

**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  
Е.В. Мурзина**

**ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА  
НА ЩЕЛИ И ДВУХ ЩЕЛЯХ**

**Методические указания к выполнению  
лабораторной работы № 36  
по курсу «Физика»**

Рецензент:

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

**Изучение дифракции Фраунгофера на щели и на двух щелях:** Методические указания к выполнению лабораторной работы № 36 по курсу «Физика» / Сост. *Мельников В.П., Мурзина Е.В.* – Волжский: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2008. – 7 стр.

При выполнении работы студенты изучают явление дифракции при прохождении света через узкие щели, наблюдают на экране дифракционную картину, определяют ширину щели и расстояние между двумя щелями.

Работа предназначена для студентов 2 курса очной и очно-заочной (вечерней) форм обучения всех специальностей.

Рекомендовано к использованию в учебном процессе Учебно-методическим советом филиала ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском.

УДК 532  
Л 125

© Мельников В.П., 2008  
© Мурзина Е.В., 2008  
© Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)»  
в г. Волжском, 2008

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение дифракции Фраунгофера на щели и на двух щелях.

Определение ширины щелей и расстояния между ними по дифракционной картине.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

*Дифракцией* называется явление отклонения направления света от прямолинейности при распространении в среде с резко выраженными неоднородностями. Такими неоднородностями могут быть узкие щели, маленькие отверстия, тонкие препятствия. Размеры этих неоднородностей должны быть соизмеримыми с длиной волны  $\lambda$ .

В данной работе рассматриваются случаи дифракции при прохождении плоской волны сквозь щель и две щели в непрозрачном экране.

Установим на пути распространения плоской волны экран, в котором прорезана щель, имеющая постоянную ширину  $a$  (рис. 1). В соответствии с принципом Гюйгенса – Френеля точки щели являются вторичными источниками волн, колеблющимися в одной фазе, так как плоскость щели совпадает с фронтом падающей волны. Вследствие дифракции на узкой щели в фокальной плоскости линзы  $L$  или на бесконечности будет наблюдаться система дифракционных максимумов, разделённых тёмными промежутками дифракционных минимумов, с распределением интенсивности света, показанным на рис. 2.

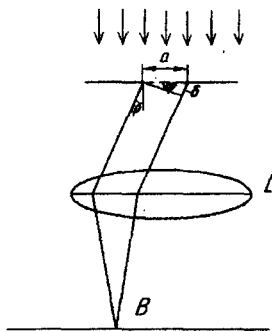


Рис. 1

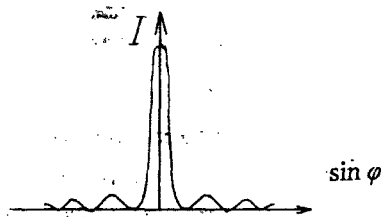


Рис. 2

В точке  $B$  в фокальной плоскости линзы  $L$  собираются все параллельные лучи, падающие на линзу под углом  $\varphi$  к её оптической оси.

Оптическая разность хода  $\delta$  между крайними лучами, идущими от щели в этом направлении равна

$$\delta = a \sin \varphi.$$

Положение дифракционных максимумов определяется соотношением

$$a \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (1)$$

Величина  $m = 1; 2; \dots$  называется *порядком дифракционного максимума*.

Положение дифракционных минимумов определяется соотношением

$$a \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2}, \quad m = 1; 2; \dots \quad (2)$$

Если на пути распространения плоской волны поставить экран с двумя параллельными щелями одинаковой ширины  $a$  (рис. 3), то на бесконечности или в фокальной плоскости линзы  $L$  будет наблюдаться дифракционная картина с распределением интенсивности света, представленным на рис. 4 (сплошная кривая). Пунктирной линией показано распределение интенсивности света в дифракционной картине от одной щели. На месте дифракционного максимума, наблюдающегося при дифракции от одной щели, при дифракции на двух щелях наблюдается ряд дифракционных максимумов и дополнительных минимумов. Эти максимумы (главные) и минимумы (побочные) образуются в результате интерференции волн, дифрагированных под углом  $\varphi$  от двух щелей. Разность хода при дифракции на двух щелях  $\Delta = (a + b) \sin \varphi$ .

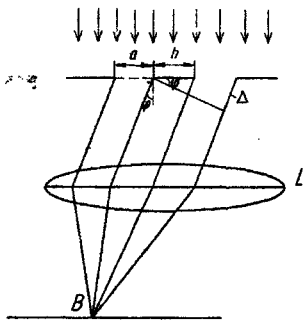


Рис. 3

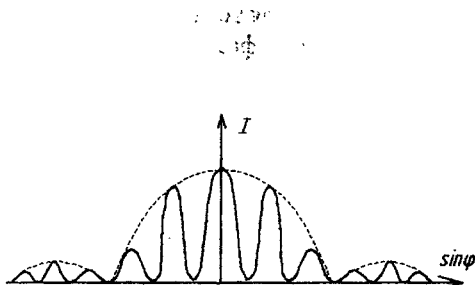


Рис. 4

Условия главных максимумов для двух щелей выражается соотношением

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda, \quad m = 0; 1; 2; \dots, \quad (3)$$

где  $d = a + b$  – расстояние между серединами щелей;  $b$  – ширина непрозрачного промежутка между щелями.

Условие для побочных минимумов выражается соотношением

$$d \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0; 1; 2; \dots \quad (4)$$

### 3 ОПИСАНИЕ МЕТОДА И УСТАНОВКИ

На оптической скамье устанавливаются приборы, согласно рис. 5. Источником монохроматических волн является лазер 1, который подключается к сети 220 В через блок питания. Свет падает нормально на пластинку 2, в которой имеются одна щель шириной  $a$  и две щели той же ширины с расстоянием  $d$  между центрами щелей. Луч направляется на одну или две щели с помощью двух регулировочных винтов: для горизонтального и вертикального перемещения. Пройдя через щели,

свет попадает на экран 3, который устанавливается на достаточно большом расстоянии  $L$  от щелей.

В этом случае на экране будет наблюдаться дифракционная картина в виде чередующихся светлых полос (максимумов) и темных промежутков (минимумов). *Шириной дифракционного максимума  $\Delta X$*  называется расстояние между двумя ближайшими к нему дифракционными минимумами (рис. 6). Для измерений на экране имеется миллиметровая шкала.

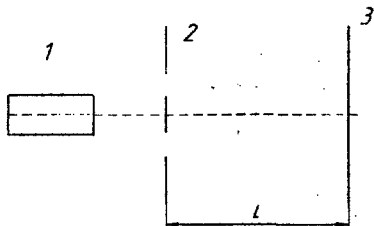


Рис. 5

По картине дифракции от данной щели (рис. 6), исходя из условия (2), можно определить ширину щели  $a$ . Измерив ширину дифракционного максимума  $\Delta X$  по шкале на экране и расстояние  $L$  между экраном и щелью по линейке на оптической скамье, определяют  $a$  по формуле

$$a = \frac{2\lambda L}{\Delta X}. \quad (5)$$

По дифракционной картине от двух щелей (рис. 7), исходя из условия (4), можно определить расстояние между центрами щелей  $d$  по формуле

$$d = \frac{\lambda L}{\delta X}, \quad (6)$$

где  $\delta X$  – ширина главного максимума.

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить приборы на оптической скамье, согласно рис. 5. Расстояние  $L = 800$  мм.
2. Включить лазер. Для этого подключить блок питания к сети 220 В.
3. С помощью регулировочных винтов направить луч лазера на одну щель. При этом на экране должна наблюдаться дифракционная картина (рис. 6).

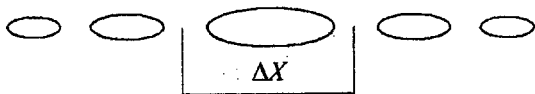


Рис. 6

4. Измерить по шкале на экране ширину дифракционного максимума  $\Delta X$ . Результат, измеряя, занести в таблицу 1.

5. Повторить измерения ещё 2 раза: при  $L = 700$  мм и  $L = 500$  мм.

6. Снова установить пластинку со щелями на расстоянии  $L = 800$  мм от экрана.

7. С помощью регулировочного винта направить луч лазера на две щели и получить на экране дифракционную картину (рис. 7).

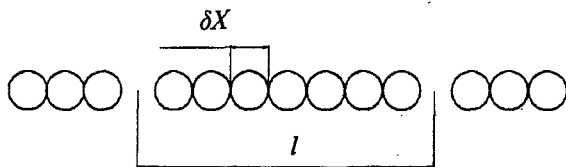


Рис. 7

8. По шкале на экране измерить длину  $l$ , на которой расположены  $n$  главных максимумов (рис. 7).

9. Величины  $l$ ,  $n$ ,  $L$  занести в таблицу 2.

10. Повторить измерения ещё 2 раза: при  $L = 700$  мм и  $L = 500$  мм.

## 5. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА И ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАМЕРА

$\lambda = 633$  нм – длина волны излучения лазера.

Таблица 1

№ замера	$\Delta X$ , мм	$L$ , мм	$a$ , мм
1			
2			
3			
			$a_{\text{ср}} =$

Таблица 2

№ замера	$l$ , мм	$n$ , мм	$L$ , мм	$\delta X$ , мм	$d$ , мм
1					
2					
3					
					$d_{\text{ср}} =$

## 6. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАМЕРОВ

1. По формуле (5) определить ширину щели  $a$ , результат занести в таблицу 1.

2. Найти среднее значение  $a$  из трёх замеров.

3. Определить ширину главного максимума  $\delta X$  для двух щелей:

$$\delta X = \frac{l}{n}$$

Результаты занести в таблицу 2.

4. По формуле (6) определить расстояние  $d$  между центрами щелей.
5. Найти среднее значение  $d$  трёх замеров.
6. Найти погрешность определения величин  $a$  и  $d$ :

$$\Delta a = a \sqrt{\left(\frac{\Delta X'}{\Delta X}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2}, \quad \Delta d = d \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2},$$

где  $\Delta X' = \Delta l = 0.5$  мм – погрешность измерения величины  $\Delta X$  и  $l$  на экране;  $\Delta L = 5$  мм – погрешность измерения величины  $L$  по линейке на оптической скамье.

Величины  $\Delta X$ ,  $l$  и  $L$  берутся минимальными из трёх замеров.

7. Записать окончательный результат расчёта  $a$  и  $L$  с учётом погрешности:

$$a = a_{\text{ср}} \pm \Delta a; \quad d = d_{\text{ср}} \pm \Delta d.$$

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определить ширину щели по дифракционной картине?
2. Как определить расстояние между щелями по дифракционной картине?
3. Что называется дифракцией Фраунгофера? Примеры дифракции.
4. Чем различается дифракция на щели и на двух щелях?
5. Что такое ширина дифракционного максимума?
6. В чём заключается принцип Гюйгенса – Френеля?
7. Условия дифракционных максимумов и минимумов для щели.
8. Условия главных максимумов и побочных минимумов для двух щелей.

## ЛИТЕРАТУРА

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

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

**Мельников Валентин Петрович**  
**Мурзина Екатерина Вячеславовна**

### **ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА НА ЩЕЛИ И НА ДВУХ ЩЕЛЯХ**

Методические указания

Редакторы: *Халдеева Г.П., Юрина В.В.*

Подписано в печать 08. 08. 2008. Формат 60×90<sub>1/16</sub>.

Печать ризографическая. Усл. печ. л. 0,5.

Тираж 100 экз. Заказ № 298.

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