

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ
БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ**

Методические указания к лабораторной работе 22 по физике
для студентов всех форм обучения всех направлений подготовки

Екатеринбург
2015

УДК 535.32 (075.8)

Составители: Т.И. Папушина, Е.А. Ходак

Научный редактор: профессор, д-р физ.-мат. наук А.А. Повзнер

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ БИПРИЗМЫ
ФРЕНЕЛЯ : методические указания к лабораторной работе 22 по физике/
Папушина Т.И., Ходак Е.А. / Екатеринбург: УрФУ, 2015. 21 с.

Методические указания к лабораторной работе № 22 студенческого практикума по курсу физики представляют собой краткое теоретическое введение, в котором рассмотрены условия интерференции света, а также описание экспериментальной установки и ход выполнения лабораторной работы.

Библ.: 6 назв. Рис. 6.

Подготовлено кафедрой физики.

© Уральский Федеральный
Университет

© Т.И. Папушина, Е.А. Ходак, 2015

Лабораторная работа знакомит с одним из способов получения когерентных волн и состоит из следующих задач:

- 1) Определение расстояния между изображениями мнимых источников.
- 2) Получение и расчет интерференционной картины.

1. Предварительные сведения

1.1. Интерференция света

Интенсивность света I в любой точке пропорциональна квадрату амплитуды световой волны, т.е. пропорциональна квадрату напряженности \vec{E} электрического поля. Для произвольной точки P пространства, где перекрываются две световые волны, согласно принципу суперпозиции:

$$\vec{E}_P = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad (1)$$

где \vec{E}_1, \vec{E}_2 – напряженности электрических полей световых волн в точке P .

Результирующая интенсивность равна:

$$I_P = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\varphi, \quad (2)$$

где $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – разность фаз налагающихся световых волн.

Если источники световых волн независимы, то среднее по времени значение косинуса разности фаз $\langle \cos \Delta\varphi \rangle = 0$ и

$$I_P = I_1 + I_2. \quad (3)$$

Если разность фаз световых волн не изменяется в течение некоторого времени, большего чем время, необходимое для регистрации картины ($\langle \cos \Delta\varphi \rangle \neq 0$), то равенство (3) не выполняется. Суммарная интенсивность результирующей волны (а значит, и освещенность, например, экрана, на котором наблюдается результат сложения волн) не равна сумме интенсивностей, создаваемых каждым источником световых волн (возникает интерференция). Иными словами, для возникновения интерференции необходимо, чтобы разность фаз $\Delta\varphi$ сохраняла свое значение за время

усреднения. Это возможно также только при одинаковой частоте складываемых колебаний. Волны, для которых разность фаз за время наблюдения остается неизменной, называют когерентными.

Таким образом, явление интерференции заключается в перераспределении энергии колебаний в пространстве. В результате интенсивность света в определенных точках пространства увеличивается, а в других уменьшается по сравнению с (3). Интерференция, возникающая при наложении двух когерентных волн, называется двухлучевой, при наложении многих волн – многолучевой.

Для получения когерентных световых волн и наблюдения их интерференции с помощью обычных (не лазерных) источников излучения применяют метод деления волны, излучаемой одним источником света, на две или большее число волн, которые после прохождения различных путей накладываются друг на друга. Результат интерференции таких волн зависит от разности фаз, приобретаемой когерентными волнами при прохождении различных расстояний (или различных сред) от источника до экрана (точки наблюдения). Однако для получения интерференционной картины достаточной четкости необходимо выполнение некоторых условий, связанных с определенными свойствами световых волн. Эти условия определим на примере двухлучевой интерференции.

1.2. Двухлучевая интерференция

Рассмотрим интерференцию, возникающую при наложении двух когерентных волн, для которых вектор \vec{E} колеблется в одном и том же направлении. S_1 и S_2 – источники этих волн (рис. 1.). Пусть первая волна распространяется в среде с показателем преломления n_1 , а вторая – в среде с показателем преломления n_2 . Из теории

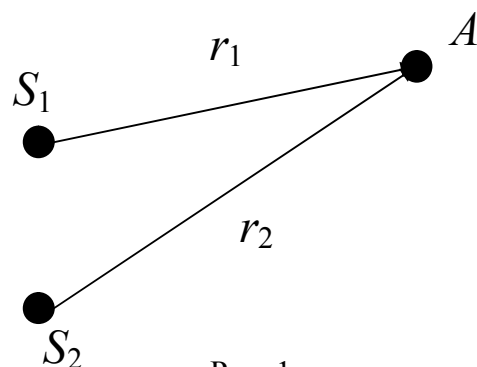


Рис. 1

колебаний известно, что в тех точках пространства, где разность фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi_{21}$ складываемых колебаний удовлетворяет условию $\Delta\varphi_{21} = 2m\pi$ ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), будет наблюдаться максимальное усиление колебаний. Если же $\Delta\varphi_{21} = (2m + 1)\pi$, то колебания будут в наибольшей степени ослабляться. Разность фаз складываемых колебаний в точке A (рис. 1.) равна $\Delta\varphi_{21} = (\omega t - k_2 r_2) - (\omega t - k_1 r_1) = k_1 r_1 - k_2 r_2$. Учитывая, что $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi n}{\lambda_0}$, разность

фаз можно выразить как

$$\Delta\varphi_{21} = \frac{2\pi}{\lambda_0}(r_1 n_1 - r_2 n_2) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta_{12}, \quad (4)$$

где
$$\Delta_{12} = (r_1 n_1 - r_2 n_2). \quad (5)$$

Скалярная величина Δ_{12} называется оптической разностью хода волн 1 и 2.

Теперь условия усиления и ослабления света могут быть определены через оптическую разность хода двух когерентных волн:

1) условие усиления $\Delta_{12} = m\lambda$, ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). (6)

Интерференционный максимум будет наблюдаться, если на разности хода двух лучей укладывается целое число волн

2) условие ослабления $\Delta_{12} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$, ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), (7)

Интерференционный минимум наблюдается, если на разности хода двух лучей укладывается полуцелое число волн.

1.3. Интерференция света при прохождении через бипризму Френеля

Бипризма Френеля представляет собой прямую призму с поперечным сечением в виде треугольника с углом ABC , близким к 180° и малым преломляющим углом θ (рис. 2).

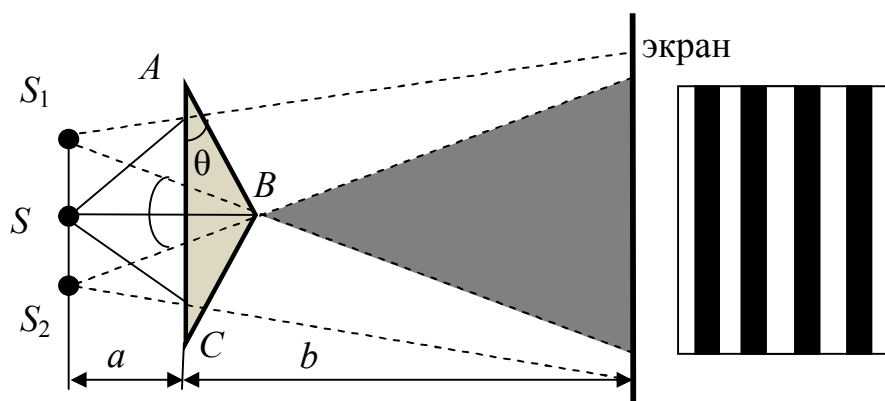


Рис. 2

Источником света является светящаяся щель S , параллельная ребру бипризмы, при этом призма отклоняет лучи к оси пучка. За бипризмой возникает интерференционное поле, т.е. область пространства, в которой световые волны, преломленные обеими половинами бипризмы, перекрываются и интерферируют.

Эти световые волны когерентны, так как образуются из одной световой волны источника S . Получается так, как будто эти волны излучаются двумя мнимыми когерентными источниками S_1 и S_2 , лежащими в одной плоскости с источником S . На экране, параллельном этой плоскости, находящемся на расстоянии $(a+b)$, возникает интерференционная картина. При использовании монохроматического света она имеет вид чередующихся темных и светлых полос. При падении на бипризму белого света полосы имеют радужную окраску. Результат наложения двух волн в какой-либо точке экрана зависит от их оптической разности хода Δ_{21} , которую можно определить, зная положение x этой точки на экране, расстояние d между мнимыми источниками и расстояние L от источников до экрана (рис.3).

1.4. Вывод расчетной формулы для определения длины волны

Найдем оптическую разность хода Δ_{21} лучей от источников S_1 и S_2 , приходящих в произвольную точку P экрана.

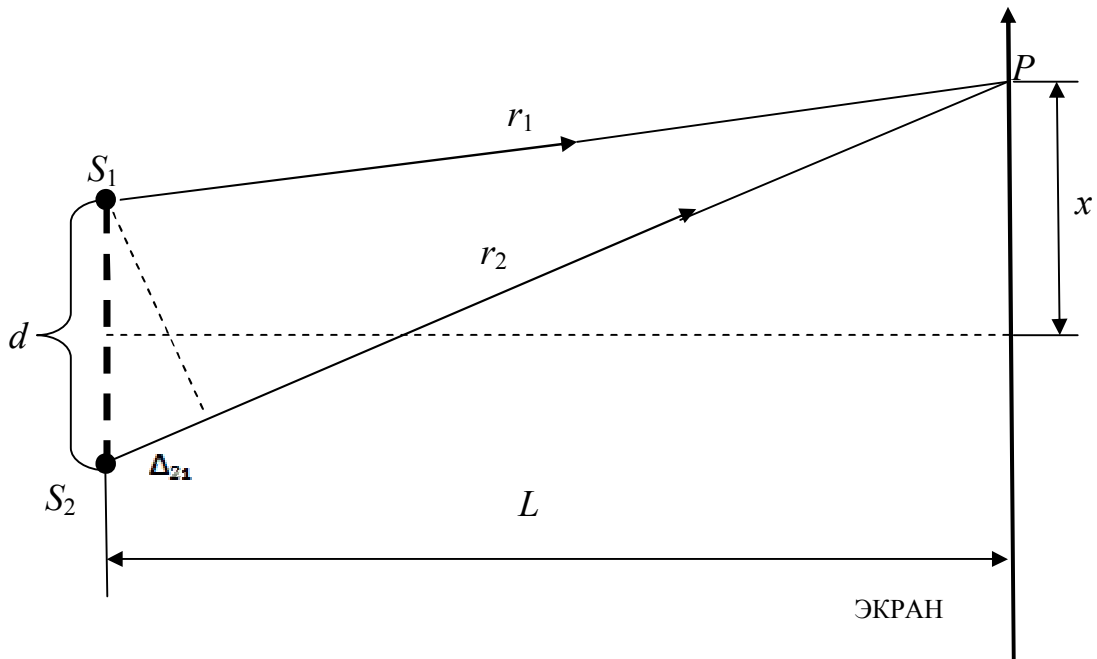


Рис. 3

Величину Δ_{21} можно определить, зная координату x точки P на экране, расстояние d между мнимыми источниками и расстояние L от источников до экрана. Из рассмотрения рис. 2 следует:

$$r_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2, \quad r_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2, \quad \text{или} \quad r_2^2 - r_1^2 = 2dx + \frac{d^2}{2} \approx 2dx$$

$$\text{Поскольку } d \ll x, \quad \Delta L = r_2 - r_1 = 2dx / (r_2 + r_1) \quad (8)$$

Вследствие невысокой степени монохроматичности света источников S_1 и S_2 интерференционная картина наблюдается только вблизи центра экрана, когда координата $x \ll L$. Поэтому можно считать $r_1 + r_2 \approx 2L$ и тогда.

$$\Delta_{21} = \frac{xd}{L} \quad (9)$$

Из формулы (8) можно определить координаты x интерференционных полос, получающихся при прохождении света через бипризму Френеля. Подставляя условия максимумов (6) и минимумов (7) интерференции в (9), соответственно получим:

- координаты светлых полос:

$$x = \frac{mL\lambda}{d}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (10a)$$

- координаты темных полос:

$$x = \frac{(2m+1)L\lambda}{2d}, \quad m=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \quad (10б)$$

где m – номер максимума или минимума.

Ширина интерференционной полосы Δx , т. е. расстояние между соседними минимумами или максимумами интенсивности света на любом участке интерференционной картины одинакова, и ее можно найти из

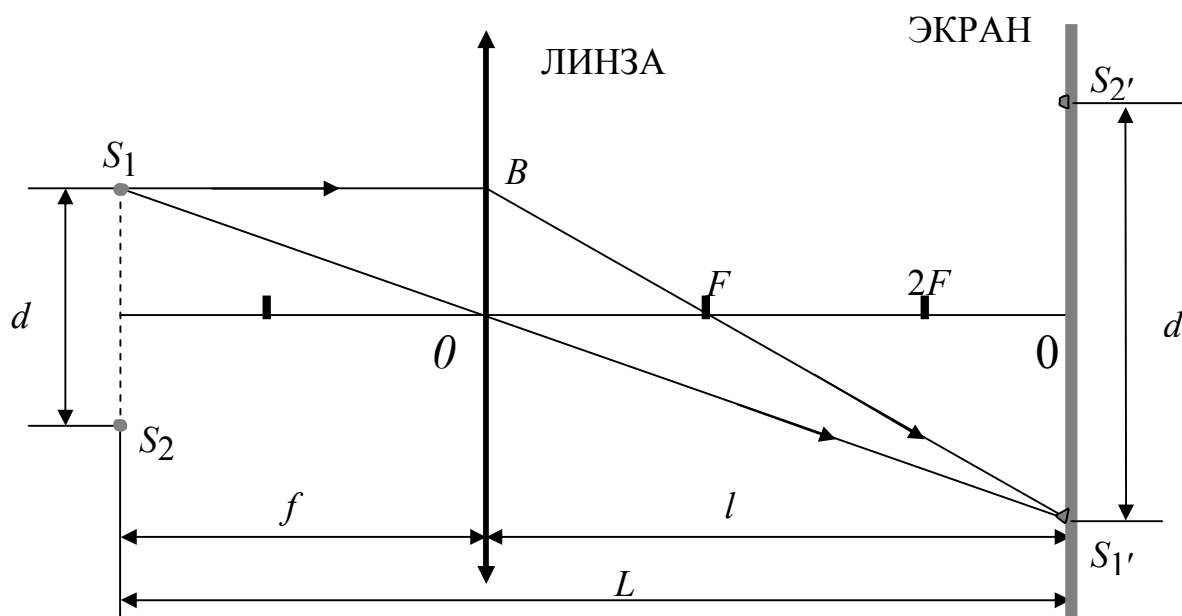


Рис. 4

соотношения

$$\Delta x = L\lambda/d, \quad (11)$$

откуда

$$\lambda = d \cdot \Delta x/L, \quad (12)$$

Для определения расстояния d между мнимыми источниками S_1 и S_2 , можно воспользоваться собирающей линзой с известным фокусным расстоянием F (рис. 4).

Расположим линзу так, чтобы источники S_1 и S_2 лежали между фокусом F и двойным фокусом $2F$. При этом их изображения S_1' и S_2' будут находиться на расстоянии l от линзы. Если поместить на этом расстоянии экран с масштабной линейкой, то по нему можно непосредственно найти расстояние d' между изображениями источников.

Из подобия треугольников $BO'F$ и OFS_1' находим

$$\frac{d}{d'} = \frac{F}{l - F}$$

или
$$d = d' \frac{F}{l - F}. \quad (13)$$

Из подобия треугольников $S_1O'B$ и $OO'S_1'$ следует, что

$$\frac{d}{d'} = \frac{L - l}{l}. \quad (14)$$

Решая совместно уравнения (9) и (10), можно найти:

$$L = \frac{l^2}{l - F}. \quad (15)$$

Подставляя в формулу (12) значения d и L из выражений (13) и (15), получим расчетную формулу для определения длины световой волны с помощью бипризмы Френеля

$$\lambda = \Delta x \frac{d' F}{l^2}. \quad (16)$$

1.5. Параметры когерентности световых волн

Излучение любого обычного (не лазерного) источника не является строго монохроматическим. Каждый атом или молекула источника света излучает цуг волн (отдельный короткий импульс излучения) в течение промежутка времени, который называется средним временем жизни τ излучающего атома. Для частот видимого света $\tau \approx 10^{-8}$ с. Протяженность цуга при этом имеет величину порядка 10^7 длин волн λ , и в первом приближении каждый такой цуг можно считать квазимонохроматичным. Однако при спонтанном излучении, которое осуществляется в обычных источниках света, электромагнитные волны

испускаются атомами (молекулами) вещества независимо друг от друга, со случайным значением начальной фазы. Поэтому за время наблюдения $\Delta t > 10^{-8}$ с волны, спонтанно излучаемые атомами (молекулами) источника света, некогерентны и при наложении не интерферируют. Часть волны, сохраняющая примерное постоянство волновых характеристик, называется длиной когерентности $l_{\text{ког}}$, а время испускания цуга $\tau_{\text{ког}}$ временем когерентности. Очевидно, что длину цуга можно отождествить с длиной когерентности. Связь между $l_{\text{ког}}$ и $\tau_{\text{ког}}$:

$$\tau_{\text{ког}} = \frac{l_{\text{ког}}}{c} . \quad (17)$$

Пусть спектральный интервал излучения, создающего наблюдаемую интерференционную картину, ограничен длинами волн λ и $\lambda + \Delta\lambda$. Интерференционная картина будет размываться, если максимум m -ого порядка для длины волны $\lambda + \Delta\lambda$ будет накладываться на максимум $(m+1)$ -го порядка для длины волны λ . Тогда с учетом условия максимума (6)

$$m_{\text{max}}(\lambda + \Delta\lambda) = (m_{\text{max}} + 1)\lambda , \quad (18)$$

откуда
$$m_{\text{max}} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} . \quad (19)$$

Таким образом, установлено значение предельного порядка интерференции, при котором интерференция исчезает, т.е. складываемые колебания становятся некогерентными.

С другой стороны, интерференция наблюдается до тех пор, пока разность хода не превышает длину когерентности $l_{\text{ког}}$:

$$l_{\text{ког}} \approx m_{\text{max}} \cdot \lambda , \quad (20)$$

где m_{max} – максимальный порядок интерференции, соответствующий еще видимой светлой полосе.

Из (19) и (20) находим связь длины когерентности $l_{\text{ког}}$ со степенью монохроматичности света $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ и длиной волны λ :

$$l_{\text{ког}} \approx \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \quad (21)$$

И общее требование к оптическим установкам сводится к тому, что для получения отчетливой интерференционной картины оптическая разность хода световых волн ΔL должна быть меньше длины когерентности:

$$\Delta L < l_{\text{ког}} .$$

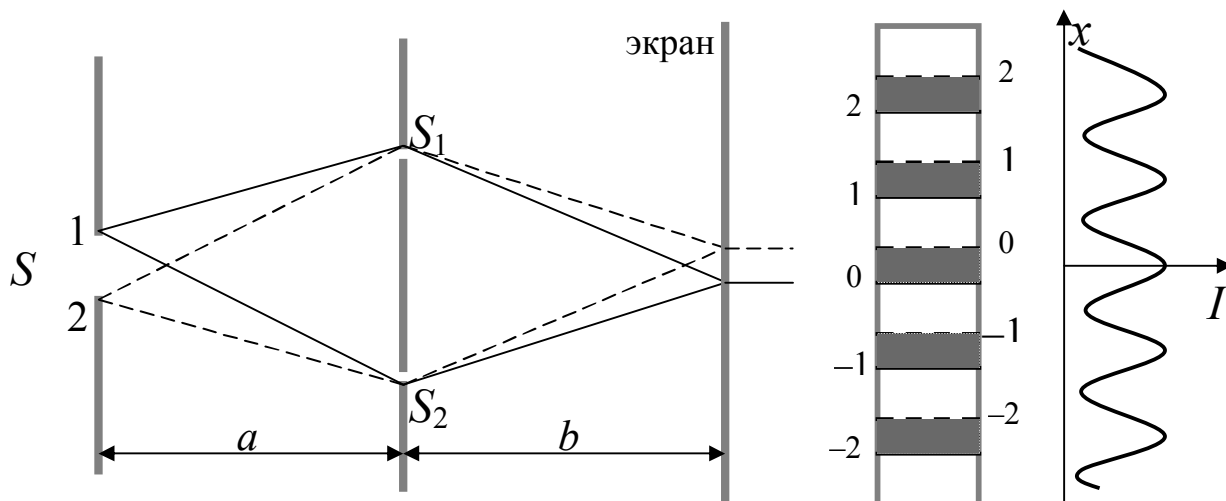


Рис. 5

Увеличение ширины D щели S в опыте с бипризмой Френеля (и в опыте Юнга (рис. 5)), как и уменьшение степени некогерентности света приводит к ухудшению (размытию) интерференционной картины на экране. Для оценки такого влияния ширины щели на результат интерференции представим, что в опыте используется монохроматическое излучение, а щель S (рис. 5) мысленно разобьем на совокупность более узких щелей. Пусть положение максимумов на экране от узкой щели, взятой около верхнего края щели S – точки 1 – таково, как показано на рис. 4 сплошными линиями. А максимумы от узкой щели, взятой вблизи нижнего края щели S – точки 2, будут смещены вверх (на рис. 4 они отмечены пунктирными линиями). Интервалы между этими максимумами заполнены максимумами от узких промежуточных щелей, расположенных между краями щели S (между точками 1 и 2).

При расширении щели S расстояния между максимумами от ее крайних элементов будут увеличиваться, т.е. интервалы между соседними максимумами от одного края щели будут постепенно заполняться максимумами от остальных элементов щели. Если расстояние от щели S до плоскости (S_1S_2) равно расстоянию от плоскости (S_1S_2) до экрана $a = b$, то при ширине D щели S , равной ширине интерференционной полосы $D = \Delta x$, интервал между соседними максимумами от края 1 будет целиком заполнен максимумами от остальных элементов щели, а значит, исчезнут интерференционные полосы на экране. Размытие наблюдаемых интерференционных полос можно объяснить и другим способом. Полосы размываются вследствие того, что вторичные источники S_1 и S_2 становятся некогерентными. Это позволяет ввести понятие **радиуса когерентности** $r_{\text{ког}}$, как максимальное поперечное направлению распространения волны расстояние, на котором возможно проявление интерференции. Тогда ширина когерентности будет равна:

$$h_{\text{ког}} = 2r_{\text{ког}}. \quad (22)$$

Для вычисления $h_{\text{ког}}$ запишем условие, при котором щели S_1 и S_2 становятся некогерентными источниками: $h_{\text{ког}} \approx d$, где d – расстояние между щелями. Так как интерференционная картина исчезает, когда ширина щели примерно равна ширине полосы ($D \approx \Delta x$), а ширина полосы равна $\Delta x = \lambda L/d$, то:

$$h_{\text{ког}} \approx d = \lambda L/\Delta x \approx \lambda L/D \quad (23)$$

или

$$h_{\text{ког}} \approx \lambda/\varphi \quad (24)$$

где φ – угловая ширина щели S .

Таким образом, ширина когерентности пропорциональна длине волны света и обратно пропорциональна угловой ширине источника относительно точки наблюдения.

Интерференционная картина, созданная когерентными световыми волнами от мнимых источников S_1 и S_2 , имеет вид чередующихся светлых и темных полос. Из распределения интенсивности света в этой картине можно

сделать вывод, что максимальный порядок интерференционного максимума m_{\max} , наблюдаемый на экране, связан с шириной щели D соотношением:

$$m_{\max} \leq \frac{d}{D} - 1. \quad (25)$$

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание экспериментальной установки

Принципиальная схема экспериментальной установки для определения длины световой волны с помощью бипризмы Френеля приведена на рис.10.

Основные элементы установки:

- 1 – окулярный микрометр,
- 2 – собирающая линза,
- 3 – бипризма Френеля,
- 4 – регулируемая оптическая щель,
- 5 – светодиод,
- 6 – оптическая скамья с измерительной шкалой.

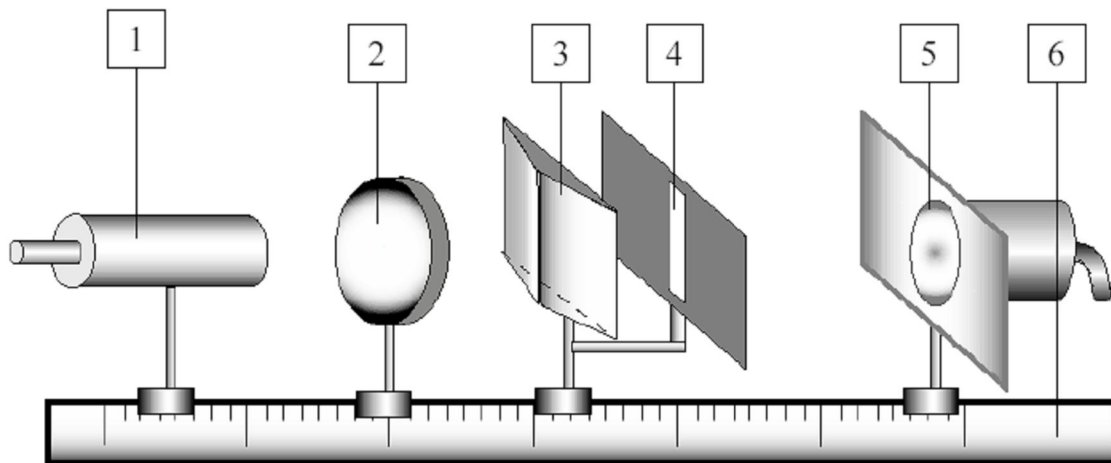


Рис. 6

Щель 4, ширина которой может изменяться микрометрическим винтом, служит для того, чтобы угловые размеры источника были малы, поскольку это является одним из условий повышения четкости интерференционной картины.

Вторым условием является монохроматичность излучения. Сочетание светодиода и щели позволяет считать источник точечным и монохроматичным, что соответствует использованной для расчетов теоретической модели.

Бипризма 3 установлена на одной со щелью подставке. При этом щель должна быть строго параллельна ребру бипризмы. Бипризма может перемещаться в горизонтальном направлении с помощью специального винта.

Собирающая линза 2 с известным фокусным расстоянием F используется только во второй части работы для получения изображения мнимых источников света S_1' и S_2' .

Окулярный микрометр 1 предназначен для измерения расстояния между изображениями мнимых источников S_1' и S_2' , а также для измерения ширины Δx интерференционных полос.

2.2. Порядок выполнения работы

1. Включить источник света 5. Выключить освещение в лаборатории (рис. 6).

2. Раскрыть щель 4 (рис. 6) на $D = 1,5\text{--}2$ мм.

3. Перемещая бипризму 3 (рис. 6) в поперечном направлении, добиться того, чтобы полоска света, идущая от щели, попала на грань бипризмы 3 параллельно ей (грань бипризмы находится в средней ее части).

4. Поставить линзу на скамью на расстоянии 30–50 см от окуляра.

5. С помощью листка белой бумаги проследить ход луча после линзы. Луч должен падать на центр линзы и, проходя через нее, оставаться в пределах оптической оси установки. Перемещая окуляр по вертикали и горизонтали, добиться того, чтобы луч попал в центр поля зрения окуляра.

6. Глядя в окуляр, плавно перемещать линзу в сторону бипризмы до тех пор, пока в поле зрения не появится две светлые полосы. Далее постепенно уменьшать ширину щели до тех пор, пока изображения щелей не станут минимальными по ширине с четкими границами.

7. Вращая барабан окулярного микрометра, навести визирную линию на изображение сначала источника S_1 , а затем S_2 и сделать отсчет по шкалам микрометра и барабана. Разность между этими отсчетами равна расстоянию d' между изображениями мнимых источников S_1 и S_2 . Затем по шкале оптической скамьи определяют расстояние l между собирающей линзой и окулярным микрометром. Измерения d' и l производят 5 раз, для различных положений линзы, перемещая ее по оптической скамье. Результаты этих измерений вносят в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений расстояний между изображениями мнимых источников и между линзой и окулярным микрометром

Измерение	$x_{\text{прав}},$ мм	$x_{\text{лев}},$ мм	$d'_i = x_{\text{прав}} - x_{\text{лев}},$ мм	$(d'_i - \langle d' \rangle)^2,$ мм ²	$l_i,$ мм	$(l_i - \langle l \rangle)^2,$ мм ²
1						
2						
3						
4						
5						

$$\langle d' \rangle = \dots \text{мм}, \quad \sum_{i=1}^5 (d'_i - \langle d' \rangle)^2 = \dots \text{мм}^2.$$

$$\langle l \rangle = \dots \text{мм}^2, \quad \sum_{i=1}^5 (l_i - \langle l \rangle)^2 = \dots \text{мм}^2.$$

9. Убрать собирающую линзу 2 вместе с подставкой с оптической скамьи.

10. С помощью белого листочка бумаги проследить ход луча после бипризмы. Перемещая окуляр микрометра 1 (рис. 6) по вертикали и горизонтали с помощью винтов, добиться того, чтобы луч попал в центр окуляра.

11. Глядя в окуляр, постепенно уменьшать ширину щели D до появления в поле зрения четкой картины чередующихся вертикальных темных и светлых (красных или зеленых) полос. Величину ширины щели D записать в отчет.

12. Измерить положение x интерференционной полосы. Для этого вращением рукоятки барабана окулярного микрометра устанавливают визирную линию на центр крайней левой отчетливо видимой темной полосы.

Сделать отчет по шкале микрометра и барабану, перемещая визир на вторую, третью и последующие темные полосы. Всего следует измерить 10 темных полос. Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений положения интерференционных полос

Номер полосы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Положение x интерференци- онной полосы, мм										

Измерить ширину Δx интерференционной полосы, т.е. расстояние между двумя соседними темными полосами. Для большей точности определения ширины интерференционной полосы Δx необходимо вычислить разность положений 1-й и 5-й, 2-й и 6-й, 3-й и 7-й и т.д. полос и разделить на 4. Результаты расчета ширины Δx интерференционных полос представляют в виде табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета ширины интерференционных полос

Полосы	$x_m - x_k$, мм	$\Delta x = \frac{x_m - x_k}{4}$, мм	$\Delta x_i - \langle \Delta x \rangle$, мм	$(\Delta x_i - \langle \Delta x \rangle)^2$, мм ²
5-1				
6-2				
7-3				
8-4				
9-5				

$$\langle \Delta x \rangle = \dots \text{ мм}, \quad \sum_{i=1}^5 (\Delta x_i - \langle \Delta x \rangle)^2 = \dots \text{ мм}^2.$$

13. Глядя в окуляр, установить максимальное число N наблюдаемых интерференционных полос (записать в отчет).

2.3. Расчет длины волны и оценка погрешности измерений

1. Расчет длины волны.

Используя средние значения $\langle \Delta x \rangle$, $\langle d' \rangle$, $\langle l \rangle$ из табл. 1 и 3, а также значение F , приведенное в перечне данных к установке, рассчитать длину волны $\langle \lambda \rangle$ света:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{\langle \Delta x \rangle \cdot \langle d' \rangle \cdot F}{\langle l \rangle^2}.$$

2. Расчет погрешности измерений длины волны.

Систематическими погрешностями при определении $\langle \Delta x \rangle$, $\langle d' \rangle$ и $\langle l \rangle$ можно пренебречь вследствие их малости, поэтому

$$\Delta_{\Delta x} = \varepsilon_{\Delta x} = t_{P,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \langle \Delta x \rangle)^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta_{d'} = \varepsilon_{d'} = t_{P,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d'_i - \langle d' \rangle)^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta_l = \varepsilon_l = t_{P,n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \langle l \rangle)^2}{n(n-1)}}$$

где $t_{p,n}$ – коэффициент Стьюдента; n – число измерений Δx , d' и l .

Доверительная граница γ относительной погрешности результата измерения длины волны света:

$$\gamma = \frac{\Delta\lambda}{\langle\lambda\rangle} = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\Delta x}}{\langle\Delta x\rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{d'}}{\langle d'\rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_F}{F}\right)^2 + 2\left(\frac{\Delta_l}{\langle l\rangle}\right)^2}.$$

Величина ΔF задается в таблице, прилагаемой к установке. Доверительная граница $\Delta\lambda$ абсолютной погрешности результата измерения λ равна:

$$\Delta\lambda = \gamma \cdot \langle\lambda\rangle.$$

3. Окончательный результат записать в виде:

$$\lambda = \langle\lambda\rangle \pm \Delta\lambda, \quad \text{при доверительной вероятности } P=0,95.$$

2.4. Расчет параметров когерентности

1. По величине максимального числа N наблюдаемых интерференционных полос установить m_{\max} – максимальный порядок интерференции, соответствующий еще видимой светлой полосе. Записать величину степени монохроматичности света:

$$\lambda/\Delta\lambda \approx m_{\max}.$$

2. Используя полученную величину длины волны света $\langle\lambda\rangle$, оценить длину когерентности $l_{\text{ког}}$:

$$l_{\text{ког}} \approx m_{\max} \cdot \lambda.$$

3. Рассчитать время когерентности $\tau_{\text{ког}}$:

$$\tau_{\text{ког}} = \frac{l_{\text{ког}}}{c}.$$

4. Сделать оценку величин радиуса и ширины когерентности:

$$r_{\text{ког}} \approx \langle d \rangle = \langle d' \rangle \frac{F}{\langle l \rangle - F},$$

$$h_{\text{ког}} = 2r_{\text{ког}}.$$

5. Используя значение ширины щели D , рассчитать максимальный порядок интерференционного максимума m'_{\max} , который можно наблюдать на экране:

$$m'_{\max} \leq \frac{\langle d \rangle}{D}.$$

Сравнить величину m'_{\max} с m_{\max} (максимальный порядок наблюдаемой в эксперименте интерференционной полосы).

6. Написать вывод.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 22

1. В чем заключается явление интерференции света?
2. Какие источники света являются когерентными?
3. Дайте определение оптической длине пути и разности фаз когерентных волн.
4. Запишите общее условие ослабления и усиления света при двухлучевой интерференции.
5. Что называется длиной и временем когерентности?
6. Как можно определить степень монохроматичности света?
7. Как определяют радиус и ширину когерентности?
8. В чем заключается метод расщепления волны, как на практике его можно реализовать?
9. Что представляет собой бипризма Френеля? Постройте ход световых лучей в опыте с бипризмой Френеля.
10. Что называется шириной интерференционной полосы и как она экспериментально определяется?
11. Как можно получить изображение мнимых источников света и определить расстояние между ними?
12. Описать распределение интенсивности света на экране с учетом дифракции. Назвать основные множители функции I распределения интенсивности.
13. Пояснить, как ширина щели D связана с максимальным порядком интерференционного максимума, который возможно наблюдать на экране.
14. Опишите кратко ход работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иродов И.В. Волновые процессы. Основные законы: Учеб. пособие для вузов. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 1999. С.81–100, С. 147–150, С. 217–218.
2. Курс физики: Учебник для вузов: В 2 т. Т.1 / Под ред. В.Н. Лозовского. СПб. : Изд-во "Лань", 2000. С. 490–500.
3. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. 3-е изд., испр. Высш. шк., 1994. С. 316–331.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2. М. : Наука, 1982. С. 347–374.
5. Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля: Методические указания к лабораторной работе № 22 / Ю.Г. Карпов, А.В. Михельсон. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 1995. 12 с.
6. Лабораторные занятия по физике/ под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983. 434 с.

Учебное издание

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ
БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ

Составители: **Папушина** Татьяна Ивановна

Ходак Екатерина Александровна

Редактор

Компьютерный набор *Н. Н. Суслиной*

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16.

Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 1,0.

Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620002, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 5
E-mail: rio@ustu.ru

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра УрФУ
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
E-mail.: press.info@usu.ru