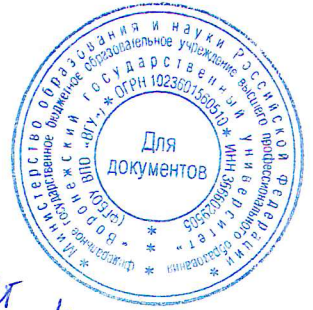
**Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности**

Шифр 36-11-13

Задание	1	2	3	4	5	6	7	Всего
Баллы	15	9	15	20	10		Для документов	60



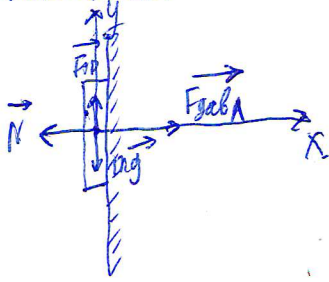
Числами.



№1.

Дано: u, k, D, S, D
 $m = ?$

См. Решение.



Рассмотрим "условку"

1) Когда воздух давит на газету газета касается ~~плать~~ ~~давить~~ на стекло. Стекло давит на газету по 3.Н. из-за чего возникает \vec{N} . За счет силы реакции оторвать верхнюю часть стекла, которую не позволяет газете упасть

2) Запишем 3.Н. в проекции на оси:

OX: $F_{газ} - N = 0$

OY: $F_{тр} + mg = 0$

$F_{газ} = N$

$F_{тр} = mg$

$F_{газ} = N$

$N = mg$

$mg = k F_{газ} = k p S$

3) Рассмотрим воздух как идеальную газ. тогда имеем

$p v_b = \rho R T$
 $p v_b = \frac{m_b v_b}{M_b} = \frac{\rho R T}{M_b}$

4) В берейдем в СО, связанную с автомобилем. в ней

$v_b = v_{авт}$

$v_b = \sqrt{\frac{3 p T}{M_b}} \Rightarrow \frac{p T}{M_b} = \frac{v_b^2}{3}$

5) $4 \Rightarrow 3$

$p v_b = \frac{\rho v_b^2}{3} = \frac{\rho (v_{авт})^2}{3}$

6) окончательно получаем

$mg = \frac{k \rho (v_{авт})^2 S}{3} \Rightarrow m = \frac{k \rho S (v_{авт})^2}{3g}$

Ответ: $m = \frac{k \rho S (v_{авт})^2}{3g}$

15

№2.

Дано:

См.

Решение

$T_1 = 0^\circ C$
 $T_2 = 100^\circ C$
 $m = 1000g$
 $\rho = 2,26 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^3$
 $\rho = 2,35 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$
 $\rho = ? \text{ Дж/м}^3$

1) м.и. это ~~формула~~ ^{получившаяся} машина: 2) м.и. это ушла кепка.

$\rho = \frac{Q}{V} = \frac{Q_{маш}}{Q_{кеп}} = \frac{m_1 T_1}{m_2 T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{m_1 T_1}{m_2 T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1 T_1 T_2}{\rho (T_2 - T_1)} = \frac{1 \cdot 2,26 \cdot 10^3 \cdot 303}{2,35 \cdot 10^5 \cdot 100} \approx 25,16 \text{ кг}$

Ответ: $m_2 = 25,16 \text{ кг}$

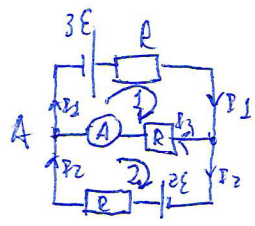


Дано: $\epsilon = 3 \text{ В}$
 $R = 5 \text{ (М)} \Omega$
 $I_A = ? \text{ А}$

СМ

Решение

1) Пересерти схему и заменим батареи ЭДС одним ЭДС, т.е. $\epsilon_5 = \sum_{i=1}^5 \epsilon_i$



2) Обозначим токи в ветвях схемы.

3) Запишем 2 правило Кирхгофа для узла А

$$I_1 = I_2 + I_3$$

4) Запишем 2 правило Кирхгофа для контуров 1 и 2 по направлению, указанному стрелками

$$\begin{cases} 3E = I_1 R + I_3 R \\ 2E = I_2 R - I_3 R \\ I_1 = I_2 + I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3E = I_2 R + 2I_3 R \\ 2E = I_2 R - I_3 R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 3I_1 R \\ I_3 = \frac{E}{3R} \end{cases}$$

$$I_3 = I_A = \frac{E}{3R} = 0.2 \text{ А}$$

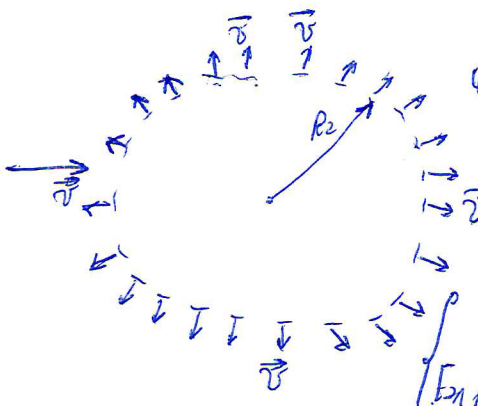
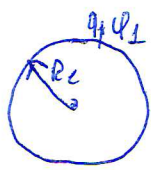
Ответ: $I_A = 0.2 \text{ А}$

№4.

Дано: $m = 0.1 \text{ г}$
 $R_1 = 10 \text{ см}$
 $U_1 = 8 \text{ В}$
 $U_2 = 1 \text{ М/с}$
 $R_2 = 7.6 \text{ М}$

СМ

Решение



1) Запишем закон сохранения заряда и закон сохранения энергии.

$$U = \frac{kq}{R} \Rightarrow q = \frac{UR}{k}$$

$$\begin{cases} q_1 = q_2 \\ E_{k1} = E_{k12} + E_{k2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{q_1 R_1}{k} = \frac{q_2 R_2}{k} \\ q_1 q_1 = \frac{m v^2}{2} + q_2 q_2 \end{cases} ?$$

= 20

$$\begin{cases} q_1 R_1 = q_2 R_2 \\ \frac{q_1^2 R_1}{k} = \frac{m v^2}{2} + \frac{q_2^2 R_2}{k} \end{cases}$$

$$\frac{q_1^2 R_1}{k} = \frac{m v^2}{2} + \frac{q_1^2 R_1^2}{k R_2^2}$$

$$\frac{q_1^2 R_1^2}{k R_2^2} \geq \frac{q_1^2 R_1}{k} - \frac{m v^2}{2} \Rightarrow$$

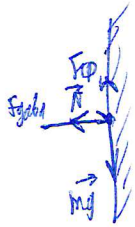
$$R_2 = \frac{2 q_1^2 R_1^2}{2 q_1^2 R_1 - k m v^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 10^{-1} - 9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-4}} = \frac{5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^6 - 0.9 \cdot 10^5} \approx \frac{5}{4.1} \approx 1.2 \text{ см}$$

Ответ: $R_2 \approx 1.2 \text{ см}$

Требуем.

N1



$$\begin{aligned} 1) F_{frict} &= N \\ F_{push} &= mg \\ F_{frict} &= N \\ \mu F_{frict} &= mg \end{aligned}$$

6 CO слоя с авт.
V_B = V_{ell}

$$\begin{aligned} F_{frict} &= \rho v^2 \\ v_B &= \sqrt{\frac{2\rho v^2}{m}} \Rightarrow \frac{\rho v^2}{m} = \frac{v^2}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\mu \rho v^2 S}{3} &= mg \\ m &= \frac{\mu \rho v^2 S}{3g} = \frac{\rho v^2 (v+u)^2}{3g} \end{aligned}$$

$$\rho v^2 = \frac{\rho v^2}{m} = \frac{\rho v^2}{3}$$

$$F = \frac{R}{n-1}$$

$$-n = d$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

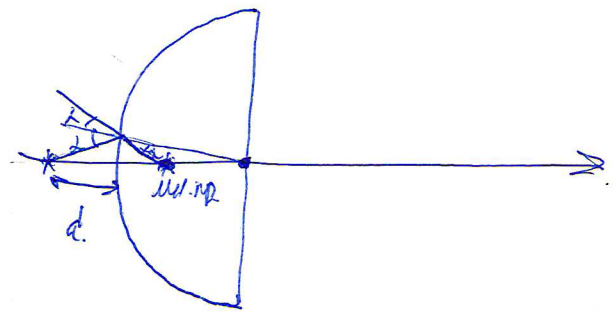
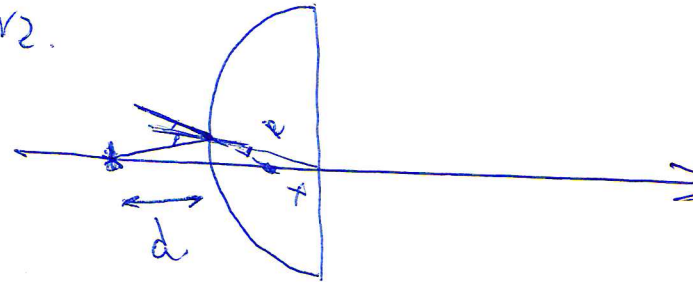
$$Q_{out} = v m_1$$

$$Q_{in} = \rho m_2$$

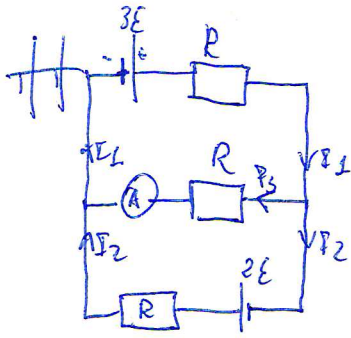
$$\frac{v m_1}{\rho m_2} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$m_2 = \frac{v m_1 T_1}{\rho (T_1 - T_2)} = \frac{2,26 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 373}{335 \cdot 10^5 \cdot 100} \approx 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

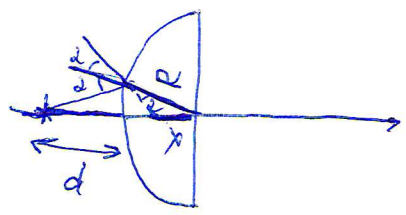
N2.



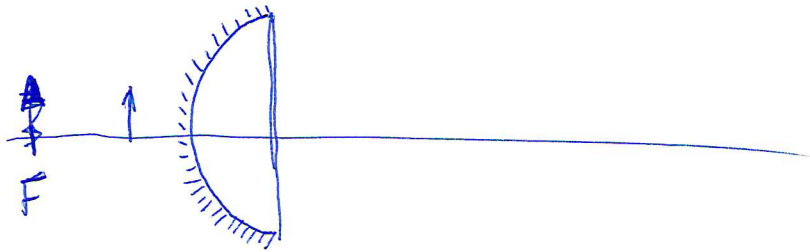
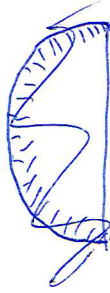
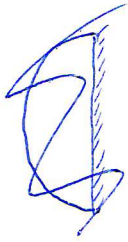
N3



$$\begin{aligned} 1) \quad & \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_2 \\ & 3\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 R + \mathcal{E}_3 R \\ & 2\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 R - \mathcal{E}_3 R \\ & \cancel{3\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_3) R} \\ & \begin{cases} 3\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 R + 2\mathcal{E}_3 R \\ 2\mathcal{E} = \mathcal{E}_2 R - \mathcal{E}_3 R \end{cases} \\ & \mathcal{E} = 2\mathcal{E}_3 R \\ & \mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{2R} \end{aligned}$$



Черновики
№5



$$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{1}{R}$$

$$F = \left(\frac{n-1}{R} \right)^{-1} = \frac{R}{n-1} \approx 25 \text{ см} \cdot 100$$

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

$$f = \left(\frac{2}{F} - \frac{1}{d} \right)^{-1} = \frac{Fd}{2d-F} = \frac{25 \cdot 25 \cdot 100}{50 - 100}$$

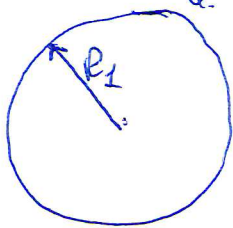
$$\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} = \frac{\varphi_2^2 R_2}{k R_2} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\varphi_1 R_1 = \varphi_2 R_2$$

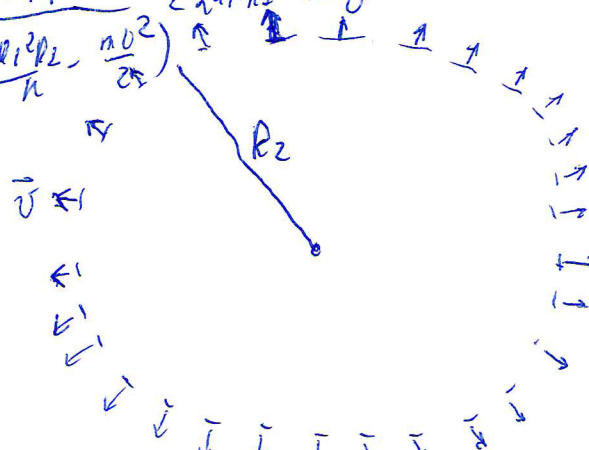
$$\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} = \frac{\varphi_2^2 R_2}{k} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} - \frac{m v^2}{2} = \frac{\varphi_1^2 R_1^2}{k R_2} \quad \Gamma = -1$$

$$\frac{2 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 10^{-1} \cdot 10^9 \cdot 9 \cdot 10^9} = \frac{5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^5}$$



$$R_2 = \frac{\varphi_1^2 R_1^2 N_4}{k \left(\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} - \frac{m v^2}{2} \right)}$$



$$F_{n1} = \varphi q = \frac{\varphi^2 R}{k} \approx \frac{5 \cdot 10^5}{41 \cdot 10^5}$$

$$\varphi = \frac{kq}{r} \rightarrow q = \frac{\varphi R}{k} \approx 12,2 \text{ нКл}$$

$q = \text{const}$

$$q = \frac{\varphi_1 R_1}{k} = \frac{\varphi_2 R_2}{k}$$

$$\varphi = \frac{kq}{r}$$

$$q = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 0,1}{9 \cdot 10^9} \approx 5,5 \cdot 10^{-7}$$

$$F_{n1} = F_{n2} + F_{кин}$$

$$k = 9 \cdot 10^9$$

$$\frac{kq^2}{R_1} = \frac{kq^2}{R_2^3} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} = \frac{\varphi_2^2 R_2}{k} + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{kq^2}{R} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (5,5 \cdot 10^{-7})^2}{10^{-1}} = 27 \cdot 10^{10} \cdot \frac{25}{81} \cdot 10^{-14} = \frac{25}{3} \cdot 10^{-4}$$

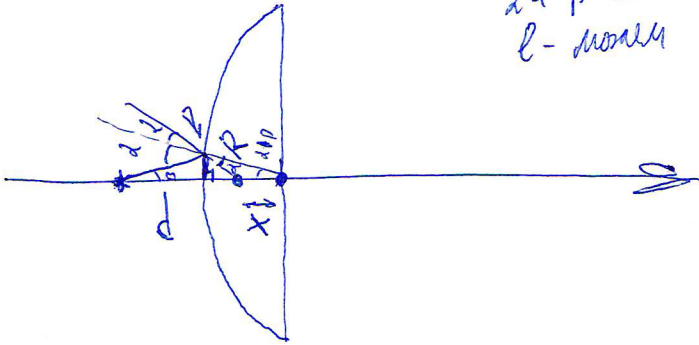
$$R_2 = \left(\frac{\varphi_1^2 R_1}{k} - \frac{m v^2}{2} \right) k$$

$$= \frac{\left(\frac{25 \cdot 10^6 \cdot 0,1}{9 \cdot 10^9} - 5 \cdot 10^{-2} \right) \cdot 9 \cdot 10^9}{25 \cdot 10^6} =$$



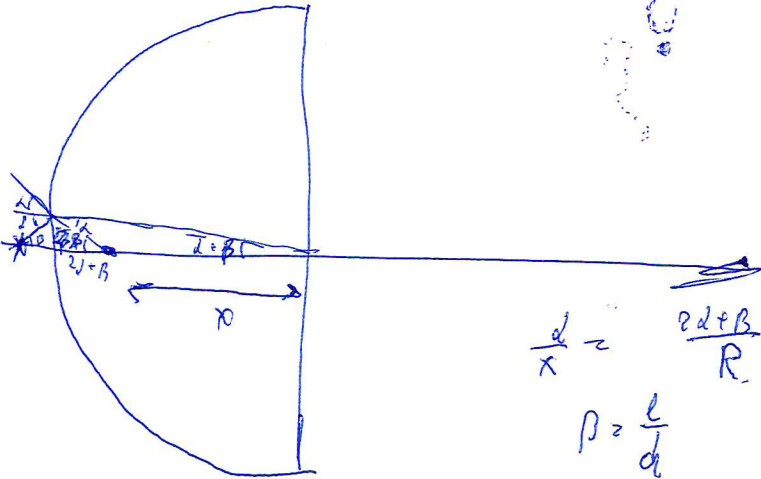
Методы

2ч β -малые углы
 l -малым считать отрезком l за малыми углами



$$\tan \beta \approx \beta \approx \frac{l}{d}$$

$$\cos \beta \approx \sqrt{1 - \beta^2}$$



$$R \approx \frac{R}{n-1}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow b \approx$$

$$x \approx -a$$

$$\tan \beta \approx \beta \approx \frac{l}{R}$$

$$\beta \approx \frac{l}{d}$$

$$\frac{d}{x} = \frac{2d + \beta}{R}$$

$$\beta \approx \frac{l}{d}$$

$$2d + \beta \approx \frac{l}{R-x}$$

$$\beta d \approx \frac{l}{R-x} - \frac{l}{d} = \frac{l(d+x-R)}{2d(R-x)}$$

$$\frac{l(d+x-R)}{x 2d(R-x)} \approx \frac{l}{(R-x)R}$$

$$(d+x-R)R \approx 2dx$$

$$Rd + Rx - R^2 \approx 2dx$$

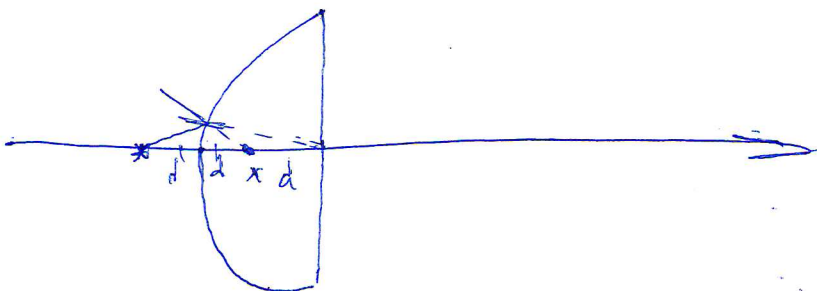
$$x \approx \frac{R^2(R-d)}{R-2d}$$

$$a-d \approx -25$$

$$\frac{1}{f} \approx -\frac{1}{d} + \frac{1}{b}$$

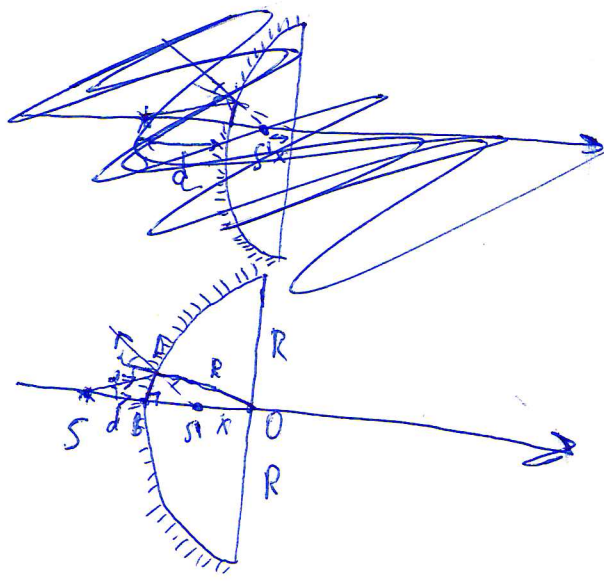
$$b \approx \frac{df}{F+d} \approx \frac{25 \cdot 100}{1255} \approx 20 \mu\text{m}$$

$$F \approx -\frac{4}{3}$$





Дано:	См	Решение
$R_1 = 25 \text{ см}$	0.5 м	
$d = 25 \text{ см}$	0.25 м	
$n_1 = 1.5$		
$f = ?$		



1) Криво S-источник

Криво из него два луча. Один \perp поверхности линзы, другой под малым углом d . Заметим, что т.к. угол малый, то участок линзы АВ можно считать ~~как~~ окружностью.

Из геометрических соображений следует, что $R_1 = 2d$ видно, что $\triangle ABS \approx \triangle ABS' \Rightarrow SB \approx BS' \approx d \Rightarrow S'O \approx R_1 - d \approx d$.

S' -мнимый предмет, образованный как пересечение продолж. лучей, и мнимый источник K -расходим от линзы до источника.

2) $D = \left(\frac{n_1}{n_{cp}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

т.к. вторая поверхность плоская, то $R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{1}{R_2} \rightarrow 0 \Rightarrow n_{cp} = 1$. Получим: $D = \frac{n_1 - 1}{R_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow f > \frac{R_1}{n_1 - 1}$.

3) Запишем формулу тонкой линзы:

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

т.к. предмет мнимый

$$\frac{n_1 - 1}{R_1} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$$

$$f > \frac{d R_1}{d n_1 - d + R_1} = \frac{0.25 \cdot 0.5}{0.125 + 0.5} = 0.2 \text{ м}$$

$$\Gamma = \left| \frac{f}{-d} \right| = \left| \frac{R_1}{d n_1 - d + R_1} \right| \approx 0.8$$

Ответ: $f = 0.2 \text{ м}$; $\Gamma = 0.8$

10