

СКАМЬЯ ОПТИЧЕСКАЯ

Арт.2505

Скамья оптическая предназначена для проведения в лабораторных условиях опытов по оптике в средней школе, профессиональных колледжах и ВУЗах при изучении раздела "Оптические явления".


Скамья оптическая представляет собой массивную направляющую с насаженными на нее штативами (рейтерами), которые несут различные подставки с укрепленными на них оптическими приборами и элементами. Рейтеры можно перемещать вдоль направляющей и неподвижно закреплять в любом месте по всей длине направляющей. Механические перемещения рейтеров строго параллельны оптическим и визирным осям установленных приборов.



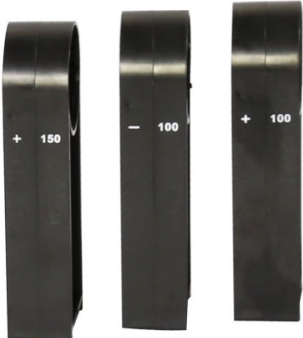


Состав комплекта обеспечивает возможность проведения демонстрационных и практических работ по построению изображения в линзах, изучению устройства и действия различных оптических приборов, дисперсии и волновых свойств света.

Предполагается, что наблюдения и эксперименты, выполняемые с использованием деталей скамьи, будут проводиться в условиях типовых учебных кабинетов физики общеобразовательных учебных учреждений.

СОСТАВ

Состав комплекта представлен в приведенной ниже таблице. В первом столбце таблицы указан порядковый номер детали, во втором ее название, в третьем внешний вид, в четвертом - количество и основные характеристики.

№ п/п	Название детали	Внешний вид	Количество
1	Оптическая скамья с рейтерами		1 шт. Длина 120 см. Миллиметровая шкала по всей длине – наличие. Количество рейтеров – 5 шт.
2	Осветитель		1 шт. Тип лампы – галогеновая 20Вт Охлаждение – воздушное принудительное

3	Блок питания осветителя		1 шт. Напряжение - входное 220В/50Гц - выходное = 12В Dc - ток нагрузки 8А
4	Диодный лазер		1 шт. Мощность 0,5 мВт Питание: ААА х 2 шт.
5	Линза, набор		Собирающие – 3шт Фокусное расстояние +100 мм +150 мм +200 мм Рассеивающая - 1шт. -100 мм
6	Диафрагма, набор		Одинарная щель – 1 шт Двойная щель – 1 шт
7	Поляририд, набор		Поляризатор – 1 шт. Анализатор – 1 шт.

8	Дифракционная решетка		1 шт. Период $d = 750$ штр/мм
9	Мишень "F"		1 шт.
10	Призма		1 шт. Равносторонняя
11	Набор светофильтров		Красный (R) - 1 шт. Зеленый (G) - 1 шт. Синий (B) - 1 шт.

12	3-цветный осветитель		1 шт. Регуляторы яркости - красный – 1 - зеленый – 1 - синий - 1
13	Источник питания 3-цветного осветителя		1 шт. Напряжение - входное 220В/50Гц - выходное = 5В Dc - ток нагрузки 3А
14	Экран		Экран - 1 шт. Держатель экрана – 1 шт.

Срок службы изделия не менее 5 лет.

Гарантия изготовителя 12 месяцев с начала эксплуатации, но не более 18 месяцев со дня продажи торговой организацией.

Декларация соответствия ЕАЭС N RU Д-TW.РА06.В.11820/24

Сертификат соответствия ЕАЭС RU С-НК.НА46.В.01068/21

Сертификат соответствия ЕАЭС RU С-НК.НА46.В.01068/21

Изготовлено в Китае по заказу ООО «ЛАББОКС» zakaz@labbox.ru

Работа 1. ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТА

Цель работы: экспериментально доказать утверждение о том, что в однородной среде свет распространяется прямолинейно

Оборудование: скамья оптическая, осветитель, рейтер (3 шт), мишень F, экран, источник питания осветителя.

Дополнительное оборудование и материалы: линейка

Пояснения к эксперименту

Одним из доказательств утверждения о том, что свет распространяется прямолинейно является образование четких границ тени от непрозрачного предмета, который находится между источником света и экраном. Четкость границы тени зависит от соотношения размеров источника света и предмета. Источники света, размеры которых намного меньше расстояний до освещаемых тел или их размеров, принято называть точечными. Если предположение о прямолинейном распространении света верно, то, как следует из геометрических построений, размер сечения светового пучка, выходящего из источника света должен зависеть прямо пропорционально от расстояния до источника света. Это утверждение и проверяется в ходе опыта

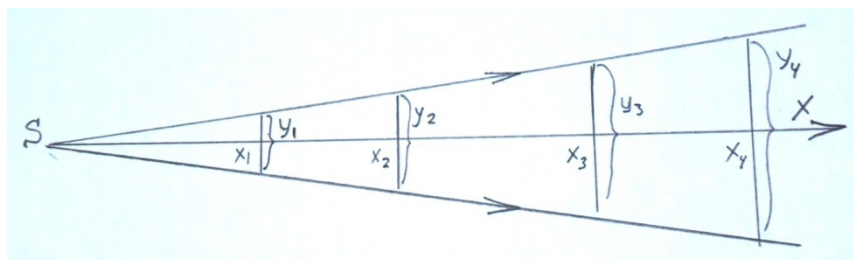


Рис. 2

Источником света является лампа осветителя. Свет лампы, пройдя сквозь окно держателя диафрагмы, распространяется дальше в виде расходящегося пучка (рисунок 2). При прямолинейном распространении света поперечный размер пучка Y должен зависеть от расстояния до лампы X , по закону $Y = kX$ (1), где k - коэффициент пропорциональности зависящий от размеров окна, сквозь которое проходит свет, а также от расстояния от лампы до окна держателя. Если зависимость (1) справедлива, то $k = Y/X$ (2).

Порядок подготовки к работе

- Поясните, почему четкость границы светового пучка зависит от соотношения размеров источника света и расстояния, на котором наблюдают световой пучок.
- Поясните, какой источник света называют точечным
- Поясните от каких параметров зависит сечение светового пучка
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений:

№ опыта	X, мм	Y, мм	k

Порядок проведения опыта

1. Установите на конце оптической скамьи источник света. На удалении 15 сантиметров от него закрепите мишень F, а рядом с ней поставьте экран.
2. Настройте установку так, чтобы свет лампы, пройдя сквозь мишень четкий контур мишени, которая имеет форму латинской буквы F.
3. Измерьте высоту буквы F на экран Y
4. Измерьте расстояние от экрана до лампы X
5. Повторите опыт 3 - 4 раза увеличивая каждый раз расстояние от экрана до лампы на 5 сантиметров. Расстояние от лампы до мишени должно оставаться постоянным.
6. Вычислите по формуле (2) коэффициент k для каждого опыта.
7. Сравните значения k полученное для каждого опыта и сделайте вывод о том, можно ли считать, что свет лампы распространялся прямолинейно.

Работа 2. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА ЛИНЗЫ.

Цель работы: экспериментально доказать справедливость утверждения о том, что фокусное расстояние линзы зависит от радиуса кривизны ее поверхностей.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (2 шт), линза собирающая (2 шт), осветитель, экран, мишень F, источник питания осветителя

Пояснения к эксперименту

Линзой называют прозрачное тело, обычно стеклянное, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Линзы различают на собирающие, или выпуклые, у которых середина толще, чем края и рассеивающие или вогнутые, у которых середина тоньше.

Собирающие линзы обладают свойством преобразовывать параллельный пучок лучей света, сходящийся в точку, в которой сходится такой пучок за линзой, называют фокусом линзы. Верно и обратное. Если в точку фокуса собирающей линзы поместить источник света, то пройдя сквозь линзу свет будет распространяться параллельным пучком.

Фокусное расстояние линзы зависит от степени кривизны ее поверхностей. Зависимость эта определяется формулой:

$1/F = (n - 1)(1/R_1 + 1/R_2)$, где n - относительный показатель преломления вещества, из которого линза изготовлена, R_1 и R_2 - радиусы кривизны ее поверхностей. Если поверхности линзы имеют одинаковый радиус R, тогда $1/F = (n - 1)2/R$ или $F = R/2(n - 1)$. Следовательно, чем больше радиус кривизны поверхностей линзы, тем больше ее фокусное расстояние (2).

Проверка утверждений (1) и (2) и проводится в ходе работы.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, какой физический смысл имеет относительный показатель преломления вещества

- Поясните, почему ныряльщик без маски видит под водой предметы размытыми
- Поясните, может ли собирающая линза стать рассеивающей, как это осуществить
- Поясните как изменится вид приведенной выше формулы, если одна из поверхностей линзы плоская (такие линзы называют плосковыпуклыми)

Порядок проведения опыта

1. Определите по надписям на оправках линз значение их фокусных расстояний.
2. Убедитесь в справедливости утверждения (1).

Для этого:

- Закрепите на оптической скамье осветитель и одну из собирающих линз
 - Рядом с линзой поставьте экран.
 - Найдите взаимное положение осветителя и лампы, при котором, при движении экрана вдоль скамьи диаметр светового пятна остается постоянным, а лампа окажется в фокальной плоскости линзы. При этом из линзы будет выходить параллельный пучок света
 - Измерьте по шкале скамьи расстояние от лампы до линзы и сравните его со значением, указанным на оправе линзы
 - Повторите опыт с другой линзой
 - Обобщите результаты и сделайте вывод о справедливости утверждения (1).
3. Убедитесь в справедливости утверждения (2).

Для этого:

- определите на ощупь степень кривизны поверхностей каждой линзы
- укажите какая из линз имеет меньший радиус поверхностей
- сравните различие фокусных расстояний линз с различием радиусов их поверхностей
- Обобщите результаты и сделайте вывод о справедливости утверждения (2).

Работа 3. ИЗМЕРЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ.

Цель работы: освоить приемы прямого измерения фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (2 шт), экран, линза собирающая ($F=100$ мм), линза собирающая ($F=200$ мм).

Пояснения к эксперименту

Собирающей линзой называют такую, которая обладает способностью собирать параллельный пучок света в одну точку. Поверхность такой линзы образована двумя сферическими сегментами и имеет выпуклую форму. Точка F , в которой собирается пучок лучей распространяющийся параллельно прямой проходящей через центры сферических поверхностей линзы называется главным фокусом линзы. Расстояние от центра линзы O до главного фокуса называется фокусным расстоянием f линзы. Его

можно измерить получив на экране с помощью линзы изображение удаленного предмета. Суть этого приема в том, что лучи света исходящие от каждой точки далекого предмета и попадающие в линзу почти параллельны друг другу и поэтому расстояние от линзы до экрана, на котором получено его изображение, можно приравнять к фокусному расстоянию линзы.

Оптической силой линзы D называют величину, обратную ее фокусному расстоянию f :

$D = 1/f$ (1). Измеряют оптическую силу в диоптриях (сокращенно дптр)

Порядок подготовки к работе

- Поясните, каков принцип действия линзы
- Поясните, как кривизна сферических поверхностей линзы влияет на ее фокусное расстояние.
- Объясните, почему расстояние до удаленного предмета влияет на точность измерения фокусного расстояния линзы
- Поясните, сколько точек фокуса имеет собирающая линза
- Поясните какие изображения называют действительными и мнимыми.
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений:

№ опыта	$f_{\text{изм}}$, мм	$f_{\text{л}}$, мм	Δf , мм	δf , мм	D , дптр

Порядок проведения опыта

1. Закрепите на оптической скамье экран и собирающую короткофокусную линзу. Плоскость линзы должна быть параллельна плоскости экрана.
2. Направьте оптическую скамью на удаленный источник света (окно или облака)
3. Получите на экране перемещая линзу вдоль скамьи четкой изображение источника света.
4. Измерьте по шкале скамьи фокусное расстояние линзы $f_{\text{изм}}$ приняв за него расстояние от центра линзы до экрана.
5. Рассмотрите оправу линзы и определите по нанесенным надписям истинное значение фокусного расстояния линзы $f_{\text{л}}$.
6. Вычислите абсолютную погрешность Δf измерения фокусного расстояния линзы по формуле: $\Delta f = |f_{\text{изм}} - f_{\text{л}}|$
7. Вычислите относительную погрешность δf полученного результата по формуле:

$$\delta f = \frac{|f_{\text{изм}} - f_{\text{л}}|}{f_{\text{л}}} \times 100\%$$
8. Повторите опыт с длиннофокусной линзой.
9. Сравните погрешности измерений фокусных расстояний и сделайте вывод в каком опыте и почему погрешность оказалась меньше.
10. Переведите значения фокусных расстояний в метры и вычислите по формуле (1) оптические силы линз использовавшихся в опыте.

11. Обратите внимание на кривизну поверхностей линз и сделайте вывод о том как она влияет на фокусное расстояние линзы.

Работа 4. ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ.

Цель работы: исследовать условия получения с помощью собирающей линзы увеличенных, уменьшенных, действительных и мнимых изображений предметов.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3 шт), мишень F, линза собирающая ($F=100$ мм), экран, источник питания осветителя

Дополнительное оборудование и материалы: линейка

Пояснения к эксперименту

Собирающую линзу используют, чтобы получить изображения различных предметов. Изображения могут оказаться прямыми и перевернутыми, мнимыми и действительными, уменьшенными или увеличенными. Чтобы получить изображение нужного вида требуется знать величину фокусного расстояния линзы. Вид изображения зависит от соотношения фокусного расстояния линзы с расстоянием от предмета до центра линзы. В работе предполагается наблюдать изображения предмета, который находится от центра линзы на расстоянии меньше фокусного, больше фокусного, но меньше удвоенного фокусного, на двойном фокусном расстоянии и на расстоянии больше двойного фокусного.

Объектом наблюдения служит мишень в виде латинской буквы F освещаемая источником света.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, как можно определить фокусное расстояние собирающей линзы.
- Поясните, в чем различие действительного и мнимого изображения предмета
- Поясните, можно ли увидеть мнимое изображение предмета
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов наблюдений:

Расстояние d от предмета до линзы	Вид изображения						
	прямое	перевернутое	действительное	мнимое	увеличенное	уменьшенное	равное предмету
$2f > d > f$							
$d = 2f$							
$d > 2f$							
$d < f$							

Порядок проведения опыта

1. Определите фокусное расстояние линзы f по надписи на ее оправе
2. Измерьте линейкой высоту буквы F в мишени
3. Установите оптическую скамью.

4. Поместите на одном конце скамьи источник света и вплотную к нему разместите мишень. Настройте установку так, чтобы световой поток источника, пройдя сквозь отверстие в мишени, распространялся параллельно оптической скамье
5. Установите на скамье с помощью рейтера собирающую линзу.
6. Поместите напротив осветителя в качестве экран
7. Приблизьте линзу к отверстию диафрагмы на расстояние d , при котором $2f > d > f$.
8. Перемещая экран вдоль скамьи получите на его поверхности изображение F , внимательно рассмотрите его и оцените по критериям, указанным в заголовках столбцов таблицы.
9. Заполните первую строку таблицы используя при положительном ответе знак "+", при отрицательном "-".
10. Повторите опыт перемещая линзу на расстояния указанные во второй и третьей строках таблицы.
11. Положите перед собой диафрагму и рассмотрите ее отверстие через линзу приблизив ее к диафрагме на расстояние меньше фокусного.
12. Сформулируйте вывод о том, при каких расстояниях до предмета получают линзой различные виды его изображений

Работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Цель работы: изучить прием определения фокусного расстояния собирающей линзы основанный на использовании формулы линзы.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3 шт), мишень F , линза собирающая ($F=100$ мм), линза собирающая ($F=150$ мм), экран, осветитель, источник питания осветителя

Пояснения к эксперименту

Фокусное расстояние собирающей линзы можно определить, если получить с ее помощью на экране изображение какого-то предмета и измерить расстояния от предмета до линзы и от линзы до экрана. Связь этих расстояний устанавливает формула линзы: $1/f + 1/d = 1/F$, где F - фокусное расстояние линзы, d - расстояние от предмета до линзы и f - расстояние от линзы до экрана. Расчетная формула для определения фокусного расстояния этим приемом имеет вид: $F = df/(f + d)$ (1).

Ввиду неточности визуальной оценки резкости изображения измерение расстояния f целесообразно проводить не менее 5 раз, после чего найти его среднее значение, которое и использовать в расчетах.

Кроме того при описанном способе оценки фокусного расстояния часть измерений проделывают при увеличенном изображении предмета, часть при уменьшенном, после

чего сравнивают полученные результаты со значением указанным на оправе линзы и делают вывод при использовании каких изображений получаются более точные результаты.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, зависит ли фокусное расстояние линзы от расстояния f между линзой и изображением предмета полученного с ее помощью.
- Выведите формулу (1).
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений

№ опыта	Увеличенное изображение				Уменьшенное изображение			
	d, мм	f, мм	f_{cp} , мм	F, мм	d, мм	f, мм	f_{cp} , мм	F, мм

Порядок проведения опыта

1. Соберите экспериментальную установку. Для этого на одном конце оптической скамьи закрепите осветитель, мишень и собирающую линзу напротив окна осветителя, поставьте экран. Мишень с отверстием в виде F используется как предмет, изображение которого наблюдают на экране.
2. Получите на экране увеличенное изображение буквы F.
3. Измерьте по шкале оптической скамьи расстояние d от диафрагмы до линзы.
4. Измерьте по шкале оптической скамьи расстояние f от линзы до экрана
5. Повторите настройку установки 5 -7 раз (не меняя расстояния d) добиваясь максимальной четкости изображения. Каждый раз измеряйте при этом значение расстояния f и заносите его в таблицу.
6. Вычислите среднее значение расстояния до экрана f_{cp}
7. Повторите опыт 3-4 раза получая увеличенное изображение стрелки при разных расстояниях от диафрагмы до линзы.
8. Вычислите по формуле (1) значение фокусного расстояния по результатам каждого опыта.
9. Повторите серию опытов получая на экране уменьшенное изображение стрелки.
10. Сравните полученные значение фокусных расстояний в опытах с увеличенным и уменьшенным изображением стрелки со значением фокусного расстояния линзы, указанным на ее оправе и сделайте вывод какая серия опытов дала более достоверный результат. Вывод обоснуйте.

Работа 6. ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ БЕССЕЛЯ.

Цель работы: изучить прием определения фокусного расстояния собирающей линзы способом смещения (способом Бесселя)

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3 шт), мишень F, линза собирающая ($F=100$ мм), линза собирающая ($F=150$ мм), экран, осветитель, источник питания осветителя.

Пояснения к эксперименту

Способом смещения можно определить фокусное расстояние собирающей линзы если предмет находится на расстоянии L от экрана при условии, что это расстояние не менее четырех раз превышает фокусное расстояние линзы F .

При этом условии существуют два промежуточных положения линзы, в которых она дает отчетливое изображение, в одном случае увеличенное, в другом уменьшенное. Если обозначить для первого случая расстояния от предмета до линзы и от линзы до изображения как d_1 и f_1 , а для второго как d_2 и f_2 , тогда $d_1 + f_1 = d_2 + f_2 = L$.

По формуле линзы $1/d_1 + 1/f_1 = 1/d_2 + 1/f_2$, откуда $d_1 f_1 = d_2 f_2$. следовательно, $d_1 = f_2$ и $d_2 = f_1$

Если обозначить расстояние между двумя положениями линзы, при которых наблюдается четкое увеличенное и уменьшенное изображение предмета как S тогда $d_2 - d_1 = S$, то есть

$$f_1 - d_1 = S; f_1 - f_2 = S; f_1 + f_2 = L; f_1 = (L + S)/2 \text{ и } d_1 = (L - S)/2.$$

Используя формулу линзы получают: $2/(L - S) + 2/(L + S) = 1/F$,

$$\text{или } F = (L^2 - S^2)/4L \quad (1)$$

Таким образом, измеряя фокусное расстояние линзы методом Бесселя необходимо поместить экран на расстоянии от предмета заведомо большим, чем $4F$, и измерить расстояние от предмета до экрана и расстояние между положениями линзы, при которых было получено увеличенное и уменьшенное изображение предмета.

Описанный прием определения фокусного расстояния линзы наиболее точен по сравнению с другими из-за того, что не требуется измерять расстояния до центра линзы, как в других приемах, определить который довольно сложно что дает значительную погрешность. В описанном способе эта погрешность исключается благодаря тому, что в нем требуется измерить не расстояние до линзы, а ее перемещение.

В ходе опыта определяют описанным выше способом фокусные расстояния двух собирающих линз и, сравнив измеренные значения с указанными на их оправах, делают заключение о достоверности полученных результатов.

Порядок подготовки к работе

- Поясните что называют фокусом линзы; фокальной плоскостью линзы; главным фокусом; побочным фокусом.

- Поясните, как нужно расположить предмет относительно линзы, чтобы получить его действительное уменьшенное изображение.
- Поясните, как нужно расположить предмет относительно линзы, чтобы получить его действительное увеличенное изображение.
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений

№ опыта	X ₁ , мм	X ₂ , мм	L, мм	S, мм	F _{изм} , мм	F _{ср} , мм	F _л , мм	δF, %

Порядок проведения опыта

1. Определите по надписям на оправках значения фокусных расстояний F_л обеих линз. Значения расстояний занесите в таблицу.
2. Установите на одном конце оптической скамьи осветитель, мишень и одну из линз. Установите у противоположного конца скамьи экран. Предметом, изображение которого отображается на экране, служит мишень. Расстояние L между диафрагмой и экраном должны быть не менее 4F_л.
3. Получите с помощью линзы на экране увеличенное изображение буквы. Отметьте координату линзы X₁ по шкале на оптической скамье.
4. Не меняя расстояния между мишенью и экраном найдите такое положение линзы, при котором на экране возникнет уменьшенное изображение буквы. Отметьте координату линзы в этом положении X₂.
5. Вычислите расстояние S по формуле: $S = X_2 - X_1$ между координатами линзы, при которых получали уменьшенное и увеличенное изображение буквы.
6. Измерьте расстояние L между мишенью и экраном.
7. Повторите опыт 3-4 раза при разных расстояниях от мишени до линзы.
8. Вычислите по формуле (1) значение фокусного расстояния по результатам каждого опыта.
9. Найдите среднее значение фокусного расстояния F_{ср}
10. Вычислите относительную погрешность измерения фокусного расстояния δ_F по формуле: $\delta_F = \frac{|F_{л} - F_{изм}|}{F_{л}} \times 100\%$
11. Повторите опыт со второй линзой

РАБОТА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ РАССЕЙВАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Цель работы: освоить прием определения фокусного расстояния рассеивающей линзы.

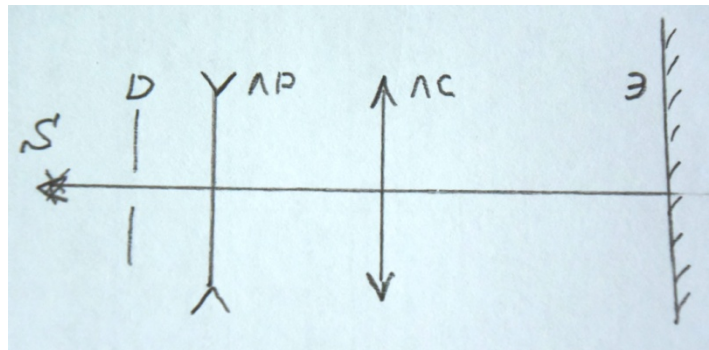
Оборудование: скамья оптическая, рейтер (4 шт), мишень, линза собирающая ($F=100\text{мм}$), линза рассеивающая, экран, осветитель, источник питания осветителя.

Описание опыта

Линзу, которая преобразует попадающий в нее параллельный пучок света в расходящийся, называют рассеивающей. Такая линза не дает действительного изображения, поэтому для определения ее фокусного расстояния используют специальный прием, основанный на использовании собирающей линзы.

Оптическая схема установки показана на рисунке 1.

Рис. 1



Она состоит из осветителя S диафрагмы D, линзы рассеивающей ЛР, линзы собирающей ЛС и экрана Э

Окно осветителя закрывают диафрагмой с отверстием в виде буквы F. На экране получают четкое изображение буквы, записывают координату центра рассеивающей линзы – $X_{рл}$ и измеряют расстояние от ее центра до диафрагмы - d.

Затем рассеивающую линзу удаляют. Перемещают мишень с буквой к собирающей линзе до тех пор, пока на экране вновь не появится ее четкое изображение. При этом изображение буквы F окажется в точке мнимого изображения, даваемого рассеивающей линзой.

Получив второй раз резкое изображение стрелки, измеряют расстояние f от нее до места, над которым находился центр рассеивающей линзы до ее удаления (до точки $X_{рл}$).

Используя формулу линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ (1) вычисляют значение фокусного

расстояния рассеивающей линзы – F.

Подготовка к эксперименту

- Ответьте на следующие вопросы:
 - какое изображение называют мнимым? Действительным?
 - В чем различие рассеивающей и собирающей линз?
 - Какую величину называют оптической силой линзы
- Постройте изображение точки, которое дает оптическая система из собирающей и рассеивающей линзы, при условии, что изображение действительное.
- Подготовьте таблицу для записей результатов измерений и вычислений:

№ опыта	$X_{рл}$,	f , мм	d , мм	F , мм	δF , %

Порядок проведения опыта

1. Закрепите на оптической скамье источник света, мишень, рассеивающую и собирающую линзы в том порядке, как указано на рисунке 1.
2. Подключите осветитель к источнику питания.
3. Включите осветитель и, регулируя взаимное положение линз и экрана, получите на его поверхности четкое изображение буквы.
4. Определите по шкале оптической скамьи и запишите координату центра рассеивающей линзы $X_{рл}$.
5. Измерьте расстояние d от центра рассеивающей линзы до мишени с буквой
6. Удалите рассеивающую линзу.
7. Плавно перемещайте мишень к собирающей линзе, пока на экране вновь не появится четкое изображение буквы.
8. Измерьте расстояние f от мишени до точки с координатой $X_{рл}$.
9. Вычислите, используя формулу (1) значение фокусного расстояния рассеивающей линзы F .
10. Повторите опыт несколько раз, изменяя расстояние между лампой и экраном.
11. Сравните полученные в каждом опыте значения F и сделайте вывод о том, зависит ли фокусное расстояние рассеивающей линзы от условий проведения опыта.

12. Определите по надписям на оправе истинное значение фокусного расстояния линзы $F_{\text{ист}}$
13. Вычислите относительную погрешность δF результатов полученных в каждом из опытов по формуле:
- $$\delta F = \frac{|F - F_{\text{ист}}|}{F_{\text{ист}}} \times 100\%$$
14. Сравните значения погрешностей и сделайте вывод при каких параметрах установки точность измерений выше.

Работа 8. ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЗ

Цель работы: экспериментально доказать справедливость утверждения о том, что оптическая сила системы из двух собирающих линз равна сумме оптических сил каждой из линз.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (4 шт), мишень, линза собирающая ($F = 100$ мм), линза собирающая ($F = 150$ мм), экран, осветитель, источник питания осветителя.

Дополнительное оборудование и материалы: линейка

Пояснения к эксперименту

Оптической силой линзы D называют величину, обратную ее фокусному расстоянию F :

$$D = \frac{1}{F} \text{ (дптр)} \quad (1).$$

Из теории оптических систем следует, что оптическая сила системы нескольких близкорасположенных линз равна сумме оптических сил всех линз этой системы.

Если системы образована двумя линзами, то $D = D_1 + D_2$ (2)

Измерить оптическую силу системы из двух линз можно воспользовавшись формулой линзы и определение оптической силы: $1/d + 1/f = 1/F = D$

Если предмет поместить на двойном фокусном расстоянии от линзы, то и его изображение окажется на таком же расстоянии по другую сторону линзы. Следовательно расстояние L от предмета до изображения составит $4F$, откуда $F = L/4$ (3). Причем размер изображения при этом будет равен размеру самого предмета (так как $d = f$, то увеличение $\Gamma = f/d = 1$).

Измерив L находят $F_{\text{системы}}$ и вычисляют D

В ходе опыта проверяют справедливость формулы (1) для чего определяют описанным выше приемом оптическую силу двух собирающих линз D и сравнивают ее с суммой оптических сил каждой из линз.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, что называют линейным увеличением линзы
- Поясните построением, почему при удалении предмета от линзы на двойное фокусное расстояние линейное увеличение его размера равно единице.
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений

F_1 , мм	F_2 , мм	D_1 , дптр	D_2 , дптр	L , мм	$D_{\text{изм}}$, мм	D , мм	δD , %

Порядок проведения опыта

1. Определите по надписям на оправках фокусные расстояния линз F_1 и F_2
2. Выразите полученные значения фокусных расстояний в метрах
3. Вычислите по формуле (1) оптические силы линз D_1 и D_2
4. Измерьте линейкой продольный размер отверстия в диафрагме в виде стрелки.
5. Закрепите на оптической скамье осветитель, мишень и обе линзы, разместив их рейтеры вплотную друг к другу. Установите экран.
6. Настройте установку так, чтобы размер изображения буквы F на экране был равен ее размеру на мишени. Размер изображения контролируйте линейкой.
7. Измерьте расстояние L между диафрагмой и экраном
8. Вычислите по формуле (3) значение фокусного расстояния системы $F_{\text{сист}}$
9. Вычислите по формуле (1) оптическую силу системы линз $D_{\text{изм}}$ на основании результатов измерений
10. Вычислите по формуле (2) суммарную оптическую силу линз D
11. Вычислите относительную погрешность δD полученного результата по формуле:
$$\delta D = \frac{|D - D_{\text{изм}}|}{D} \times 100\%$$
12. Сделайте вывод о справедливости формулы (2), укажите возможные причины расхождения результатов эксперимента с теорией.

Работа 9. ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ ЛИНЗЫ.

Цель работы: экспериментально доказать справедливость утверждения о том, что зависимость расстояния от линзы до изображения предмета, полученного с ее помощью соответствует формуле линзы.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3 шт), линза собирающая (2 шт), осветитель, мишень F, экран, источник питания осветителя.

Пояснения к эксперименту

Формула линзы определяет связь расстояния d от предмета до линзы с расстоянием f от линзы до изображения предмета:

$$1/d + 1/f = 1/F \quad (1), \text{ где } F - \text{ фокусное расстояние линзы.}$$

Расстояния d , f и F отсчитывают от оптического центра линзы. Величины d и F для собирающей линзы всегда положительные, величина f при мнимых изображениях отрицательна. Она откладывается в ту же сторону от центра линзы, что и d .

Из формулы (1) видно, что сумма величин обратных расстояниям от предмета до линзы и от линзы до изображения предмета постоянна при любых d и зависит только от фокусного расстояния линзы.

Проверка этого утверждения и проводится в ходе работы.

В качестве предмета, изображение которого получают с помощью собирающей линзы используют отверстие в мишени выполненное в виде буквы F, которое подсвечивается осветителем.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, в каких случаях собирающая линза дает мнимое изображение, как в этом случае меняется вид формулы линзы.
- Поясните, в каких случаях собирающая линза дает увеличенное и уменьшенное изображение предмета
- Поясните как можно определить фокусное расстояние собирающей линзы измерив расстояния d и f
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений:

№ опыта	d , мм	f , мм	$1/d$ мм ⁻¹	$1/f$, мм ⁻¹	$1/d + 1/f$, мм ⁻¹

Порядок проведения опыта

1. Закрепите на оптической скамье осветитель, мишень и собирающую линзу. Напротив окна осветителя установите экран.
2. Получите на экране четкое изображение буквы F плавным перемещением линзы вдоль скамьи.
3. Измерьте по шкале скамьи расстояние d от мишени до центра линзы.

4. Измерьте расстояние f от линзы до экрана.
5. Повторите опыт несколько раз при различных расстояниях между мишенью и линзой. Данные измерений заносите каждый раз в таблицу.
6. Вычислите поочередно значения величин $1/d$, $1/f$ и $(1/d + 1/f)$
7. Сравните значение сумм $(1/d + 1/f)$ полученные во всех опытах и сделайте вывод о справедливости формулы (1)
8. Вычислите на основании данных, полученных в каждом из опытов по формуле (1) значения фокусных расстояний и сделайте вывод зависит ли эта величина от расстояния между предметом и линзой.
9. Сравните полученные значения фокусных расстояний со значением, указанным на оправе линзы.
10. Повторите серию опытов со второй линзой.

Работа 10. СБОРКА МОДЕЛИ МИКРОСКОПА.

Цель работы: ознакомиться с оптической схемой модели микроскопа и назначением ее основных элементов

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (2 шт), линза собирающая (2 шт), мишень F

Пояснения к эксперименту

Микроскоп используется для получения больших увеличений, чем может обеспечить лупа. Оптическая схема микроскопа состоит из двух частей: объектива(собирающая линза обращенная к объекту наблюдения) и окуляра (собирающая линза обращенная к глазу наблюдателя). Наиболее благоприятные условия наблюдения осуществляются тогда, когда промежуточное изображение, создаваемое объективом, находится в передней фокальной плоскости окуляра, при этом глаз находится в ненапряженном состоянии.

Объект наблюдения помещают перед объективом на расстоянии немного большем фокусного. При этом условии объектив дает увеличенное действительное перевернутое изображение объекта. Это изображение рассматривают в окуляр, в котором оно, как в лупе, получается мнимым, увеличенным и перевернутым по отношению к объекту.

Если расстояние между фокусами объектива и окуляра обозначить как S , то увеличение объектива будет $S/F_{об}$ увеличение окуляра, как и у лупы, равно $D/F_{ок}$, где D - расстояние наилучшего зрения. Поэтому полное увеличение Γ микроскопа составляет: $\Gamma = SD/F_{об}F_{ок}$ (1). Увеличение тем больше, чем меньше фокусные расстояния объектива и окуляра.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, каковы роли объектива и окуляра в оптической схеме микроскопа
- Поясните, чему равно расстояние наилучшего зрения
- Поясните, почему наблюдаемый в микроскоп объект дополнительно подсвечивают
- Постройте ход лучей в оптической системе микроскопа.

Порядок проведения опыта

1. Определите фокусные расстояния линз по надписям на их оправках.

2. Закрепите на оптической скамье линзу с более коротким фокусным расстоянием, которая будет объективом. Рядом с ней на расстоянии немного превышающим ее фокусное расстояние закрепите мишень.
3. Обратите внимание на ориентации символа F на мишени.
4. Закрепите по другую сторону от мишени экран.
5. Определите положение изображения буквы F, создаваемое объективом, перемещая вдоль скамьи экран.
6. Сфокусируйте на поверхность экрана линзу окуляра, уберите экран и наблюдайте изображение буквы сквозь окуляр.
7. Обратите внимание на изменение размера и ориентации символа F при наблюдении через модель микроскопа.
8. Исследуйте, как зависит увеличение от расстояния между мишенью и объективом. Убедитесь в том, что при приближении мишени к точке фокуса объектива вместе с увеличением растут и искажения изображения.

Работа 11. СБОРКА МОДЕЛИ ТЕЛЕСКОПА КЕПЛера.

Цель работы: ознакомиться с оптической схемой модели телескопа Кеплера и назначением ее основных элементов

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (2 шт), линза собирающая (2 шт)

Пояснения к эксперименту

Телескоп представляет собой оптический прибор предназначенный для наблюдения удаленных объектов. Оптическая схема его простейшей модели состоит из двух линз - объектива и окуляра. Объектив дает действительное изображение объекта вблизи своей фокальной плоскости. Окуляр приближают к изображению предмета и рассматривают его как через лупу. Особенность телескопа Кеплера в том, что в качестве окуляра используется собирающая линза. При этом расстояние между центрами линз практически равно сумме их фокусных расстояний.

Увеличение телескопа Γ определяется отношением фокусного расстояния его объектива $F_{об}$ к фокусному расстоянию окуляра $F_{ок}$: $\Gamma = F_{об}/F_{ок}$ (1). Увеличение тем больше, чем больше фокусное расстояние у объектива и меньше у окуляра

Порядок подготовки к работе

- Поясните, какое изображение объекта создается объективом (перевернутое, прямое, увеличенное уменьшенное)
- Поясните, почему расстояние между объективом и окуляром приближенно равно сумме их фокусных расстояний
- Поясните как диаметр объектива влияет на яркость изображения объекта
- Поясните почему телескоп Кеплера дает перевернутое изображение.

Порядок проведения опыта

1. Определите фокусные расстояния линз по надписям на их оправках.
2. Закрепите на конце оптической скамьи линзу с более коротким фокусным расстоянием, которая будет окуляром. Рядом с ней закрепите вторую линзу - объектив.

3. Направьте объектив на удаленный объект и рассмотрите этот объект через окуляр.
4. Убедитесь в том, что модель телескопа Кеплера дает увеличенное и перевернутое изображение.
5. Измерьте по шкале скамьи расстояние между линзами и убедитесь в том что оно равно сумме фокусных расстояний обеих линз.
6. Вычислите по формуле (1) какое увеличение должна давать модель телескопа при использовании линз с данными фокусными расстояниями.
7. Определите реальное увеличение модели телескопа. Для этого направьте прибор на демонстрационный метр, закрепленный возле классной доски, и получите его четкое изображение. Рассмотрите деления метра одним глазом непосредственно, другим сквозь линзы. Удерживайте скамью так, чтобы изображение линейки и сама линейка казались совмещенными. Определите скольким делениям, видимым невооруженным глазом соответствует одно деление, наблюдаемое через оптику.
8. Сравните расчетное значение увеличения с реальным.

Работа 12. СБОРКА МОДЕЛИ ТЕЛЕСКОПА ГАЛИЛЕЯ

Цель работы: ознакомиться с особенностями оптической схемы модели телескопа Галилея и назначением ее основных элементов

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (2 шт), линза собирающая ($F = 100\text{мм}$), линза рассеивающая.

Пояснения к эксперименту

Телескоп Галилея отличается от других оптических приборов тем, что в нем отсутствует промежуточное действительное изображение наблюдаемого объекта. Сходящийся световой поток идущий из объектива до того как создать изображение объекта попадает на рассеивающую линзу, которая используется как окуляр, и становится расходящимся. Таким образом телескопом Галилея создается прямое и мнимое изображение. Такая особенность оптической схемы позволяет значительно уменьшить длину телескопа.

Оптическая схема его простейшей модели состоит из двух линз - собирающей линзы объектива и рассеивающей линзы окуляра.

Увеличение телескопа Галилея, как и Кеплера, определяется отношением фокусного расстояния его объектива $F_{об}$ к фокусному расстоянию окуляра $F_{ок}$: $\Gamma = F_{об}/F_{ок}$ (1) . Увеличение тем больше, чем больше фокусное расстояние у объектива и меньше у окуляра

Порядок подготовки к работе

- Поясните в чем принципиальное отличие оптических схем телескопов Галилея и Кеплера.
- Поясните, чем отличаются изображения объектов, наблюдаемых телескопами Кеплера и Галилея.
- Поясните, какое изображение объекта создается объективом (перевернутое, прямое, увеличенное уменьшенное)
- Поясните, как зависит увеличение телескопа от фокусных расстояний его линз.

- Поясните, почему фокусное расстояние объектива телескопа должно быть больше фокусного расстояния его окуляра.
- Поясните, на какой параметр изображения объекта влияет диаметр линзы объектива

Порядок проведения опыта

1. Определите фокусные расстояния линз по надписям на их оправках.
2. Закрепите на конце оптической скамьи рассеивающую линзу, которая будет окуляром. Рядом с ней закрепите собирающую линзу с фокусным расстоянием 100мм. Установите линзы на минимальном расстоянии друг от друга.
3. Настройте установку так, чтобы оптические оси линз находились на одной прямой.
4. Направьте объектив на удаленный объект и рассмотрите этот объект через окуляр.
5. Убедитесь в том, что модель телескопа Галилея дает увеличенное и прямое изображение.
6. Измерьте по шкале скамьи расстояние между линзами и убедитесь в том что оно значительно меньше расстояния между объективом и окуляром в модели трубы Кеплера.
7. Вычислите по формуле (1) какое увеличение должна давать модель телескопа при использовании линз с данными фокусными расстояниями.
8. Определите реальное увеличение модели телескопа как это описано в работе по изучению телескопа Кеплера. Сравните расчетное значение увеличения с реальным.

Работа 13. НАБЛЮДЕНИЕ ДИСПЕРСИИ СВЕТА

Цель работы: экспериментально доказать утверждения о том, что белый свет имеет сложный состав и световые пучки разных цветов преломляются на границе двух сред неодинаково.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (4шт), призма, шелевая насадка, линза собирающая (100 мм), осветитель, экран, источник питания осветителя, набор светофильтров

Дополнительное оборудование и материалы: лист бумаги, стакан с отстоянной водой

Пояснения к эксперименту

Дисперсией называют явление разложения белого света на составляющие его цветные пучки, совокупность которых называют спектром.

При попадании в глаз человека одновременно всех цветных пучков спектра, глаз воспринимает их как белый свет. Световые пучки разного цвета входящие в общий световой поток, попав на границу раздела двух прозрачных сред преломляются по разному, в результате чего поток разделяется на отдельные цветные пучки образующие непрерывный спектр.

Объектом исследования в опыте служит световой поток испускаемый лампой осветителя. С помощью диафрагмы с отверстием в виде щели из него выделяют узкий пучок, границы которого делают параллельными с помощью линзы.

На пути параллельного пучка помещают призму так, чтобы свет падал на ее грань образующую острый угол с основанием. Пройдя сквозь призму, белый свет осветителя разлагается на цветные составляющие, которые попав на экран образуют радужную полосу спектра.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, можно ли разложить на составляющие световой поток окрашенный в один из основных цветов спектра белого света
- Поясните почему для разложения в спектр свет должен пройти сквозь границу двух прозрачных сред с разной оптической плотностью
- Укажите, какие наиболее яркие цвета образуют радугу, в каком порядке они чередуются.
- Предложите способ как из цветного спектра снова получить белый свет

Порядок проведения опыта

1. Закрепите на оптической скамье осветитель и щелевую насадку. Рядом со щелевой насадкой установите собирающую линзу, затем в фокусе линзы разместите призму, после нее установите экран.
2. Настройте установку перемещением линзы вдоль скамьи так, чтобы вдоль поверхности стола скользил узкий пучок света с параллельными границами.
3. Поместите на пути пучка призму. Поворачивая призму вокруг вертикальной оси добейтесь максимального преломления направления распространения света на выходе из пластины.
4. Поместите на пути вышедшего из призмы светового потока экран.
5. Получите на экране цветную полосу.
6. Настройте установку так, чтобы ширина спектра была бы возможно большей.
7. Укажите в каком порядке чередуются основные цвета спектра.
8. Установите, какого цвета световые пучки отклонились наиболее и наименее сильно.
9. Поместите между лампой осветителя и щелевой насадкой светофильтр и, пропуская свет поочередно через его цветные полосы, наблюдайте, как будет меняться спектр на экране.
10. Повторите п.9 со светофильтром другого цвета.

Работа 14. НАБЛЮДЕНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТА

Цель работы: исследовать действие на световой поток дифракционной решетки; установить влияние параметров решетки на картину дифракции белого света.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3шт), щель узкая, линза собирающая (100 мм), осветитель, экран, источник питания осветителя, дифракционная решетка, лазер.

Дополнительное оборудование и материалы: лист бумаги, линейка

Пояснения к эксперименту

Наиболее распространенным и простым прибором, позволяющим наблюдать дифракцию света, является дифракционная решетка.

Она представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов нанесенных на некоторую поверхность. Расстояние, через которое повторяются штрихи на решетке, называют периодом d дифракционной решетки.

Период решетки определяют зная число штрихов N нанесенных на 1 миллиметре поверхности: $d = 1\text{мм}/N = 10^{-3}\text{м}/N$ (1).

Световая волна попадающая на решетку разбивается ее штрихами на отдельные когерентные пучки, которые претерпевают дифракцию на штрихах и, огибая их края, интерферируют друг с другом. Если углом φ задать направления на интерференционные максимумы, относительно направления волны до решетки, то разность хода пучков создающих эти максимумы можно выразить через период решетки: $\Delta r = d \sin \varphi$. Поскольку максимумы образуются при разности хода $\Delta r = n \lambda$ (разность хода должна равняться целому числу волн n), то $d \sin \varphi = n \lambda$ (2)

Полученную формулу называют формулой дифракционной решетки.

Число n называют порядком максимума. Максимум при $n = 0$ наблюдается под углом $\varphi = 0$, поэтому его называют центральным.

Из формулы дифракционной решетки следует:

1. Расстояние между максимумами одного порядка тем больше, чем меньше период решетки
2. Расстояние между максимумами одного порядка тем больше, чем больше длина волны света

Эти утверждения и проверяются в ходе эксперимента.

Объектом исследования является световой поток испускаемый лампой осветителя. С помощью диафрагмы с отверстием в виде щели из него выделяют узкий пучок, границы которого делают параллельными с помощью собирающей линзы.

На пути параллельного пучка помещают держатель с дифракционной решеткой, пройдя сквозь которую, свет попадает на экран образуя картину дифракции.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, почему после прохождения белого света через решетку образуются цветные полосы
- Поясните какому участку спектра соответствуют волны с меньшей длиной
- Поясните, как изменится расстояние между максимумами дифракционной картины, если увеличить период решетки

- Поясните возникнут ли цветные полосы если световой поток, падающий на решетку окрашен в один из цветов спектра
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов наблюдений и вычислений:

№ решетки	$d, \times 10^{-3}$ м	n	X_k , мм	X_ϕ , мм

-

Порядок проведения опыта

1. Вычислите по формуле (1) период d решетки. Результаты внесите в таблицу.
2. Закрепите на оптической скамье осветитель и держатель со щелью. Закройте окно осветителя диафрагмой с одной щелью. Рядом со щелью установите собирающую линзу, а на противоположном конце скамьи закрепите экран.
3. Направьте световой поток на решетку.
4. Измерьте линейкой расстояние X_k между красными линиями спектров первого порядка.
5. Измерьте линейкой расстояние X_ϕ между фиолетовыми линиями спектров первого порядка.
6. Повторите измерения для максимумов второго порядка.
7. Обобщите результаты измерений и сформулируйте вывод о справедливости утверждений (1) и (2).
8. Упростите оптическую схему: замените осветитель на лазер, удалите щель и линзу.
9. Направьте луч лазера в центр дифракционной решетки.
10. Наблюдайте дифракционную картину в монохроматическом свете.

Работа 15. НАБЛЮДЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА

Цель работы: изучение явления интерференции света с помощью интерференционной схемы Юнга и определение длины волны излучения лазерного источника с использованием явления интерференции света.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3шт), щель двойная, линза собирающая (200 мм), лазер, экран.

Дополнительное оборудование и материалы: лист бумаги, линейка.

Пояснения к эксперименту

Интерференция волн - явление усиления или ослабления амплитуды результирующей волны в зависимости от соотношения между фазами складывающихся в пространстве двух или нескольких волн с одинаковыми периодами. Интерференция имеет место для волн любой природы - акустических, радио, световых и т.д. Условием наблюдаемости интерференционной картины является когерентность интерферирующих волн. Напомним, что две волны одной части частоты называются когерентными, если разность фаз колебаний, возбуждаемых волнами в данной точке пространства, постоянна во времени.

Наилучшие условия для наблюдения устойчивой картины интерференции могут быть созданы, если в качестве источников света использовать лазеры, излучение которых обладает очень высокой степенью когерентности. Кроме того, излучение лазера монохроматично, а в монохроматическом свете интерференционная картина получается наиболее четкой.

Первая экспериментальная установка для наблюдения интерференции света была осуществлена Юнгом в 1807 г. (рис. 1).

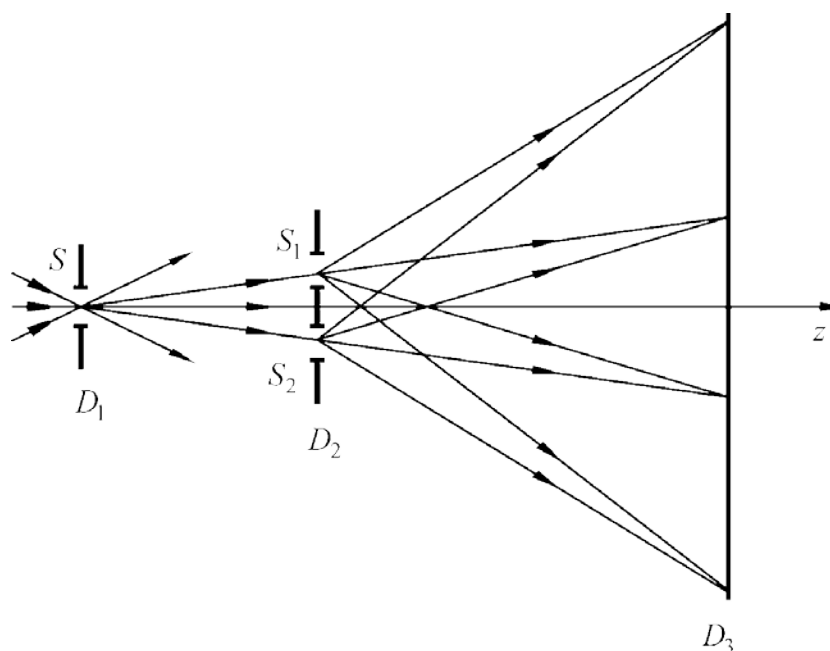


Рис. 1. Схема интерференционного опыта Юнга:

S - малое отверстие в первом экране D_1 (источник света); S_1 , S_2 - малые отверстия в экране D_2 ; D_3 - экран в дальней зоне дифракции света для наблюдения системы интерференционных полос.

Свет от квазимонохроматического источника S с относительно малыми угловыми размерами падал на два небольших отверстия S_1 и S_2 в экране D_2 , расположенных на достаточно малом расстоянии друг от друга (рис. 1). Световые поля в пределах этих отверстий действуют как вторичные источники, а световые пучки от них в результате дифракции перекрываются на достаточно большом расстоянии позади экрана D . В области перекрытия световых пучков возможно наблюдение явления интерференции света и образование системы светлых и темных полос.

Юнг первый в ясной форме установил принцип сложения амплитуд, объяснив явление интерференции. С помощью своей схемы, Юнг также впервые измерил длины световых волн, хотя эти измерения и не были достаточно точными.

Из рис. 1 видно, что простейшая схема интерференционного опыта Юнга требует двух систем отверстий. Первое S ограничивает область источника, и тем самым обеспечивает пространственную когерентность. На двух других, S_1 и S_2 возникают когерентные волны, интерферирующие между собой.

Для проведения опыта Юнга с лазерным источником света первое отверстие S не нужно, поскольку лазерное излучение обладает высокой интенсивностью при практически полной пространственной когерентности в сечении пучка света и высокой степени временной когерентности (длина когерентности излучения разных лазеров равна от нескольких миллиметров до сотен метров).

Порядок подготовки к работе

- Дайте определение явлению интерференции волн.
- Постройте ход лучей в интерференционной схеме Юнга.

- Почему при использовании лазера отпадает необходимость в использовании первого отверстия S в схеме Юнга?
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов наблюдений и вычислений:

Таблица 1

№ эксперимента	• d	• Λ	• z	• λ	• $\Delta\lambda$
Двойная щель					
1					
2					
3					

Порядок проведения опыта

Задание 1. Определение длины волны λ излучения лазера

Соберите установку для реализации интерференционного эксперимента Юнга с использованием лазерного источника по схеме на рис.2.

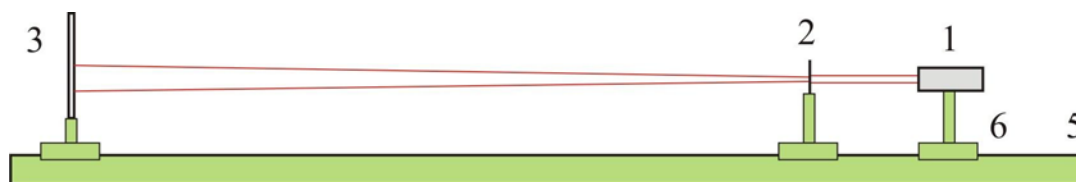


Рис.2. Схема установки для исследования интерференции волн света по методу Юнга:

1 – лазер, 2 – пластина с прозрачными щелями, 3 – экран для наблюдения интерференционных полос Юнга, 5 – рельс – большая оптическая скамья

1. Установите в левой части скамьи экран.
2. Установите лазер в правой части скамьи на максимальном расстоянии от экрана.
3. Установите диафрагму с двойной щелью так, чтобы расстояние между пластиной и выходным окном лазера было примерно 6-10 см.
4. Включите лазер. На экране должно появиться дифракционное пятно света с картиной интерференционных полос Юнга – вертикальных светлых и темных полос.
5. Определите пространственный период Λ интерференционных полос Юнга на экране с помощью линейки. Для уменьшения погрешности измерений, период полос следует определять по нескольким полосам путем определения интервала Δx между центрами светлых или темных полос на концах интервала Δx и вычисления периода Λ по формуле: $\Lambda = \Delta x / (2m - 1)$, где $2m$ – число полос на интервале Δx , а $2m - 1$ – число периодов расположения полос.
Оцените погрешность $\Delta\Lambda$ определения величины периода Λ , принимая во внимание погрешности каждого отсчета.
6. С помощью рулетки измерьте расстояние z между пластиной с двойными щелями и экраном, на котором наблюдаются интерференционные полосы. Оцените погрешность Δz измерения расстояния z .

7. Используя формулу $\Lambda = \lambda z / nd$, определите длину волны лазерного света по формуле $\lambda = \Lambda nd / z$, используя заранее известную величину d при $n=1$ – воздух, и измеренные в эксперименте величины Λ и z .
8. Измеренные и полученные значения величин занесите в таблицу 1:
9. Измените положение пластины с щелями и лазера на скамье относительно экрана. Измерьте расстояние z и определите период интерференционных полос для нового положения пластины. Вычислите длину волны лазера . Результаты измерения и определения величина занесите в таблицу 1.
10. Снова измените расстояние между пластиной с щелями и экраном, и определите длину волны лазера. Результаты занесите в таблицу 1.
11. Сделайте оценку величины абсолютной погрешности $\Delta\lambda$ определения длины волны в каждом эксперименте. Для оценки погрешности косвенных измерений используется формула:

$$\Delta\lambda \approx \frac{\partial}{\partial\Lambda} \left(\Lambda \frac{d}{z} \right) \cdot \Delta\Lambda + \frac{\partial}{\partial d} \left(\Lambda \frac{d}{z} \right) \cdot \Delta d + \frac{\partial}{\partial z} \left(\Lambda \frac{d}{z} \right) \cdot \Delta z,$$

где Δd , $\Delta\Lambda$, Δz – погрешности определения величин d , Λ , z .

12. Полученные значения $\Delta\lambda$ занесите в таблицу 1.
13. Определите, измерение какой величины имеет наибольшую погрешность?

Задание 2. Исследование увеличенной картины полос Юнга, образующейся при установке собирающей линзы между пластиной со щелями и экраном для наблюдения интерференционных полос.

Выполните операции 1-5 задания 1.

Определите период Λ наблюдаемых интерференционных полос Юнга, измерьте расстояние z между пластиной с щелями и экраном.

Установите собирающую линзу между пластиной и экраном, так чтобы линза находилась от пластины на расстоянии z_1 , превышающем двойное фокусное расстояние линзы (см. схему на рис.3). На экране будет наблюдаться увеличенная дифракционная картина с увеличенным периодом интерференционных полос Λ_1 , по сравнению с периодом Λ в отсутствие линзы в схеме.

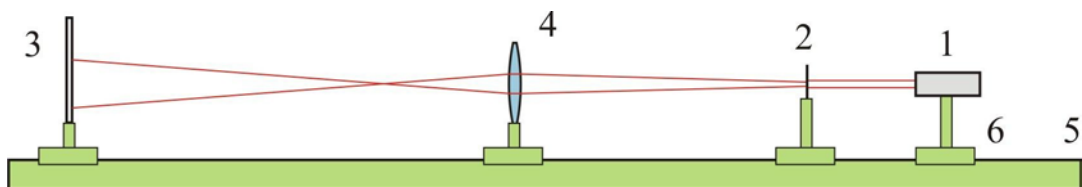


Рис.3. Схема экспериментальной установки для исследования интерференции волн света по методу Юнга с использованием собирающей линзы:

- 1 – лазер, 2 – пластина с прозрачными щелями, 3 – экран для наблюдения интерференционных полос Юнга, 4 – собирающая линза, 5 – рельс – большая оптическая скамья

Определите период Λ_1 наблюдаемых полос, как это указано в п.5 выполнения задания 1.

Поясните, почему, с физической точки зрения, наблюдаются интерференционные полосы с увеличенным периодом при использовании собирающей линзы.

Получите формулу для периода полос Λ_1 увеличенной интерференционной картины Юнга в зависимости от величин z , z_1 , f , d , λ . Постройте по формуле график зависимости периода полос Λ_1 от расстояния z_1 между линзой и пластиной с двойными щелями. Определите, при каком расстоянии z_1 период полос максимальный. Рассчитайте по полученной формуле величину Λ_1 и сопоставьте полученное значение с измеренной величиной Λ_1 .

Работа 16. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ СВЕТА

Цель работы: освоить прием измерения длины волны света с помощью дифракционной решетки.

Оборудование: скамья оптическая, рейтер (3шт), лазер, дифракционная решетка, экран.

Дополнительное оборудование и материалы: лист бумаги, линейка

Пояснения к эксперименту

Длину волны света можно определить с помощью дифракционной решетки используя формулу решетки: $d \sin \varphi = n \lambda$, где d - период решетки, φ - угол между направлением на центральный максимум и направлением на максимум порядка n (рисунок 1), λ - длина волны света.

Параллельный световой пучок направляется на решетку P , пройдя сквозь которую образует на экране \mathcal{E} интерференционные максимумы. На рисунке показаны положения центрального максимума (при $n = 0$), а также максимумов первого и второго порядков.

Как видно из рисунка 1 для максимума первого порядка ($n = 1$) $\sin \varphi = X / \sqrt{X^2 + D^2}$, где D - расстояние от решетки до экрана, X - расстояние от центрального максимума до максимума первого порядка. Следовательно $\lambda = d X / \sqrt{X^2 + D^2}$ (1)

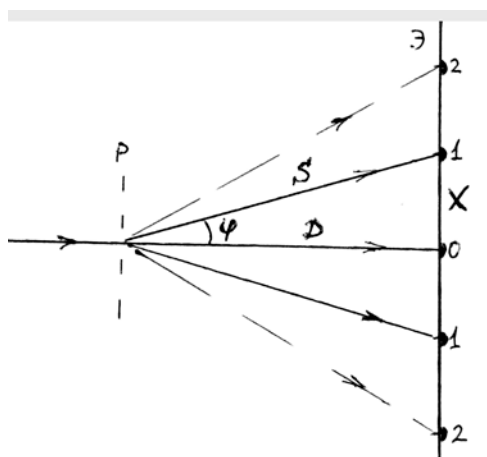


Рис 1

Порядок подготовки к работе

- Поясните, почему для повышения точности измерения длины волны используют монохроматический свет
- Поясните как расстояние от решетки до экрана влияет на погрешность результата
- Выведите формулу (1)

- Поясните какими единицами пользуются для измерения длины волны, какова их связь с метром
- Поясните как, зная число штрихов на одном миллиметре решетки, вычислить ее период d
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов наблюдений и вычислений:

№ опыта	$d, \times 10^{-3}$ м	n	X , мм	D , мм	$\lambda, \times 10^{-9}$ м	$\lambda_{\text{ср}}, \times 10^{-9}$ м

Порядок проведения опыта

1. Вычислите период d решетки
2. Закрепите на оптической скамье лазер, дифракционную решетку и экран.
3. Направьте луч лазера на решетку.
4. Измерьте линейкой расстояние X между точками первого порядка и центрального.
5. Измерьте по шкале скамьи расстояние D между решеткой и экраном.
6. Вычислите по формуле (1) значение длины волны красного цвета.
7. Повторите измерения 3 - 4 раза и вычислите среднее значение длины волны $\lambda_{\text{ср}}$.

Работа 17. НАБЛЮДЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА

Цель работы: наблюдать поляризацию естественного света при прохождении сквозь поляризатор, исследовать зависимость интенсивности светового потока, прошедшего через дав поляроида от взаимной ориентации их осей.

Оборудование: скамья оптическая, опора скамьи (2шт), рейтер (4шт), поляроид в оправе (2 шт), линза собирающая (50мм), осветитель, оптический стол, источник питания, соединительные провода (2шт)

Пояснения к эксперименту

Поляризацией света называют процесс ориентации колебаний вектора напряженности электрического поля световой волны в определенном направлении.

Естественный свет излучаемый обычными источниками представляет совокупность волн излучаемых множеством атомов. В таком потоке света колебания вектора E происходят практически по всем направлениям, перпендикулярным направлению распространения световой волны. Если поток такого света направить на поляроид то через него пройдет лишь та часть светового потока, в которой вектор электрического поля ориентирован вдоль оси поляроида. Такой свет называют линейно поляризованным. Если на пути линейно поляризованного света поместить еще один поляроид, то интенсивность света прошедшего через оба поляроида будет зависеть от взаимной ориентации их осей и может либо совсем не изменится, либо уменьшится до минимума.

Наблюдение за изменением интенсивности светового потока, прошедшего через два поляроида и является целью проведения опыта.

Порядок подготовки к работе

- Поясните, можно ли наблюдать поляризацию естественного света с помощью одного поляроида.
- Поясните роль второго поляроида для наблюдения поляризации света
- Поясните может ли наблюдаться поляризация продольных волн.
- Подготовьте таблицу для регистрации результатов наблюдений:

№ опыта					
Угол α , град					
Яркость					

Порядок проведения опыта

1. Рассмотрите оправы поляроидов, нанесенные на них метки, указывающие направления их осей.
2. Соберите установку. Поместите перед окном осветителя один поляроид. Напротив осветителя поставьте экран. Между экраном и поляроидом установите собирающую линзу.
3. Включите осветитель и, перемещая линзу вдоль скамьи, получите на экране изображение поляроида.
4. Убедитесь, вращая поляроид, в том, что яркость изображения на экране не зависит от угла поворота оси поляроида.
5. Замените поляроид другим, повторите наблюдение и убедитесь, что при вращении второго поляроида, яркость тоже не меняется.
6. Пометите между первым поляроидом и осветителем второй поляроид, так чтобы их оси совпали (угол $\alpha = 0^0$). Заметьте яркость светового пятна на экране. Примите исходный уровень яркости за максимальный.
7. Поверните первый поляроид на 90^0 и отметьте, как изменилась яркость пятна на экране. Результат наблюдения занесите в таблицу.
8. Повторите опыт несколько раз поворачивая каждый раз первый поляроид на 90^0 .
9. Повторите опыт вращая второй поляроид.
10. Обобщите результаты наблюдений и сделайте вывод о том, сколько раз уменьшалась яркость пятна до минимума при повороте одного из поляроидов на 360^0 . Зависит ли результат опыта от того, какой поляроид поворачивался.