

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ

Филиал Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Московский энергетический институт  
(технический университет)»  
в г. Волжском

Кафедра «Механика и материаловедение»

**В.П. Мельников**  
**М.И. Дмитрук**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ  
ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА ПРИ ПОМОЩИ  
БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ**

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы № 35  
по курсу «Физика»

Рецензент:

*Петухов И.М.* – канд. техн. наук, доцент кафедры ТЭС  
филиала ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском.

**Определение длины волны излучения лазера при помощи бипризмы Френеля:** Методические указания к выполнению лабораторной работы № 35 по курсу «Физика» / Сост. Мельников В.П., Дмитрук М.И. – Волжский: Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2007. – 8 с.

При выполнении лабораторной работы студенты наблюдают на экране явление интерференции в результате прохождения света через бипризму Френеля, определяют длину волны излучения лазера.

Работа предназначена для студентов 2 курса дневной и вечерней формы обучения всех специальностей.

УДК 532  
Л 125

© Мельников В.П., 2007.  
© Дмитрук М. И., 2007.  
© Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)»  
в г. Волжском, 2007.

# 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение интерференции света в схеме с бипризмой Френеля и измерение длины волны лазерного излучения интерференционным методом.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

При наложении двух волн имеет место усиление этих волн в одних точках пространства и ослабление в других. Это явление называется *интерференцией света*. Необходимым условием интерференции волн является их *когерентность*, то есть волны должны иметь одинаковую частоту и постоянную во времени разность фаз.

Для получения когерентных волн и наблюдения интерференционной картины в данной работе используется бипризма Френеля. По полученной интерференционной картине определяется длина волны источника света – *лазера*.

## 3 ОПИСАНИЕ МЕТОДА И УСТАНОВКИ

Оптическая схема установки представлена на рис. 1. Пучок света, выходящий из лазера 1, проходит через щель 2 и попадает на бипризму 3. Щель имеет плавную регулировку ширины. Линза 4 используется для получения на экране 5 увеличенной картины интерференционных полос.

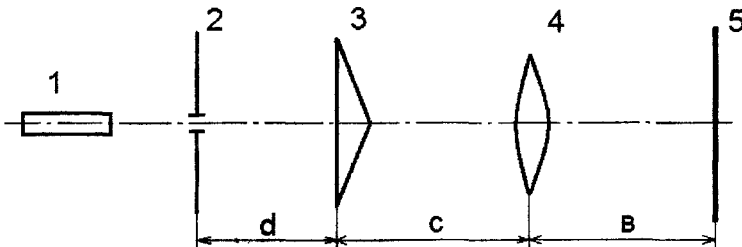


Рис. 1

*Бипризма* представляет собой две одинаковые, сложенные основаниями призмы с малым преломляющим углом  $\theta \sim 20'$ . Свет от щели после преломления в бипризме разделяется на два пучка, как бы исходящих из двух мнимых изображений щели  $S'$  и  $S''$  (рис. 2). Источники  $S'$  и  $S''$  когерентны, так как имеют общий источник, поэтому в области перекрывания пучков будет наблюдаться интерференция. В плоскости PQ, перпендикулярной оптической оси, интерференционная картина имеет вид чередующихся светлых и тёмных полос, параллельных щели S.

Ширина интерференционной полосы:

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{l}, \quad (1)$$

где  $l$  – расстояние между мнимыми источниками  $S'$  и  $S''$ ;

$L$  – расстояние от источников до плоскости, в которой наблюдается интерференционная картина.

Расстояние между мнимыми источниками  $l$  можно определить, зная преломляющий угол бипризмы  $\theta$  и её показатель преломления  $n$ . В случае, если преломляющий угол бипризмы мал и лучи падают на бипризму под небольшими углами, все лучи отклоняются бипризмой почти на одинаковый угол  $\delta = \theta(n - 1)$ . При этом изображения щели  $S'$  и  $S''$  лежат в одной плоскости с  $S$ .

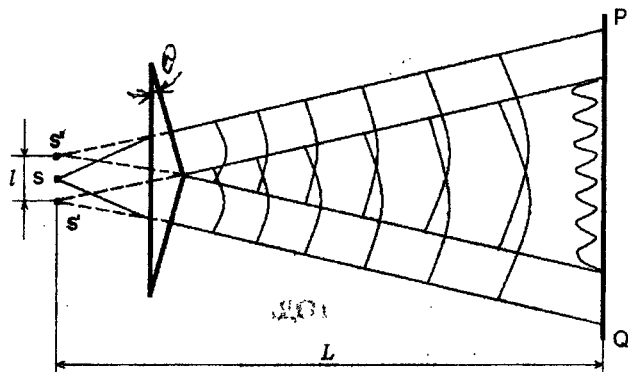


Рис. 2

Как видно из рис. 3, расстояние между мнимыми источниками равно:

$$l = 2d \cdot \text{tg} \delta \approx 2d \cdot \delta = 2d(n - 1)\theta, \quad (2)$$

где  $d$  – расстояние от щели до бипризмы.

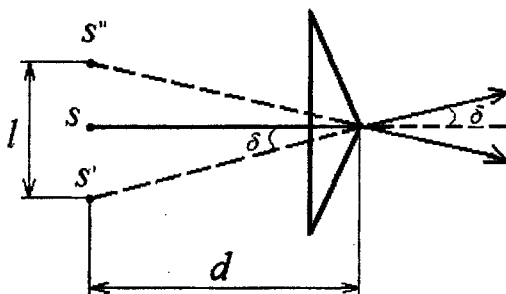


Рис. 3

Из формул (1) и (2) получим выражение для длины волны:

$$\lambda = 2d(n - 1)\theta \frac{\Delta x}{L}. \quad (3)$$

Ширина интерференционной полосы  $\Delta x$  мала, поэтому для её определения в работе используется короткофокусная линза 4 (рис. 4), дающая на экране 5 увеличенное изображение интерференционных полос, возникающих в области между бипризмой и линзой (обозначения рис. 4 соответствуют обозначениям рис. 1).

Из рис. 4 видно, что ширина интерференционной полосы  $\Delta x$ , входящая в формулу (3), выражается через ширину полосы на экране  $\Delta x'$  следующим образом:

$$\Delta x = \frac{a}{b} \Delta x'.$$

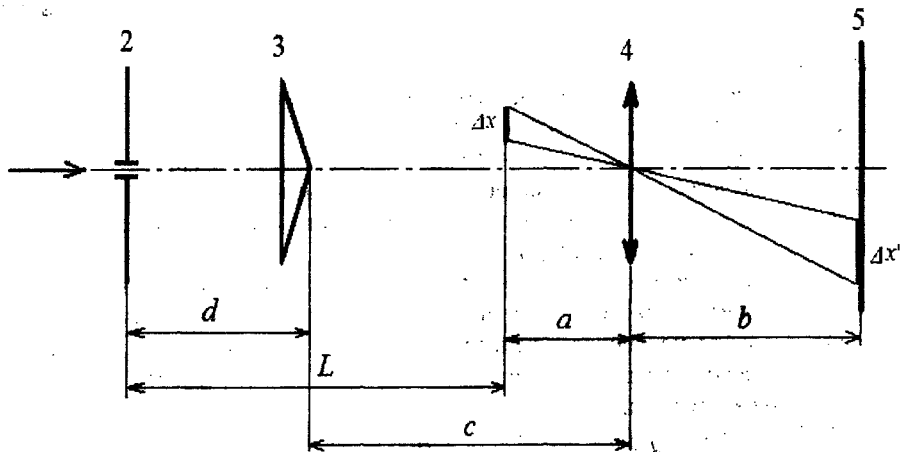


Рис. 4

Неизвестное расстояние  $a$  можно найти с помощью формулы для тонкой линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ , откуда  $a = bf / (b - f)$ , следовательно:

$$\Delta x = \frac{f}{b - f} \Delta x'. \quad (4)$$

Из рис. 4 видно, что

$$L = d + c - a = d + c - \frac{bf}{b - f} = \frac{(d + c)(b - f) - bf}{b - f}. \quad (5)$$

Подставив выражения (4) и (5) в формулу (3), окончательно получим:

$$\lambda = \frac{2d(n - 1)\theta f \Delta x'}{(d + c)(b - f) - bf}. \quad (6)$$

Зная показатель преломления бипризмы  $n$ , её преломляющий угол  $\theta$ , фокусное расстояние линзы  $f$  и измерив ширину интерференционной полосы на экране  $\Delta x'$  и расстояния  $b$ ,  $c$  и  $d$ , можно по формуле (6) определить длину волны лазерного излучения.

## 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

рис. 4

1. Установить приборы на оптической скамье, согласно рис. 1. Примерные установочные размеры:  $b = 400$  мм,  $c = 200$  мм,  $d = 200$  мм. Центры всех приборов должны находиться на одинаковой высоте.

2. Включить лазер: блок питания подключить к сети 220 В.

3. Произвести юстировку установки. С помощью юстировочных винтов лазерного столика добиться, чтобы луч лазера попадал на щель, а наиболее интенсивная часть светового потока после щели попадала в центр линзы. Перемещая бипризму поперёк оптической оси, вывести общую грань бипризмы на середину интенсивной части светового пучка.

4. Установить такую ширину щели, чтобы интерференционные полосы на экране были чёткими и в то же время достаточно яркими.

5. Перемещая линзу вдоль оптической оси добиться, чтобы полосы в центре картины были одинаковы по ширине.

6. Измерить и занести в таблицу расстояния  $b$ ,  $c$ ,  $d$ . При определении  $d$  необходимо учесть, что положение щели на оптической оси не совпадает с положением указателя на рейтере щелевой диафрагмы. В расстояние, измеренное между указателями на рейтерах щели и бипризмы, нужно внести поправку на толщину держателя щели.

7. Определить ширину интерференционной полосы на экране  $\Delta x'$  (рис. 5). Для этого по шкале на экране измерить расстояние  $x'$  между серединами двух тёмных полос, разделённых  $m$  светлыми полосами, одинаковыми по ширине. Определить  $\Delta x' = x'/m$ , результат занести в таблицу.

8. Повторить опыт ещё 2 раза: изменить расстояния  $b$ ,  $c$ ,  $d$  и выполнить п. 5, 6, 7.

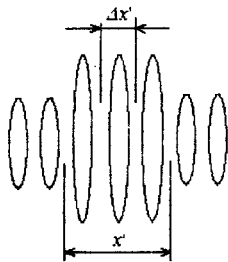


Рис. 5

рис. 5

## 5 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА И ТАБЛИЦА ИЗМЕРЕНИЙ

$n = 1,5$  – показатель преломления стекла бипризмы;

$\theta = 20' = 0,058$  рад – угол преломления бипризмы;

$f = 13$  мм – фокусное расстояние линзы.

№ опыта	$\Delta x'$	$b$	$c$	$d$	$\lambda$

## 6 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАМЕРОВ

1. По формуле (6) рассчитать длину волны лазерного излучения для трёх опытов. Результат записать в таблицу в нанометрах.
2. Найти среднее значение длины волны по результатам 3-х опытов.
3. Рассчитать погрешность  $\Delta\lambda$ :

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{ср}} \sqrt{\left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x''}{x'}\right)^2},$$

где  $\Delta b = \Delta c = \Delta d = 5$  мм – погрешность измерения величин  $b, c, d$  по шкале на оптической скамейке;

$\Delta x'' = 0,5$  мм – погрешность измерения величины  $x'$  по шкале экрана.

Величины  $b, c, d, x'$  взять из 1-го опыта.

4. Записать окончательный результат с учётом погрешности.

## 7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется длиной волны? Какая связь между длиной волны и частотой света?
2. Что такое бипризма Френеля? Какими параметрами она характеризуется?
3. Что происходит со светом при прохождении через бипризму?
4. Что называется интерференцией света? Какой свет может её образовывать?
5. Какие источники света называются когерентными?
6. Назовите способы получения когерентных волн.
7. Где используется интерференция света?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Детлаф А.А. Курс физики, Т. 3. – М.: Высшая школа, 1979. – С. 82-102.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель работы.....	1
2. Теоретические основы работы.....	1
3. Описание метода и установки.....	1
4. Порядок выполнения работы.....	6
5. Исходные данные для расчёта и таблица измерений.....	6
6. Обработка результатов замеров.....	7
7. Контрольные вопросы.....	7
Список литературы.....	7

**Мельников Валентин Петрович  
Дмитрук Максим Игоревич**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА ПРИ ПОМОЩИ БИПРИЗМЫ ФРЕНЕЛЯ**

Методические указания

Редактор *Халдеева Г.П.*  
Компьютерная верстка *Юриной В.В.*

Подписано в печать 13.03.2007. Формат 60×90<sub>1/16</sub>.  
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 0,5.  
Тираж 100 экз. Заказ № 261.

Издатель Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском  
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.  
Отпечатано Филиал ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском  
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.