

Московский физико-технический институт  
(государственный университет)

Лабораторная работа по общему курсу физики  
Оптика

**Геометрическая оптика.**

Таранов Александр  
Группа Б01-206

# Содержание

<b>1</b>	<b>Теоретическое введение</b>	<b>1</b>
1.1	Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы и сложных оптических систем по методу Аббе . . . . .	2
1.2	Определение фокусного расстояния собирающих линз и сложных оптических систем по методу Бесселя . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Ход работы</b>	<b>3</b>
2.1	Подготовка к работе . . . . .	3
2.2	Определение фокусных расстояний с помощью подзорной трубы . . . .	3
2.2.1	Собирающие линзы . . . . .	3
2.2.2	Рассеивающая линза . . . . .	4
2.3	Измерение фокусных расстояний линз по формуле тонкой линзы и методом Бесселя . . . . .	4
2.4	Сборка и изучение подзорной трубы Кеплера . . . . .	5
2.5	Сборка и изучение модели микроскопа . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Результаты</b>	<b>6</b>

**Цель работы:** Изучить методы определения фокусных расстояний линз и сложных оптических систем; определить характеристики оптической системы, составленной из тонких линз.

**В работе используются:** оптическая скамья с набором рейтеров, положительные и отрицательные линзы, экран, осветитель с ирисовой диафрагмой, зрительная труба, светофильтры, кольцевые диафрагмы, линейка.

## 1. Теоретическое введение

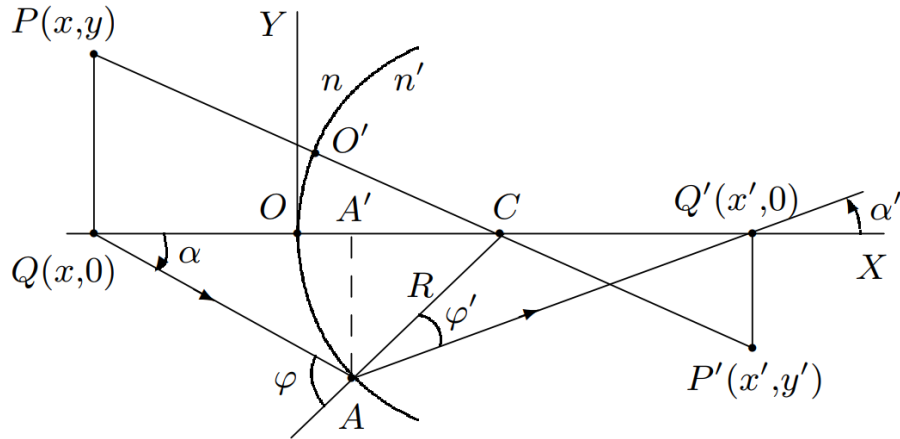


Рис. 1: Элементарная оптическая ячейка

Используя закон преломления, получим для элементарной оптической ячейки, изображённой на 2, в параксиальном приближении:

$$-\frac{n}{x} + \frac{n'}{x'} = \frac{n' - n}{R}, \quad (1)$$

$$x\alpha = x'\alpha'. \quad (2)$$

Для прямой  $PP'$ , рассмотренной как оптическая ось,

$$\frac{y'}{y} = \frac{x' - R}{x - R}. \quad (3)$$

Проведя замену переменных, получим систему уравнений

$$\frac{x' - F'}{H' - F'} = \frac{H - F}{x - F} = \frac{y'}{y} = \frac{n\alpha}{n'\alpha'}, \quad (4)$$

$$(x - H)\alpha = (x' - H')\alpha'. \quad (5)$$

Из этих уравнений получим

$$\frac{n}{f} = -\frac{n'}{f'} \equiv \Phi, \quad (6)$$

где

$$f \equiv H - F, \quad f' \equiv H' - F'. \quad (7)$$

$f$  и  $f'$  – главные фокусные расстояния системы.

### 1.1. Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы и сложных оптических систем по методу Аббе

Схема, применяемая для определения фокусного расстояния  $F$  оптической системы по методу Аббе, изображена на 1.

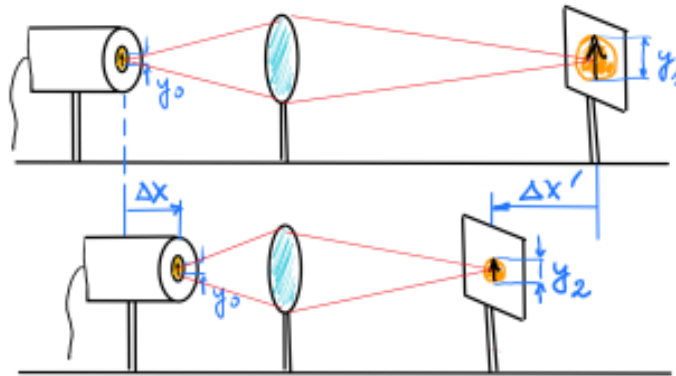


Рис. 2: Иллюстрация метода Аббе

Из формул (6), (4), (7) получим:

$$f = \frac{\Delta x}{y_0/y_2 - y_0/y_1} = \frac{\Delta x'}{y_1/y_0 - y_2/y_0}. \quad (8)$$

### 1.2. Определение фокусного расстояния собирающих линз и сложных оптических систем по методу Бесселя

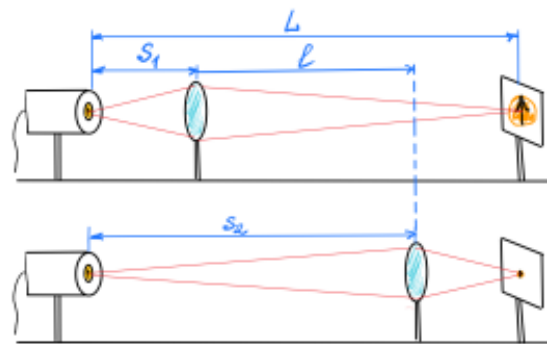


Рис. 3: Иллюстрация метода Бесселя

Схема метода Бесселя для случая, когда  $n = n'$  и  $f' = -f$ , представлена на 3. Тогда фокусное расстояние вычисляется по формуле:

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L}. \quad (9)$$

## 2. Ход работы

### 2.1. Подготовка к работе

Изучим представленный набор линз, определим фокусное расстояние собирающих линз, используя лист бумаги, линейку и лампу, расположенную на потолке:

Линзы	6.1 - соб	6.4 - соб	6.3 - соб	6.5 - рас	6.2 - соб
$f$ , см	6.5	26	17.5		12

### 2.2. Определение фокусных расстояний с помощью подзорной трубы

#### 2.2.1. Собирающие линзы

Настроим подзорную трубу на бесконечность, используя далёкие предметы в конце коридора.

Измерим фокусные расстояния собирающих линз, соберём схему, изображенную на рисунке. Проведём измерения для каждой линзы, с двух сторон, для линзы 6.4 проведём дополнительные измерения, для нахождения среднеквадратичного отклонения:

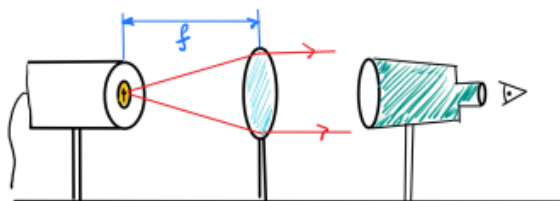


Рис. 4: Схема измерения фокусных расстояний

Линзы	6.1	6.4	6.3	6.2
$f_1$ , см	7.3	24.8	17.6	12.5
$f_2$ , см	7.7	25.2	17.7	12.6

$$\sigma_{f_1} = 0.03 \text{ см}$$

$$\sigma_{f_2} = 0.09 \text{ см}$$

### 2.2.2. Рассеивающая линза

Соберём первую схему, используя линзу 6.3,

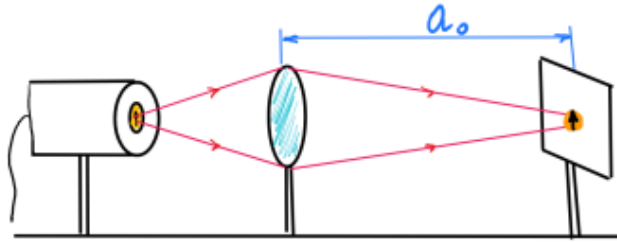


Рис. 5: Подготовительная схема измерения отрицательной линзы

Расстояние между линзой и экраном:  $a_0 = 7.9$  см. Затем поместим отрицательную линзу между экраном и положительной линзой и заменим экран на трубу.

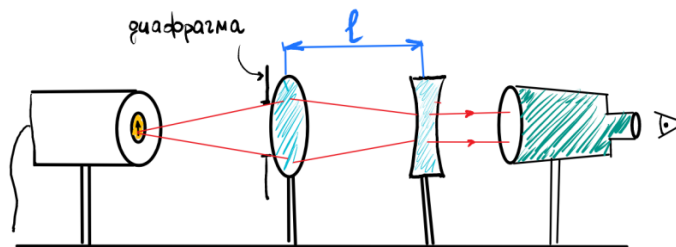


Рис. 6: Схема измерения отрицательной линзы

Расстояние между линзами:  $l = 17.5$  см. Фокусное расстояние:  $f = l - a_0 = 9.5$  см.

## 2.3. Измерение фокусных расстояний линз по формуле тонкой линзы и методом Бесселя

Проведем измерения для линз 6.2 и 6.3. Поместим экран на расстоянии  $L = 1.2L_{min} = 1.2 \cdot 4f$ . Найдём два четких действительных изображения, измерим расстояний  $s_1, s_2$  и вычислим фокусы по формулам тонкой линзы и Бесселя:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{L-s}$$

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L}$$

Линза	L, см	$s_1$ , см	$s_2$ , см	$s_1$ , см	$s_2$ , см
(6.2)	60.0	17.4	42	17.8	41.1
(6.3)	84.5	26.9	55.2	27.5	52.3

Линза	$f_1$ , см	$f_2$ , см	$f_{1r}$ , см	$f_{2r}$ , см	$f_0$ , см	$f_{0r}$ , см
(6.2)	12.4	12.6	12.5	12.9	12.5	12.6
(6.3)	18.3	19.1	18.5	19.9	18.7	18.8

## 2.4. Сборка и изучение подзорной трубы Кеплера

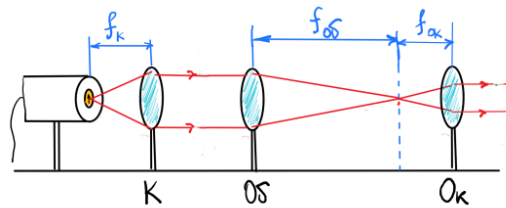


Рис. 7: Труба Кеплера

Соберём на скамье модель телескопа Кеплера. Собирающую линзу с наибольшим фокусным расстоянием — объектив телескопа, расположим сразу за коллиматором. Вторую собирающую линзу, окуляр телескопа, установим на расстоянии  $f_{об} + f_{ок}$  от объектива. При непосредственном наблюдении глазом через окуляр наблюдается увеличенное изображение объекта (вероятно сетки) на поверхности источника. Оценку увеличения мы не смогли получить по двум причинам, первая из которых это отсутствие шкалы в трубе, вторая, вероятно, вызвана слишком большим увеличением трубы изображения.

## 2.5. Сборка и изучение модели микроскопа

Возьмём линзу 6.1 в качестве окуляра и 6.2 в роли объектива. Рассчитаем оптический интервал:

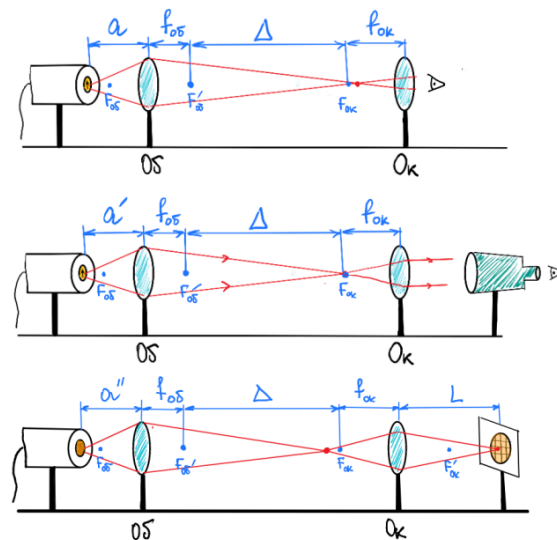


Рис. 8: Схема микроскопа

Соберём проекционный микроскоп. Подберём величины, для четкой картинки:  $a'' = 16.8$  см,  $f_{ок} + f_{об} + \Delta = 55.0$  см,  $L = 31.6$  см.

Сторона квадратной клетки равна 1.5 мм. 1.8 см - размер 7 клеток на изображении, тогда изображение в 1.7 раза.

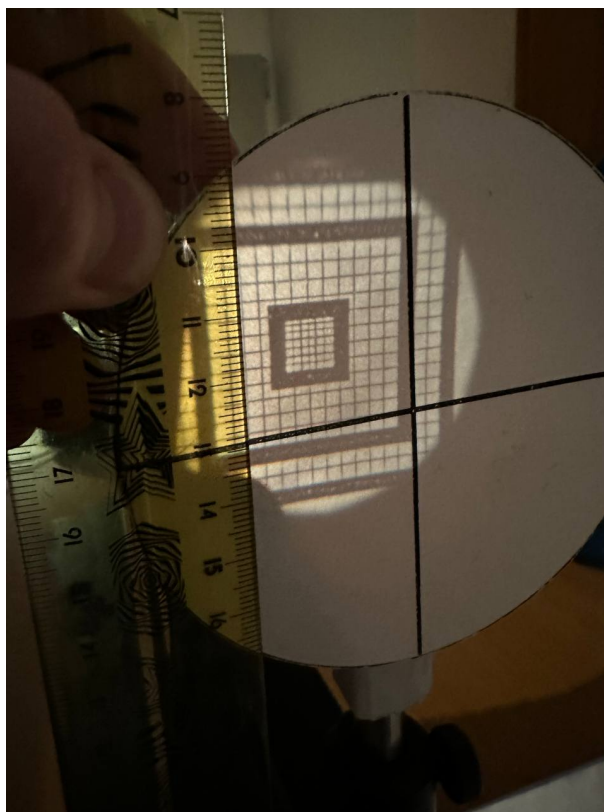


Рис. 9: Увеличенное изображение

### 3. Результаты

В ходе работы изучили методы определения фокусных расстояний линз и характеристик оптических систем. Были собраны схемы телескопа Кеплера и проекционного микроскопа.