

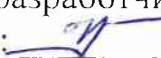
Технопарк
универсальных
педагогических
компетенций



УЧИТЕЛЬ
БУДУЩЕГО
ПОКОЛЕНИЯ
РОССИИ

ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Лабораторная работа
«Определение фокусных расстояний линз»

Автор-составитель (разработчик): Кипин Д.Ю.
И.о. директора ИРУПК:  Н.Ю. Чулкова

Комсомольск-на-Амуре
2024

Цель работы: Определить фокусные расстояния и оптические силы собирающей и рассеивающей линз.

Оборудование: Осветитель, собирающая и рассеивающая линзы, линейка, оптическая скамья, экран.

Теоретическое введение

Оптические системы (линзы, сложные объективы, состоящие из нескольких линз) характеризуются рядом кардинальных величин (рис. 1).

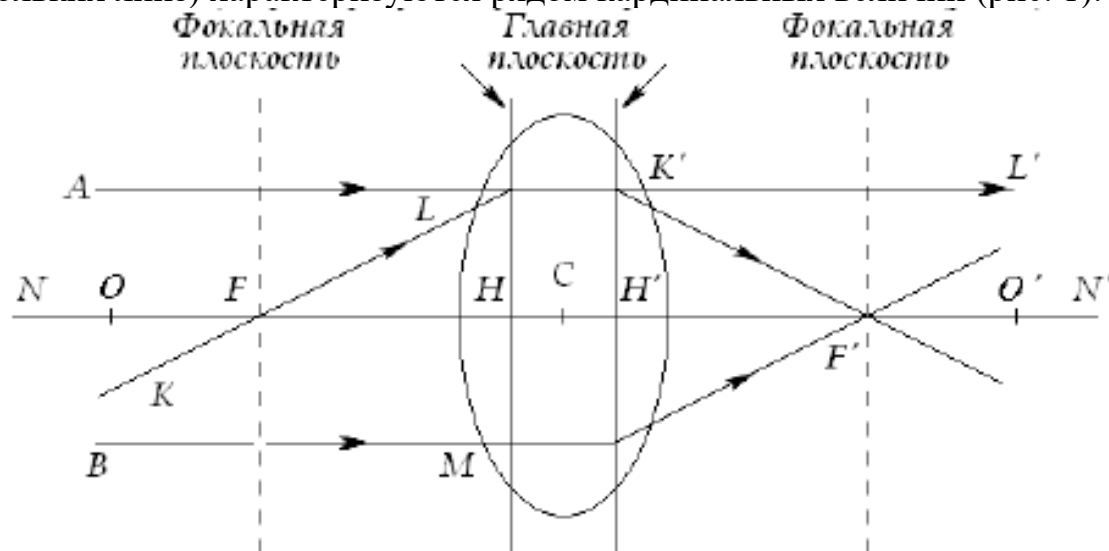


Рис. 1. Оптическая система и её кардинальные величины.

Оптическим центром линзы называется точка, проходя через которую луч не изменяет своего направления.

Главная оптическая ось – прямая, проходящая через центры кривизны поверхностей, ограничивающих линзу или несколько линз (центрированная система).

Главный фокус F определяется тем, что пучок лучей, входящих в систему от точки F , выйдет из системы в виде пучка, параллельного главной оптической оси. Следовательно, если луч KL проходит через фокус, то вышедший из системы луч $K'L'$ параллелен главной оптической оси. Лучи AL и BM , параллельные главной оптической оси, можно рассматривать, как выходящие из бесконечно удалённой точки, находящейся на оптической оси слева. Пройдя через систему, они соберутся в точке F' , лежащей на главной оптической оси. Точка F' является вторым главным фокусом системы.

Плоскости, проведённые через главные фокусы F и F' перпендикулярно главной оптической оси NN' , называются фокальными плоскостями системы.

Внутри оптической системы существуют две главные плоскости, которые являются сопряжёнными и взаимно преобразуются друг в друга с увеличением равным 1. Главные плоскости параллельны друг другу и фокальным плоскостям системы.

Точки пересечения Н и Н' главных плоскостей системы с главной оптической осью носят название главных точек системы. Расстояния от главных точек до главных фокусов называются фокусными расстояниями.

Простейшими оптическими системами являются тонкие линзы. Линза считается тонкой, если можно пренебречь ее толщиной по сравнению с величиной радиусов кривизны поверхностей, ограничивающих линзу, и фокусными расстояниями.

Тогда вершины ограничивающих поверхностей и главные точки для тонких линз можно считать совпадающими между собой и расположенными в оптическом центре С.

Для тонкой линзы фокусное расстояние отсчитывается от оптического центра.

Тонкая линза имеет одну главную плоскость, общую для обеих поверхностей линзы и проходящую через оптический центр перпендикулярно главной оптической оси.

Фокусное расстояние F тонкой линзы связано с радиусами кривизны, ограничивающими её сферические поверхности R₁ и R₂ следующим соотношением:

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

где n – относительный показатель преломления материала линзы, R – радиусы кривизны поверхностей линзы.

Если показатель преломления материала линзы больше показателя преломления окружающей среды, то утончающиеся от центра к краям линзы, являются собирающими (положительными). Рассеивающие (отрицательные) линзы утончаются к центру.

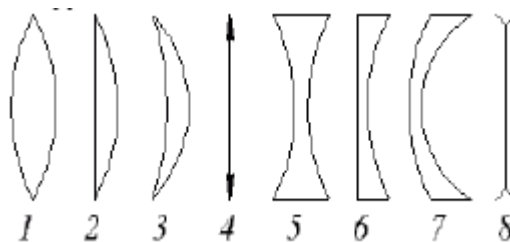


Рис. 2. Линзы: 1 – двояковыпуклая, 2 – плосковыпуклая, 3 – вогнуто-выпуклая, 4 – условное обозначение собирающей линзы, 5 – двояковогнутая, 6 – плосковогнутая, 7 – выпукло-вогнутая, 8 – условное обозначение рассеивающей линзы

Если показатель преломления материала линзы меньше показателя преломления окружающей среды, то классификация линз будет обратной.

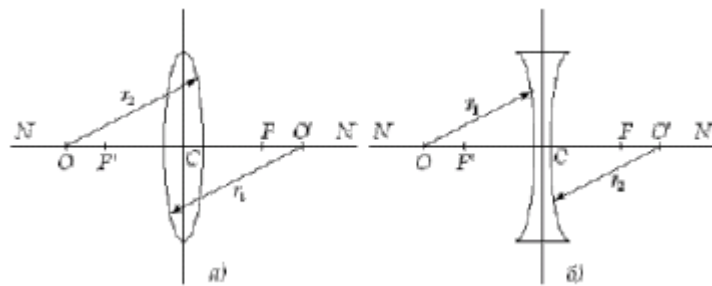


Рис. 3. Собирающая и рассеивающая линзы.

Таким образом, для линзы на рис. 3а $R_1 > 0$, и $R_2 < 0$, следовательно, $F > 0$. Для линзы на рис. 3б $R_1 < 0$, и $R_2 > 0$, следовательно, $F < 0$.

Оптической силой линзы называется величина обратная фокусному расстоянию

$$D = \frac{1}{F}$$

Измеряется в диоптриях (дптр). Оптическая сила собирающих линз положительна, а рассеивающих – отрицательна.

Для рисунка 2 (если $n > 1$) следует:

двояковыпуклая	$R_1 > 0$	$R_2 < 0$		$F > 0$	$D > 0$
плосковыпуклая	$R_1 \rightarrow \infty$	$R_2 < 0$		$F > 0$	$D > 0$
вогнуто-выпуклая	$R_1 < 0$	$R_2 < 0$	$ R_1 < R_2 $	$F > 0$	$D > 0$
двояковогнутая	$R_1 < 0$	$R_2 > 0$		$F < 0$	$D < 0$
плосковогнутая	$R_1 \rightarrow \infty$	$R_2 > 0$		$F < 0$	$D < 0$
выпукло-вогнутая	$R_1 > 0$	$R_2 > 0$	$ R_1 < R_2 $	$F < 0$	$D < 0$

Если на тонкую собирающую линзу падает пучок параллельных монохроматических лучей, то после прохождения через линзу все лучи пересекутся в главном или побочных фокусах линзы, расположенных в фокальной плоскости.

Если же пучок лучей падает на рассеивающую линзу, то после прохождения через линзу он превращается в пучок расходящихся лучей, продолжения которых пересекаются в соответствующем главном или побочном фокусах линзы, расположенных в фокальной плоскости. Поэтому фокусы собирающей линзы называют действительными, а рассеивающей – мнимыми.

Тонкая линза даёт неискажённое изображение предмета, если через неё проходит монохроматический свет от небольшого и достаточно удалённого от неё предмета. Однако, изображения, получаемые с помощью линз, имеют разнообразные искажения (абберации). Для устранения или уменьшения искажений используют группы разных линз, называемые оптическими системами. К ним относятся объективы современных фотоаппаратов, проекторов, микроскопов, биноклей, окуляры микроскопов, телескопов, биноклей и других оптических приборов.

По формуле тонкой линзы положение предмета и его изображения связаны соотношением

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

где F – фокусное расстояние линзы, d – расстояние от линзы до предмета, f – расстояние от линзы до изображения.

Размер изображения, как правило, не совпадает с размером предмета.

Линейным поперечным увеличением Γ тонкой линзы или оптической системы называется отношение величины изображения H к величине предмета h в плоскостях, перпендикулярных оптической оси. Часто берется со знаком.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерения

Упражнение 1. Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы.

Перемещая по оптической скамье линзу и экран, добиваются четкого изображения сетки на экране. Измеряют величину d и f по шкале на оптической скамье по формуле определяют фокусное расстояние и оптическую силу линзы. Опыт выполняют три раза, выбирая разные d и f . Из результатов вычислений для каждого опыта находят среднее значение и ошибки измерений.

№	d , м	f , м	F , м	ΔF , м	ε , %	D , дптр	ΔD , дптр	ε , %
1								
2								
3								

Упражнение 2. Определение фокусного расстояния и оптической силы рассеивающей линзы.

Помещая между предметом и экраном только одну собирающую линзу, получают на экране четкое изображение. Затем, между собирающей линзой и экраном помещают рассеивающую линзу и, приближая к ней экран, снова получают на нем четкое изображение. Измерив расстояние от рассеивающей линзы до первого положения экрана, находят расстояние d ; измерив расстояние от рассеивающей линзы до второго положения экрана, находят расстояние f . По формуле рассчитывают фокусное расстояние рассеивающей линзы.

Опыт выполняют 3 раза, выбирая различные положения экрана при получении изображения с помощью одной собирающей линзы. Из результатов вычислений для каждого опыта находят среднее значение фокусного расстояния и оптической силы, а затем рассчитывают ошибки измерений.

Формула определения фокусного расстояния рассеивающей линзы

$$F = \frac{df}{d - f}$$

№	d, м	f, м	F, м	ΔF, м	ε, %	D, дптр	ΔD, дптр	ε, %
1								
2								
3								

Контрольные вопросы

1. Что такое линза?
2. Назовите виды линз.
3. Что понимают под главной оптической осью линзы?
4. Какие точки называются главными фокусами и главными точками, оптическим центром линзы?
5. Какие плоскости называются главными плоскостями, фокальными плоскостями?
6. Как осуществляется построение изображений предметов, полученных тонкими линзами?
7. Что такое увеличение линзы?
8. Как зависит оптическая сила линзы от свойств среды?
9. Назовите приборы использующие линзы.

В результате выполнения лабораторной работы у обучающихся формируются следующие компетенции:

- знают виды линз и главные точки оси линзовой системы;
- умеют вычислять фокусное расстояние и оптическую силу линзы;
- владеют навыками лабораторного эксперимента.

