

Определение фокусного расстояния рассеивающей ЛИНЗЫ

работу выполнила
ученица 10 «В» класса
МОУ Школы №132
Осипова Марина

Цель работы: определение опытным путем фокусного расстояния рассеивающей линзы.

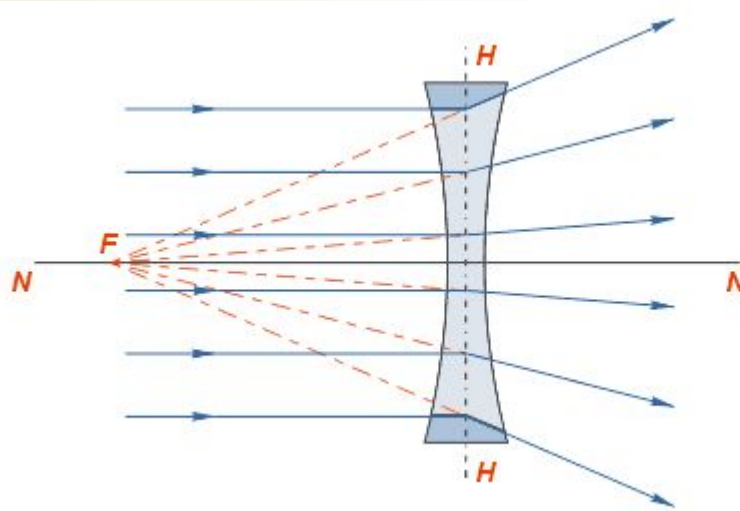
Приборы и материалы: линза рассеивающая, линза собирающая, штатив с креплением, белый матовый экран, мерная лента, удаленный источник света.



Теоретическое обоснование

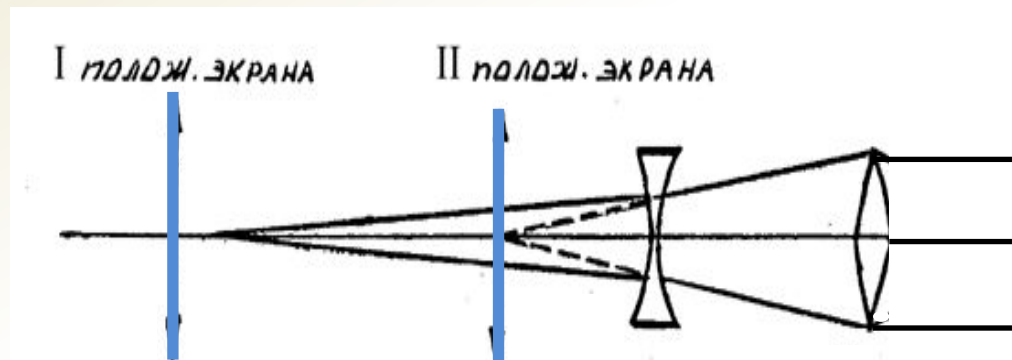
Фокусное расстояние – расстояние от геометрического центра линзы до фокуса линзы. **Фокус линзы** – точка пересечения всех лучей, пришедших от бесконечно удаленного источника параллельно главной оптической оси линзы.

Фокусы рассеивающей линзы являются мнимыми.



Найти искомую величину можно с помощью системы двух линз: собирающей и рассеивающей, расположив их между источником света и экраном, как показано на рисунке.

В этой работе будем использовать удаленный источник света, чтобы лучи, исходящие от него, можно было считать параллельными друг другу.



Оптическая сила системы собирающей и рассеивающей линз, расположенных на расстоянии r

$$D_{\text{сис}} = D_{\text{соб}} + D_{\text{рас}} - r D_{\text{соб}} D_{\text{рас}} \quad (1)$$

Для получения действительного изображения $D > 0$ необходимо выполнение неравенства $D_{\text{соб}} + D_{\text{рас}} - r D_{\text{соб}} D_{\text{рас}} > 0$

$$\frac{1}{F_{\text{соб}}} - \frac{1}{F_{\text{рас}}} + \frac{r}{F_{\text{соб}} F_{\text{рас}}} > 0$$

Т.е. $D_{\text{соб}} = \frac{1}{F_{\text{соб}}}$ и $D_{\text{рас}} = -\frac{1}{F_{\text{рас}}}$

Получим, что $F_{\text{рас}} > F_{\text{соб}} - r$

, следовательно,

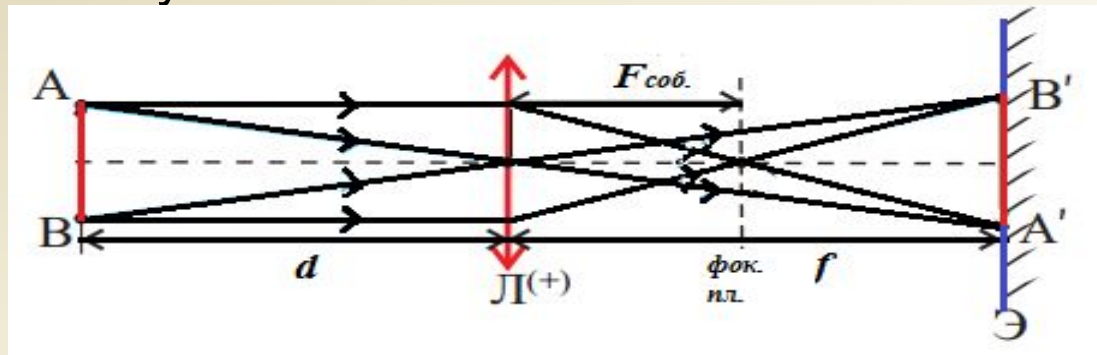
Произведем $\frac{1}{F_{\text{сис}}} = \frac{1}{F_{\text{соб}}} - \frac{1}{F_{\text{рас}}} + \frac{r}{F_{\text{соб}} F_{\text{рас}}}$ замену в уравнении (1):

Выполнив математические преобразования, получим формулу для нахождения расстояния рассеивающей линзы

$$F_{\text{рас}} = F_{\text{сис}} \frac{F_{\text{соб}} - r}{F_{\text{сис}} - F_{\text{соб}}}$$

Ход работы

Для выполнения работы нам должно быть известно фокусное расстояние собирающей линзы $F_{\text{соб}}$. Соберем оптическую схему, представленную ниже.



Воспользуемся следствием из формулы тонкой линзы:

$$F_{\text{соб}} = \frac{f \cdot d}{f + d}$$

Так как используемый источник света является удаленным $d \gg f$,

то: $F_{\text{соб}} = \frac{f}{1 + f/d} = f \cdot \left(1 + f/d\right)^{-1} \approx f - \frac{f^2}{d}$, следовательно $\lim_{d \rightarrow \infty} F_{\text{соб}} = f$.

Это означает, что экран следует расположить в фокальной плоскости $F_{\text{соб}} = f$ ем,

Определим $F_{\text{соб}}$ опытным путем. Для этого будем сокращать расстояние между линзой и экраном до тех пор, пока не получим на экране резкое изображение удаленного источника света. Используя мерную ленту, измерим $f = F_{\text{соб}}$.



Оценим погрешность определения фокусного расстояния собирающей линзы.

Известно, что $\Delta F_{\text{соб}} = \Delta F_{\text{соб}_И} + \Delta F_{\text{соб}_ОТ}$.

Инструментальную погрешность примем равной цене деления мерной ленты:

$$\Delta F_{\text{соб}_И} = 0,001 \text{ м}$$

Для нахождения **абсолютной погрешности отсчета** несколько раз наведем экран на резкое изображение, измеряя при этом f . Выберем максимальное

(f_{max}) и минимальное (f_{min}) значения f .

$$\Delta f_{\text{соб}_ОТ} = \Delta F_{\text{соб}_ОТ} = \frac{(f_{\text{max}} - f_{\text{min}})}{2} = \frac{0,023 \text{ м} - 0,019 \text{ м}}{2} = 0,002 \text{ м}$$

Тогда

Найдем среднее значение $f = F_{\text{соб}}$:

$$F_{\text{соб}} = \frac{f_{\text{соб}_1} + f_{\text{соб}_2} + \dots + f_{\text{соб}_N}}{N} = \frac{0,019 \text{ м} + 0,02 \text{ м} + 0,019 \text{ м} + 0,023 \text{ м} + 0,019 \text{ м}}{5} = 0,02 \text{ м}.$$
$$\Delta F_{\text{соб}} = 0,001 \text{ м} + 0,002 \text{ м} = 0,003 \text{ м}$$

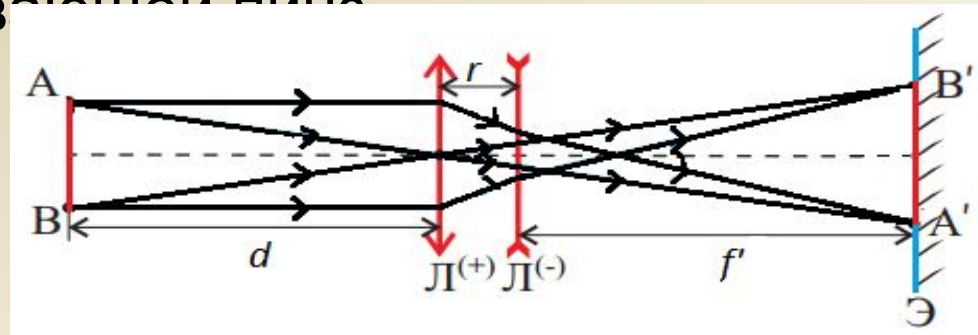
Следовательно,

Найдем

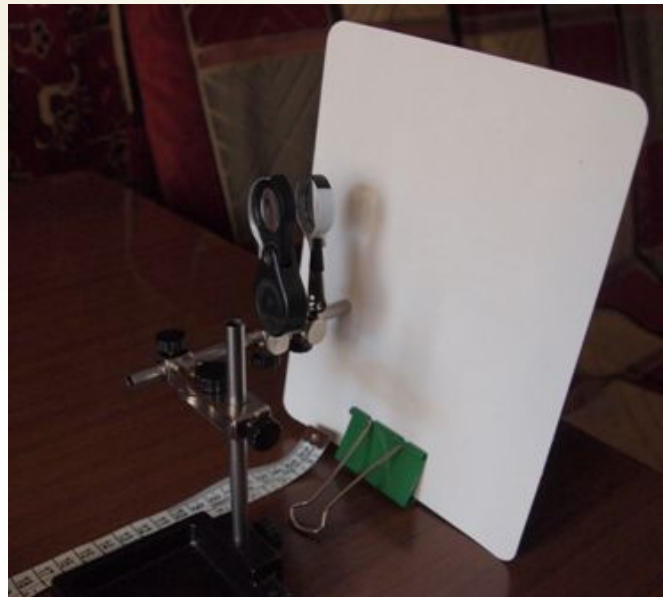
относительную погрешность определения $F_{\text{соб}}$:

$$\varepsilon_{F_{\text{соб}}} = \frac{\Delta F_{\text{соб}}}{F_{\text{соб}}} \cdot 100\% = \frac{0,003 \text{ м}}{0,02 \text{ м}} \cdot 100\% = 15\%$$

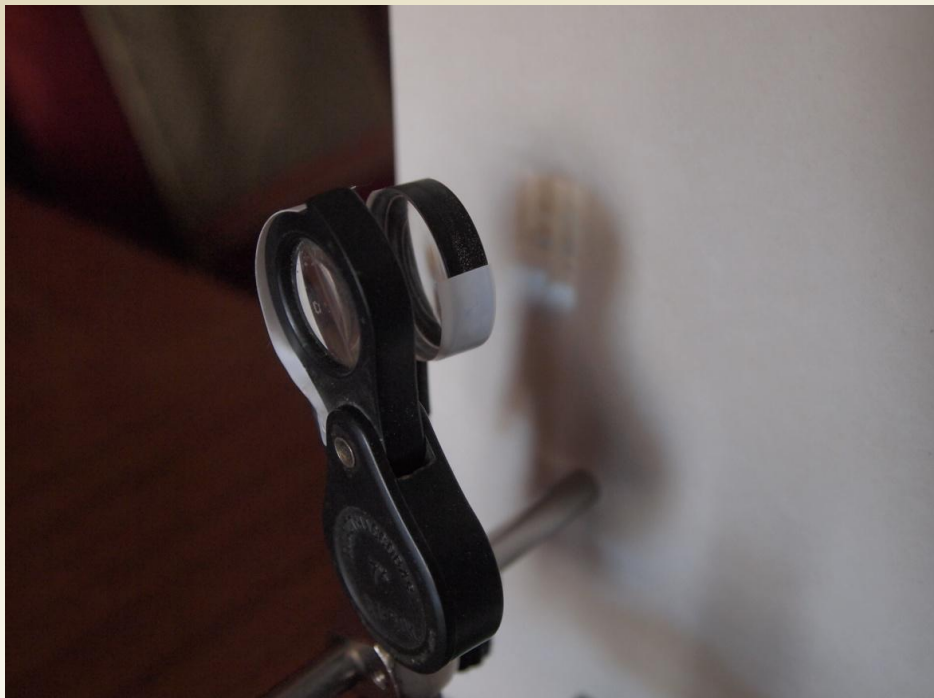
Теперь соберем оптическую схему для определения фокусного расстояния системы собирающей и рассеивающей линз



Поместим рассеивающую линзу между собирающей линзой и экраном.



Перемещая рассеивающую линзу, получим резкое изображение на экране.



Измерим расстояние r между линзами, и, подставив это значение в выведенную ранее формулу, найдем фокусное расстояние рассеивающей линзы:

$$F_{\text{рас}} = F_{\text{сис}} \frac{F_{\text{соб}} - r}{F_{\text{сис}} - F_{\text{соб}}} = 0,015 \text{ м} \cdot \frac{0,02 \text{ м} - 0,005 \text{ м}}{0,015 \text{ м} - 0,02 \text{ м}} = -0,045 \text{ м} .$$

Оценим погрешность определения фокусного расстояния собирающей ЛИНЗЫ.

Найдем значения модуля

$$|F_{\text{рас}}|_{\text{max}} = f_{\text{сисmax}} \left| \frac{f_{\text{собmax}} - r_{\text{min}}}{f_{\text{сисmax}} - f_{\text{собmax}}} \right| = 0,07 \text{ м}$$

$$|F_{\text{рас}}|_{\text{min}} = f_{\text{сисmin}} \left| \frac{f_{\text{собmin}} - r_{\text{max}}}{f_{\text{сисmin}} - f_{\text{собmin}}} \right| = 0,03 \text{ м}$$

Найдем абсо. погрешности определения

$$\Delta F_{\text{рас}} = \frac{|F_{\text{рас}}|_{\text{max}} - |F_{\text{рас}}|_{\text{min}}}{2} = 0,02 \text{ м}$$

$$\varepsilon_{F_{\text{рас}}} = \frac{\Delta F_{\text{рас}}}{F_{\text{рас}}} \cdot 100\% = 40\%$$

Ответ

$$0,03 \text{ м} \leq |F_{\text{рас}}| \leq 0,07 \text{ м}, \quad F_{\text{рас}} < 0$$

$$\varepsilon_{F_{\text{рас}}} = 40\%$$