

Лабораторная работа №6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ

Приборы и принадлежности:

Оптическая скамья, микрометрическая щель, бипризма Френеля, окулярный микрометр, светофильтр, осветитель, двояковыпуклая линза.

Введение

Как известно, явление интерференции наблюдается при наложении когерентных волн. В данной работе для получения двух когерентных источников света применяется бипризма, представляющая собой призму с тупым углом, очень близким к 180° , и малыми преломляющими углами (рис. 1).

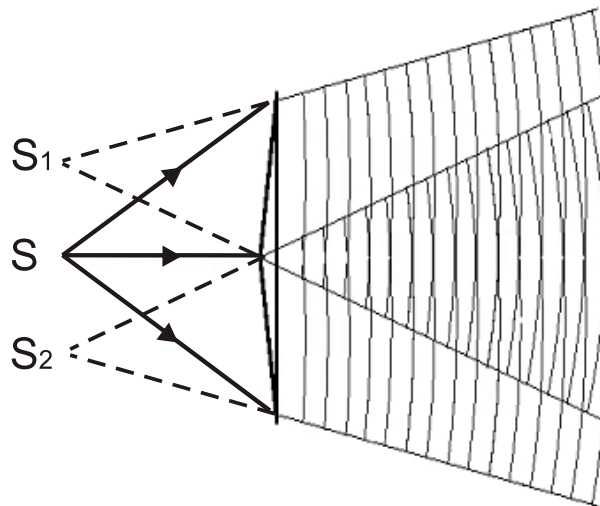


Рис. 1. Получение интерференционной картины с помощью бипризмы Френеля

Пучок света, идущий от освещенной щели S , после преломления в бипризме разделяется на два перекрывающихся пучка, как бы исходящих из двух мнимых изображений щели S_1 и S_2 . Так как источники S_1 и S_2 когерентны, то в пространстве за бипризмой будет наблюдаться интерференционная картина, локализованная во всей области пересечения пучков.

Пусть расстояние между S_1 и S_2 равно d (рис. 2).

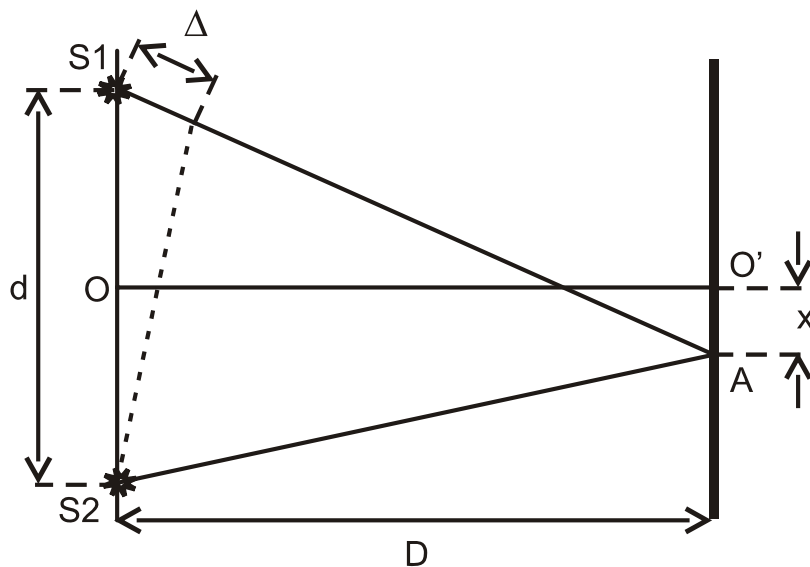


Рис. 2. Ход лучей от двух мнимых источников света S_1 и S_2

На расстоянии D от прямой $S_1 S_2$ параллельно ей помещен экран, на котором наблюдается система интерференционных полос. В точке O' будет находиться центральная светлая полоса. Легко показать, что оптическая разность хода лучей Δ , приходящих в точку A из S_1 и S_2 , равна:

$$\Delta = \frac{xd}{D},$$

если d мало по сравнению с D . Если оптическая разность хода равна:

$$\Delta = 2k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

т.е. в разности хода укладывается целое число длин волн или четное число полуволен, то наблюдается интерференционный максимум, а если

$$\Delta = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

т.е. если в разности хода укладывается нечетное число полуволен, то наблюдается интерференционный минимум. Здесь k – целые числа. Так как расстояние k -й светлой полосы от центральной, равно x_k , определяется из

условия $x_k = \frac{D}{d} \cdot \lambda k$, а для $(k + 1)$ -й светлой полосы – из условия

$$x_{k+1} = \frac{D}{d} \cdot \lambda (k + 1).$$

Расстояние a между соседними светлыми полосами (ширина интерференционной полосы) определяется так:

$$a = x_{k+1} - x_k = \frac{D}{d} \cdot \lambda \quad (1)$$

Используя условие интерференционных минимумов, можно показать, что расстояние между соседними темными полосами выражается этой же формулой. Из формулы (1) можно получить выражение для длины волны λ :

$$\lambda = \frac{ad}{D} \quad (2)$$

Описание установки и методика измерений

На оптической скамье (рис. 3) устанавливают на одной высоте осветительную лампу с конденсатором 1, микрометрическую щель 2, бипризму 3 и окулярный микрометр 4. Ширина щели регулируется винтом 5. Бипризма снабжена винтом 6, позволяющим перемещать ее в направлении, перпендикулярном общей оптической оси скамьи. Барабан 7 окулярного микрометра служит для перемещения видимого в окуляре перекрестия. Благодаря тому, что свет проходит через стеклянный светофильтр, стоящий перед щелью, все наблюдения и измерения производятся в красном свете.

Для центровки системы по высоте широко открывают щель и наблюдают положение световых пучков при помощи листа белой бумаги. Щель устанавливают при помощи листа белой бумаги так, чтобы она была ярко освещена.

Чтобы получить измеримое расстояние между действительными изображениями мнимых источников, щель нужно расположить достаточно далеко от призмы, не допуская, однако, чрезмерного сужения полос интерференционной картины. В нашей работе бипризма помещается на

расстоянии 30-50 см от щели так, чтобы ребро тупого угла бипризмы было расположено параллельно щели.

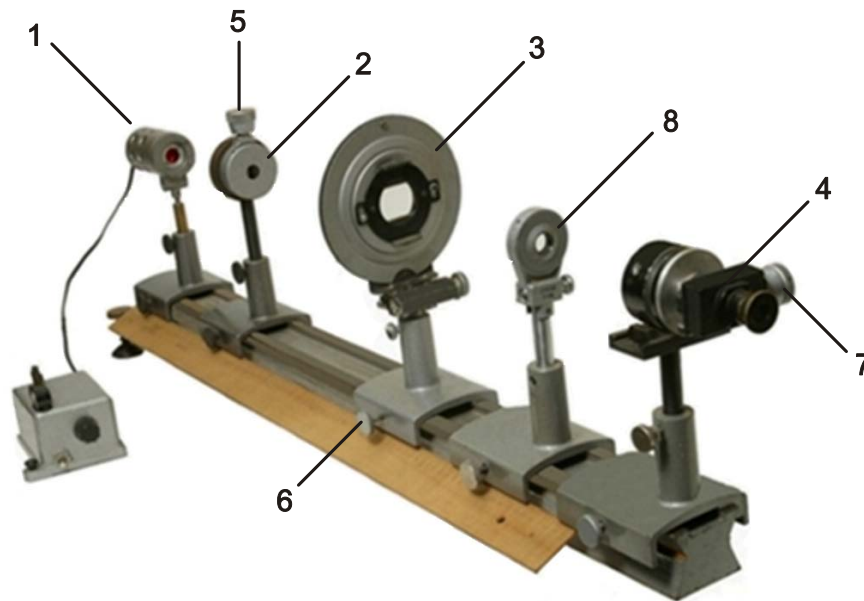


Рис. 3. Лабораторная установка для изучения интерференции света с помощью бипризмы Френеля

Для наилучшего наблюдения интерференционных полос следует выбирать оптимальную ширину щели: чем шире щель, тем больше суммарная интенсивность света, но меньше контрастность полос, и наоборот.

Перемещая окулярный микрометр, добиваются отчетливо видной интерференционной картины. Затем следует убедиться в возможности получения изображения мнимых источников света. Для этого между бипризмой и окулярным микрометром помещают вспомогательную линзу 8 и, глядя в окуляр, перемещают ее, добиваясь резко видимых изображений щели. Затем дополнительную линзу убирают.

Порядок выполнения работы

1. По шкале на оптической скамье определяют расстояние D между микрометрической щелью и окулярным микрометром.

2. Определяют ширину интерференционной полосы. Для этого, вращая барабан 8 окулярного микрометра, наводят перекрестие на центр первой четкой темной (или светлой) интерференционной полосы и делают отсчет по барабану l_1 , затем наводят перекрестие на центр n -й достаточно удаленной темной (или светлой) интерференционной полосы и делают отсчет l_n . Измерения l_1 и l_n делают три раза, выбирая каждый раз различные n ; записывают все результаты в таблицу. Ширину интерференционной полосы вычисляют по формуле:

$$a = \frac{l_n - l_1}{n - 1}.$$

Находят среднее значение величины a .

3. Устанавливают на оптическую скамью между бипризмой и окулярным микрометром дополнительную линзу и получают действительные изображения мнимых источников. Расстояние d' между ними измеряют с помощью окулярного микрометра, наводя перекрестие поочередно на оба изображения и взяв затем разность отсчетов по барабану 8.

4. Измеряют расстояние a_1 от дополнительной линзы до щели и расстояние b от дополнительной линзы до окулярного микрометра.

5. Вычисляют расстояние d между мнимыми источниками по формуле:

$$d = d' \frac{a_1}{b},$$

которая может быть получена из построения изображений в линзе по законам геометрической оптики.

6. Оставляя положение бипризмы неизменным, выполняют пп. 1 ÷ 5 для несколько измененного положения окулярного микрометра (вторая серия измерений).

7. Выполняют пп. 1 ÷ 5 для несколько измененного положения бипризмы (третья серия измерений).

8. Для каждой серии измерений вычисляют длину волны λ по формуле (2), подставляя в нее средние значения измеренных величин.

9. Оценивают погрешность определения длины волны λ , результаты представляют в виде доверительного интервала.

Таблица 1

№ п/п	n	l_1	l_n	a	d'	a_1	b	d	λ
$D =$									
1									
2									
3									
$D =$									
1									
2									
3									
$D =$									
1									
2									
3									
Среднее значение									

При подготовке к работе необходимо изучить следующие разделы:

1. Интерференция световых волн. Когерентные колебания.
2. Способы наблюдения интерференции света. Бипризма Френеля.
3. Связь разности фаз и разности хода.
4. Расчет интерференционной картины от 2-х точечных когерентных источников. Ширина интерференционной полосы.
5. Оценка погрешности измерений.
6. Для углубленного изучения поставленной в работе задачи рекомендуем также ознакомиться со следующими вопросами:
7. Апертура интерференции.

8. Влияние размеров источника на интерференционную картину.
9. Роль толщины пленки в интерференции.
10. Влияние некогерентности источника.

Контрольные вопросы

1. Почему интерференционная картина может наблюдаться лишь при малом расстоянии между когерентными источниками?
2. Почему тупой угол бипризмы должен быть близким к 180° ?
3. Каким образом в работе достигается достаточная степень пространственной и временной когерентности?
4. Какой вид будет иметь интерференционная картина, если убрать светофильтр?
5. Как можно определить показатель преломления призмы?
6. Как найти преломляющий угол бипризмы?
7. Как из построения изображения мнимых источников по законам геометрической оптики вывести формулу для нахождения расстояния между ними?

Литература

1. С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. Курс общей физики // СПб.: Издательство "Лань", 2006, т.3, §§ 256, 261-263.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики // М.: Физматлит, Издательство МФТИ, 2002, т.4, §§ 26-30.