

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ БИЛИНЗЫ И БИПРИЗМЫ

Цель работы: исследование интерференционных схем с использованием билинзы и бипризмы и определение длины световой волны.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, билинза, бипризма, осветитель (лампа накаливания с конденсором), щелевая диафрагма, окулярный микрометр, собирающая линза, светофильтры.

ВВЕДЕНИЕ

Для наблюдения интерференции света применяют ряд схем, в которых световой пучок, идущий от одного источника, разделяют на два пучка (путем отражения или преломления) и заставляют их снова встретиться после того, как ими пройдены различные оптические пути. К таким интерференционным схемам относятся, в частности, билинза Бийе и бипризма Френеля.

Билинза представляет собою тонкую положительную линзу, разрезанную пополам. Полулинзы смещаются (в плоскости линзы) друг относительно друга так, чтобы получилось два пространственно разделенных оптических центра. В этом случае полулинзы дают два мнимых или действительных изображения источника S , которые служат когерентными источниками света S_1 , и S_2 (рис. 3.7.1).

Бипризма представляет собой две призмы с малыми преломляющими углами, сложенные своими основаниями. Пучок света, падающий на бипризму от щели, вследствие преломления в бипризме разделяется на два пересекающихся пучка, как бы исходящих из двух мнимых изображений щели S_1 , и S_2 , (рис. 3.7.2). В области пересечения пучков за призмой будет наблюдаться интерференционная картина.

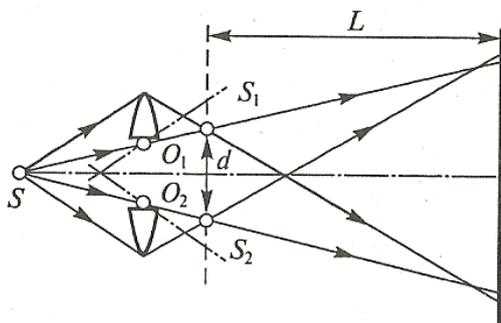


Рис. 3.7.1

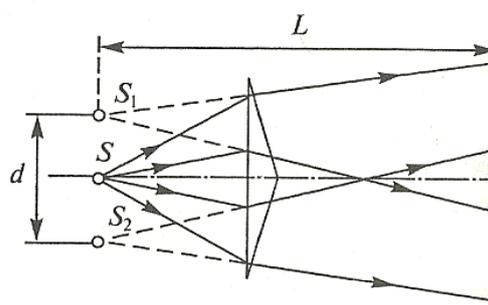


Рис. 3.7.2

Зная расстояние между источниками d , ширину интерференционной полосы Δx и расстояние от источников до экрана L , можно определить длину световой волны по известной формуле

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{L} \quad (L \gg d) \quad (1)$$

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

На оптической скамье последовательно располагаются осветитель (лампа накаливания с конденсором) и щелевая диафрагма, играющая роль источника. Малая ширина щели обеспечивает необходимую пространственную когерентность. Достаточно высокая степень временной когерентности излучения достигается при помощи светофильтра, выделяющего из спектра излучения сравнительно узкий частотный интервал. Оправа со сменными фильтрами располагается непосредственно за щелевой диафрагмой. Билинза или бипризма в оправе, позволяющих осуществлять нужную регулировку и настройку, устанавливается в рейтерах. Для наблюдения интерференционной картины, а также для измерения ширины полосы и расстояний между когерентными источниками применяется окулярный микрометр (описание окулярного микрометра см. в приложении к работе 3.5); в случае работы с бипризмой перед микрометром помещают вспомогательную собирающую линзу.

ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

I. Определение длины световой волны с помощью билинзы.

Получение и наблюдение интерференционной картины с помощью билинзы требует аккуратности и терпения в настройке установки. Для успешного выполнения задачи необходимо добиться того, чтобы оптическая система была центрирована: щелевая диафрагма должна быть расположена по диаметру ярко и равномерно освещенного круга – сечения светового пучка; ось светового пучка должна проходить точно между половинками билинзы и через окулярный микрометр. Для получения действительных изображений щели-источника билинзу следует установить на некотором расстоянии (как правило, большем $2F$) от щели.

После предварительной центровки системы, регулируя положение линз в оправе соответствующими винтами, следует получить на вспомогательном экране (листочке бумаги) два симметрично расположенных (относительно вертикали) и одинаково ярких изображения щели. В том месте, где получены действительные изображения источников, установите окулярный микрометр и наблюдайте увеличенные изображения двух источников (измерять расстояние между ними следует после того, как будет получена интерференционная картина и измерена ширина полосы).

Перемещайте окулярный микрометр до тех пор, пока изображения щелей не перекроют друг друга. Если при этом в поле зрения не появляются характерные интерференционные полосы, то, продолжая наблюдение, осторожно регулируйте положение линз винтом, находящимся наверху оправы. Контраст полученной картины можно увеличить, уменьшая ширину щели. Если интерференционные полосы слишком узки, следует отодвинуть микрометр или сблизить изображения щели осторожным вращением винта, расположенного сбоку оправы билинзы.

После того как получена отчетливая интерференционная картина, следует измерить ширину полосы. Для повышения точности результата целесообразно определить по шкале микрометра длину отрезка, содержащего несколько полос, и, разделив полученное значение на число полос, найти ширину полосы Δx .

Перемещать крест нитей окулярного микрометра следует очень осторожно, так как

нажим на корпус микрометра легко может привести к сдвигу картины в поле зрения. В процессе данного измерения барабан микрометра вращают **только в одну сторону**.

Отметив по сантиметровой шкале положение окулярного микрометра, передвигают его в то место, где видны резкие изображения источников, и, соблюдая указанные выше предосторожности, измеряют расстояние d между ними.

Расстояние между двумя положениями микрометра (в одном из которых рассматриваются изображения источников, а в другом – интерференционная картина) равно, очевидно, L , т. е. расстоянию между когерентными источниками и местом наблюдения интерференционной картины.

Задание 1. Проведите несколько измерений Δx и определите среднее значение ширины полосы. Смените светофильтр и повторите серию измерений для другой средней длины волны излучения.

Полученные данные измерений d и L занесите в таблицу и, используя выражение (1), вычислите искомые средние длины волн λ_1 и λ_2 . Оцените относительную погрешность и запишите результат измерений в виде $\lambda_{\text{экс}} = (\lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda)$ нм.

II. Определение длины световой волны с помощью бипризмы.

В случае наблюдения интерференционной картины с помощью бипризмы (см. рис. 3.7.2) когерентными источниками служат два мнимых изображения щели S_1 и S_2 . Ввиду малости преломляющего угла каждой из призм, образующих бипризму, можно считать, что изображения S_1 и S_2 лежат в одной плоскости со щелью. Это обстоятельство позволяет легко определить расстояние от источников до места наблюдения. Оптическая система (щель, бипризма, микрометр) центрируется так же, как и система с билинзой. Следует позаботиться о том, чтобы ребро бипризмы было параллельно щели-источнику. Для этого смотрят, не пользуясь микрометром, сквозь бипризму на щель; поворачивая оправу бипризмы вокруг горизонтальной оси, добиваются требуемой параллельности (изображения щелей должны быть расположены симметрично относительно вертикали). Интерференционную картину наблюдают с помощью микрометра. Если картина недостаточно отчетлива, слегка поворачивают (не прекращая наблюдения!) оправу бипризмы; контраст картины зависит, конечно, и от ширины щели. Измерение ширины полосы Δx производится так же, как и в первой части работы.

Для измерения расстояния между источниками используется собирающая линза. С помощью этой линзы получают действительные изображения источников и измеряют (как и в первой части) расстояния между ними по шкале окулярного микрометра. Расстояние между мнимыми источниками d , входящее в выражение (1), можно вычислить, измерив расстояния от щели до линзы и от линзы до фокальной плоскости микрометра (рекомендуется выполнить соответствующее построение по законам геометрической оптики).

Задание 2. Произведите измерения, необходимые для определения длины волны. Полученные результаты двух серий измерений (для двух светофильтров) внесите в таблицу. После оценки погрешности запишите результаты двух серий измерений в виде $\lambda_{\text{экс}} = (\lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda)$ нм.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Где следует искать интерференционную картину, если из линзы вырезана середина и полулинзы сдвинуты?
2. При каком расположении полулинз невозможно получить интерференционную картину?
3. Можно ли использовать в качестве билинзы линзу, у которой по диаметру наклеена полоска черной бумаги?
4. Укажите примеры интерференционных схем, в которых размеры источника могут быть сравнительно велики.
5. Сравните интерференционные картины, полученные на предлагаемой в работе установке с использованием фильтра, с картинами, полученными в белом свете.
6. Каким образом в опытах с бипризмой и билинзой достигается достаточная степень пространственной когерентности?