

Работа 4.1.1
Изучение центрированных оптических систем

Шарапов Денис, Б05-005

Содержание

1	Аннотация	2
2	Результаты измерений и обработка данных	2
2.1	Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы и сложных оптических систем по методу Аббе	2
2.2	Определение фокусного расстояния тонкой отрицательной линзы	2
2.3	Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы	3
2.4	Определение положения главных и фокальных плоскостей сложной оптической системы	4
3	Вывод	4

1 Аннотация

Цель работы: изучить методы определения фокусных расстояний линз и сложных оптических систем; определить характеристики оптической системы, составленной из тонких линз; изучить недостатки реальных линз — сферическую и хроматическую аберрации.

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

2 Результаты измерений и обработка данных

2.1 Определение фокусного расстояния тонкой собирающей линзы и сложных оптических систем по методу Аббе

Измерение фокусного расстояния по методу Аббе основано на определении поперечного увеличения для нескольких (не менее двух) различных положений предмета, находящегося на оптической оси исследуемой оптической системы. На рис. 1 представлена соответствующая схема эксперимента.

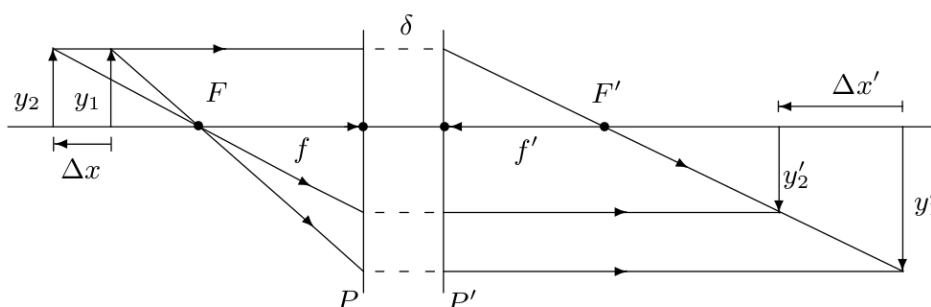


Рис. 1: Измерение фокусного расстояния оптической системы по методу Аббе

Таблица 1: Результаты измерения фокусного расстояния для линзы №1 по методу Аббе

x_1 , см	x'_1 , см	x_2 , см	x'_2 , см
$27,50 \pm 0,05$	$97,60 \pm 0,05$	$19,00 \pm 0,05$	$67,80 \pm 0,05$
y_1 , см	y'_1 , см	y_2 , см	y'_2 , см
$2,00 \pm 0,05$	$7,80 \pm 0,05$	$2,00 \pm 0,05$	$1,80 \pm 0,05$

Рассчитаем фокусное расстояние

$$f = \frac{\Delta x}{\Delta(y/y')} = -\frac{\Delta x'}{\Delta y'/y} \approx 34,87 \pm 3,12 \text{ см.}$$

2.2 Определение фокусного расстояния тонкой отрицательной линзы

Сначала с помощью собирающей линзы получим на экране действительное изображение предмета S (точка S_1 на рис. 2). Затем на пути лучей, выходящих из собирающей линзы, расположим исследуемую рассеивающую линзу и, отодвигая экран, получим чёткое изображение предмета на экране, образованное двумя линзами.

Таблица 2: Результаты измерения фокусного расстояния для отрицательной линзы

a_0 , см	a' , см	l , см
$42,10 \pm 0,05$	$26,10 \pm 0,05$	$33,80 \pm 0,05$

Рассчитаем фокусное расстояние отрицательной линзы

$$\frac{1}{f_4} = -\frac{1}{a} + \frac{1}{a'},$$

$$f_4 \approx -12,17 \pm 1,05 \text{ см.}$$

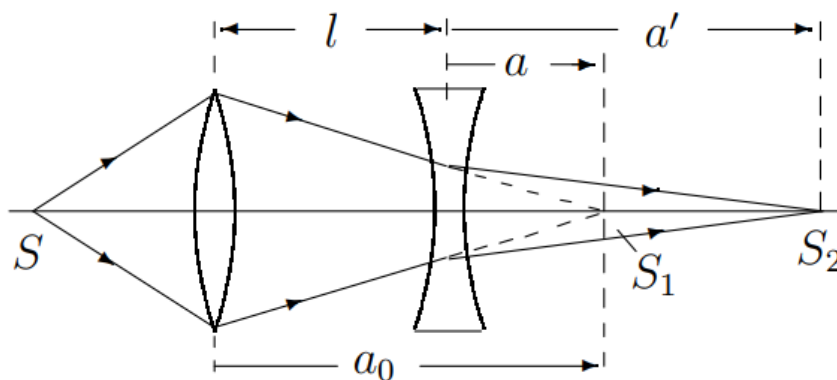


Рис. 2: Измерение фокусного расстояния рассеивающей линзы

2.3 Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы

Поставим собирающую линзу №1 на расстоянии от предмета, примерно равном фокусному расстоянию. На небольшом расстоянии от линзы закрепим трубу, настроенную на бесконечность, и отцентрируем её по высоте. Передвигая линзу вдоль скамьи и, если необходимо, перемещая линзу с помощью поперечных салазок, получим в окуляре зрительной трубы чёткое изображение предмета. При этом расстояние между предметом и серединой тонкой линзы (между проточками на оправе) равно фокусному расстоянию.

Таблица 3: Результаты измерений фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы, где f_1^1 – фокусное расстояние первой линзы до поворота, f_1^2 – после поворота

f_1^1 , см	f_1^2 , см	f_2 , см
$12,6 \pm 0,3$	$12,7 \pm 0,3$	$14,4 \pm 0,3$

По измеренным данным можно сказать, что собирающая линза № 1 является тонкой.

Для определения фокусного расстояния тонкой рассеивающей линзы используем схему, изображённую на рис. 2. Сначала получим на экране увеличенное изображение предмета при помощи короткофокусной положительной линзы. Измерьте расстояние a_0 между линзой и экраном. Разместим сразу за экраном трубу, настроенную на бесконечность, и закрепим её. Уберём экран и поставим на его место исследуемую рассеивающую линзу. Отцентрируем световой пучок с помощью листа бумаги. Перемещая рассеивающую линзу, найдём в окуляре зрительной трубы резкое изображение предмета. Измерив расстояние l между линзами, рассчитаем фокусное расстояние рассеивающей линзы в пространстве предметов $f = l - a_0$.

Таблица 4: Результаты определения фокусного расстояния тонкой рассеивающей линзы, где f_4^1 – фокусное расстояние четвертой линзы до поворота, f_4^2 – после поворота

a_0 , см	l_1 , см	l_2 , см	f_4^1 , см	f_4^2 , см
$29,30 \pm 0,05$	$14,80 \pm 0,05$	$14,90 \pm 0,05$	$-14,5 \pm 0,5$	$-14,4 \pm 0,5$

Исходя из таблицы 4 можно сказать, что рассеивающая линза № 4 является тонкой.

2.4 Определение положения главных и фокальных плоскостей сложной оптической системы

Для нахождения главных плоскостей системы недостаточно знать фокусное расстояние, нужно определить ещё положения главных фокусов. Это можно сделать при помощи зрительной трубы, настроенной на бесконечность. Отложив от главных фокусов отрезки, равные фокусному расстоянию, можно найти положения главных плоскостей системы. При этом необходимо учитывать возможность различного взаимного расположения кардинальных точек (плоскостей) сложной системы. Результаты измерений представлены в таблице 5 и на рисунке 3.

Таблица 5: Результаты определения главных и фокальных плоскостей сложной оптической системы, где закрашенные ячейки были определены с помощью зрительной трубы

$F_{1\Sigma}$, мм	$F_{2\Sigma}$, мм	$f_{1\Sigma}$, мм	$f_{2\Sigma}$, мм	$F_{1\Sigma}$, мм	$F_{2\Sigma}$, мм
$38,3 \pm 3$	35 ± 3	75 ± 1	75 ± 1	40 ± 1	33 ± 1

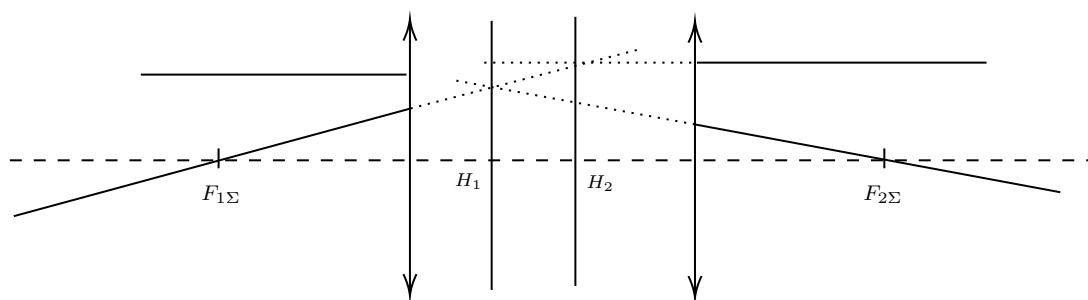


Рис. 3: Построение изображения в центрированной оптической системе (приближенно)

3 Вывод

В лабораторной работе были изучены различные методы определения фокусных расстояний линз. Также в ходе работы была определена «тонкость» линз (собирающей и рассеивающей — см. таблицы 3 и 4). С помощью геометрического построения хода лучей были определены положения главных и фокальных плоскостей сложной оптической системы.