

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М. В. Ломоносова

Физический факультет

кафедра общей физики и физики конденсированного состояния

Методическая разработка

по общему физическому практикуму

Лаб. работа № 76

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ
ИСТОЧНИКА СВЕТА С ПОМОЩЬЮ
БИЛИНЗЫ И БИПРИЗМЫ**

Описание составили

доцент Талалаева Е.В. и доцент Черникова Л.А.

Москва 2012 г.

Подготовил методическое пособие к изданию доц. Авксентьев Ю.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИСТОЧНИКА СВЕТА С ПОМОЩЬЮ БИЛИНЗЫ И БИПРИЗМЫ

В задаче изучаются интерференционные схемы с *билинзой* и *бипризмой*, которые сводятся к схеме с двумя когерентными точечными источниками света. Из теории следует, что при соответствующем наблюдении интерференционной картины выполняется соотношение

$$\lambda = \frac{l}{D} \Delta y, \quad (1)$$

где λ — длина световой волны источника света, Δy — ширина интерференционной полосы, l — расстояние между когерентными источниками, D — расстояние от этих источников до плоскости, в которой наблюдается интерференционная картина. Формула (1) позволяет определить длину световой волны источника, что и является основной целью задачи.

В схеме с бипризмой изображения щели мнимые, поэтому расстояние между ними нельзя измерить непосредственно. Покажем, что эти изображения S_1 и S_2 находятся на том же расстоянии от бипризмы d , что и щель S , и выведем формулу для расстояния l между ними. Выбрав систему координат как показано на рис. 1а, найдем уравнение $y(x)$ лучей, преломленных верхней на этом рисунке половиной бипризмы. Луч, падающий на бипризму под углом i , после двукратного преломления на ее гранях составит с осью x угол < 0 и отсекает на оси y отрезок

$d \operatorname{tg} i$, где d — расстояние от щели до бипризмы (толщиной бипризмы пренебрегаем ввиду малости преломляющего угла β). Поэтому уравнение прямой, по которой распространяется луч, имеет вид: $y = (-\operatorname{tg} \varphi)x + d \operatorname{tg} i$. Все углы, задействованные в задаче, малы вследствие достаточной удаленности щели от бипризмы и малости угла, так что для них $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$ и уравнение

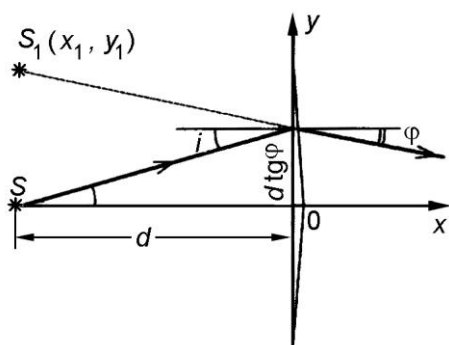


Рис. 1а

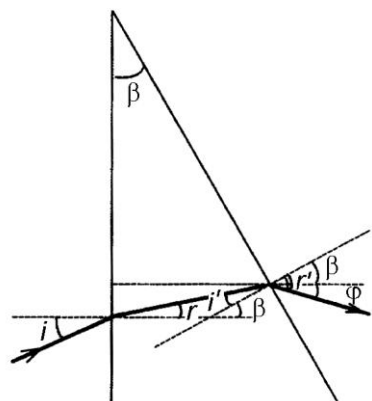


Рис. 1б

преломленных лучей принимает вид: $y = (-\varphi)x + id$. Используя дважды закон преломления $\sin i / \sin r = n$ и $\sin i' / \sin r' = n$, в котором заменим синусы углов на

сами углы, и два соотношения между углами: $i' = \beta - r$ и $\varphi = r' - \beta$, вытекающие из рис.1б, имеем систему уравнений: $i/r = n$, $i'/r' = 1/n$, $i' = \beta - r$, $\varphi = r' - \beta$ из которой находим: $\varphi = \beta(n-1) - i$, и уравнение преломленных лучей принимает окончательный вид: $y(x) = [\beta(n-1) - i]x + id$, где угол падения i входит как параметр.

Изображение S_1 источника света находится в точке с координатами x_1 , y_1 , в которой пересекаются направления лучей, т.е. в которой значение координаты y одинаково для всех лучей пучка, независимо от угла падения $i[y(x_1) = y_1]$. Независимость координаты y от i означает, что в этой точке $dy/di = 0$. Дифференцируя функцию $y(x)$ по i , имеем: $x + d = 0$, откуда $x_1 = -d$. Подставляя это значение x_1 в формулу для $y(x)$, находим координату y_1 изображения: $y_1 = d(n-1)\beta$. Изображение S_1 мнимое, так как в точке (x_1, y_1) пересекаются не сами лучи, а их мысленные продолжения. Из соображений симметрии очевидно, что продолжения лучей, преломленных другой половиной бипризмы, пересекаются в точке S_2 , расположенной симметрично с точкой S_1 относительно оси Ox (рис.2). Таким образом, доказано, что бипризма с малым преломляющим углом дает два мнимые изображения удаленного источника света, находящиеся на том же расстоянии d от бипризмы, что и сам источник, и на расстоянии

$$l = 2d(n-1)\beta \quad (2)$$

друг от друга.

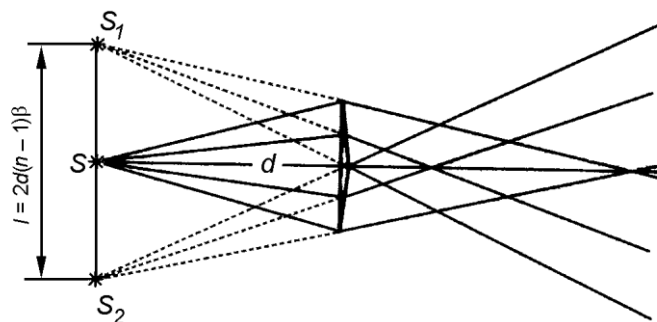


Рис. 2

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Интерференционная схема представлена на рис.3. В качестве источника света используется узкая вертикальная щель, освещаемая натриевой лампой, которая испускает практически монохроматический свет. Щель снабжена винтом, регулирующим ее ширину. Для измерения ширины интерференционных полос и расстояний между вторичными источниками света используется окулярный микрометр. Все детали установки размещены на оптической скамье, снабженной сантиметровыми делениями. Оправы с билинзой, бипризмой и окулярный микрометр укреплены на вертикальных

стержнях – держателях, установленных на рейтерах. Рейтеры могут свободно перемещаться вдоль оптической скамьи. Билинза и микрометр имеют еще и горизонтальные винтовые салазки, позволяющие перемещать их в горизонтальном направлении перпендикулярно оптической скамье, что необходимо для юстировки всей установки.



Рис. 3

Упражнение № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИСТОЧНИКА СВЕТА С ПОМОЩЬЮ БИЛИНЗЫ

Первый способ

Билинза располагается на расстоянии от щели, большем фокусного расстояния линзы, и доли билинзы раздвинуты по отношению к их положению в целой линзе. Ход лучей представлен на рис.4: S — источник света (щель), и — два его действительные изображения, а область интерференции заштрихована. Подготовка схемы к измерениям осуществляется по инструкции, которая выдается лаборантом непосредственно перед выполнением задачи.

Измерения

Согласно формуле (1), для определения λ необходимо измерить величины Δy , D и l .

Ширина интерференционной полосы Δy рассчитывается следующим образом. Глядя в окуляр и вращая барабан окулярного микрометра, наводят перекрестие нитей на одну из темных линий (минимум) интерференционной картины и записывают отсчет y_0 по шкале барабана в мм (цена деления шкалы 0,01 мм). Затем перемещают перекрестие нитей на пять интерференционных полос, т.е. наводят его на пятую, не считая исходной, темную полосу и записывают второй отсчет y_5 . Очевидно,

$$\Delta y = \frac{|y_5 - y_0|}{5}.$$

Измерения повторяют не менее пяти раз, каждый раз для группы из пяти интерференционных полос, вычисляют среднее значение Δy и оценивают погрешность измерения.

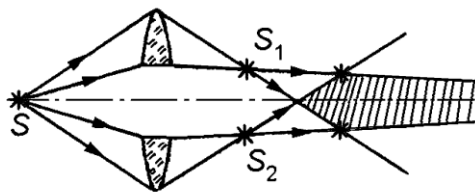


Рис. 4

Для измерения D регистрируют исходное положение окулярного микрометра, записывая отсчет по шкале оптической скамьи (в мм). Затем передвигают микрометр в направлении к билинзе и регистрируют его положение, при котором появляющиеся в поле зрения изображения щели (две желтые полосы) наиболее узкие и четкие. Разность этих отсчетов определит искомое расстояние D между интерференционной картиной и изображениями S_1 и S_2 щели.

Для измерения расстояния l между изображениями щели наводят перекрестие нитей микрометра поочередно на изображения щелей и берут разность отсчетов в мм.

Вычисления

Подставляя в формулу (1) измеренные значения D , l и среднее значение Δy , находят искомую длину волны λ . Оценивают погрешность измерения λ .

Второй способ

Если доли билинзы сближены по сравнению с их положением в целой линзе, то область перекрывания световых пучков, где может наблюдаться

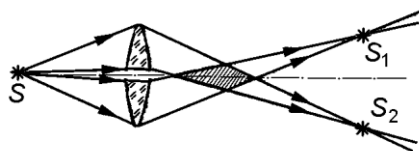


Рис. 5

интерференционная картина, находится между билинзой и действительными изображениями S_1 и S_2 щели S , как это видно из рисунка 5. Руководствуясь инструкцией, осуществляют необходимые изменения в схеме, добиваясь появления четкой интерференционной картины.

Все измерения, запись результатов и расчеты проводятся аналогично первому способу.

Упражнение №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИСТОЧНИКА СВЕТА С ПОМОЩЬЮ БИПРИЗМЫ

Длина световой волны λ источника вычисляется по формуле (1). Ширина Δu интерференционной полосы измеряется аналогично упр.1.

Мнимые изображения S_1 и S_2 щели лежат в одной плоскости со щелью S (рис. 2), поэтому D в формуле (1) есть расстояние между щелью и наблюдаемой интерференционной картиной, расположенной в фокальной плоскости окуляра, — его измеряют линейкой. Расстояние $l = S_1 S_2$ между мнимыми изображениями щели вычисляют по формуле (2). Расстояние d от щели до бипризмы измеряют линейкой, а значения показателя преломления n стекла и преломляющего угла β бипризмы указаны на рейтере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Д.В. Электромагнетизм и волновая оптика.— МГУ, 1994: Введение (с.124), §§ 16–20. или

2. Белов Д.В., Пустовалов Г.Е. Оптика (ч. IY Краткого курса общей физики).— МГУ, 1982: Введение, § 1–5.

3. Савельев И.В. «Курс общей физики». Учебное пособие в 5-и книгах. Кн. 4. «Волновая оптика». М. Наука. Физматгиз 1998 г.

Ч. II Оптика.

Гл. 4 Интерференция света.

4.1 - Интерференция световых волн ... стр. 93.

4.2 - Когерентность. ... стр. 99.

4.3 - Способы наблюдения интерференции света ... стр. 108.

4.4 – Интерференция света при отражении от тонких пластинок ... стр. 111.