

# Лабораторная работа 4 (2.4)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИИ СВЕТОВЫХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРА

Цель работы: изучение дифракции Фраунгофера от щели и дифракционной решетки в когерентном свете лазера; определение длины световой волны и ширины щели.

### Общие сведения

Дифракция Фраунгофера наблюдается в параллельных лучах, получаемых с помощью оптических систем – коллиматоров. При использовании лазера оптическая система значительно упрощается, так как излучаемые лазером когерентные световые лучи являются параллельными и не требуют применения оптических систем для их коллимации.

Схема наблюдения дифракции Фраунгофера от одной щели или от дифракционной решетки представлена на рис. I. Пучок параллельных лучей от лазера I падает нормально на объект дифракции 2 (щель или решетку).

Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка плоскости щели становится источником вторичных волн, распространяющихся во все стороны, т.е. свет дифрагирует при прохождении щели. Дифрагированные волны являются когерентными, так как они образовались путем деления фронта падающей плоской волны, а следовательно, они могут интерферировать в области их наложения. Интерференционная картина в виде периодического распределения интенсивности наблюдается на экране 3, находящемся на расстоянии  $l$  от плоскости щели.

Дифракция Фраунгофера наблюдается только в параллельных лучах, поэтому расстояние  $l$  до экрана 3 должно быть значительно больше ширины щели  $b$ :  $l \gg b^2/\lambda$ .

В этом случае лучи, идущие к экрану 3, будут практически параллельны.

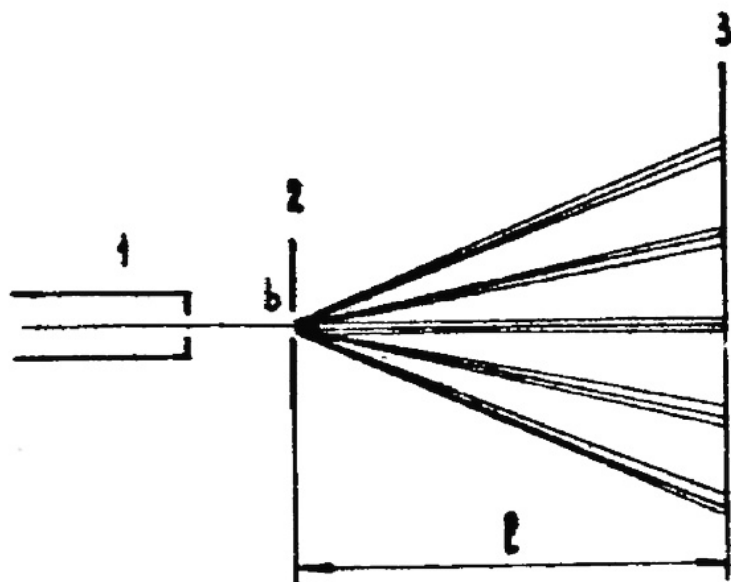


Рис. I

Условие минимумов интенсивности при дифракции от одной щели и условие максимумов от дифракционной решетки выражаются в виде (см. работу № 3):

$$b \sin \varphi_m = \pm m\lambda; \quad m = 1, 2, 3, \dots; \quad (1)$$

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

где  $\varphi_m$  – угол дифракции, в направлении которого возникает соответственно минимум интенсивности  $m$ -го порядка при дифракции на щели или главный максимум  $m$ -го порядка при дифракции на решетке.

### Приборы и принадлежности

Источник света – гелий-неоновый лазер; раздвижная микрометрическая щель; прозрачная одномерная дифракционная решетка; экран со шкалой.

### Описание установки

Установка собирается на оптической скамье по схеме рис.1. Лазер 1 устанавливается на оптической скамье так, чтобы часть скамьи (не менее 1 м) оставалась свободной. На свободном конце скамьи устанавливаются два рейтера: один с объектом дифракции 2 (щель или решетка), другой с экраном 3. Для отсчета положения рейтеров оптическая скамья снабжена отсчетной линейкой длиной 1,5 м с ценой деления 1 мм. Для отсчета положений минимумов и максимумов интенсивности экран снабжен шкалой с ценой деления 1 мм.

### Порядок выполнения работы

Задание 1. Определение длины волны излучения лазера с помощью дифракционной решетки.

1. Установить рейтер с дифракционной решеткой на оптическую скамью на расстоянии не менее 200 мм.

2. Включить лазер и направить пучок света от лазера на дифракционную решетку.

3. Пользуясь регулировочными винтами, установить решетку перпендикулярно световому пучку, направив отраженные лучи обратно в выходное отверстие лазера.

4. Измерить по шкале экрана расстояния  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  между 1-ми, 2-ми и 3-ми максимумами интенсивности, симметрично расположенными относительно центрального (нулевого) максимума, а по отсчетной линейке оптической скамьи – расстояние  $l$  от дифракционной решетки до экрана (рис.2).

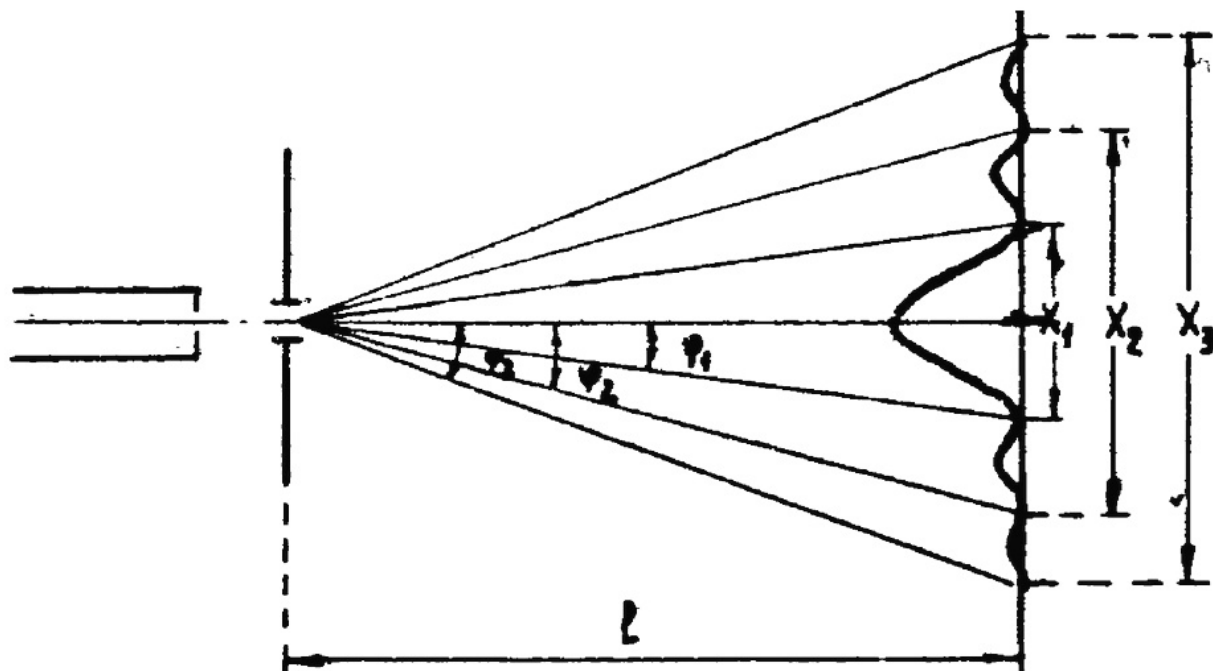


Рис. 2

5. Определить длину волны излучения лазера по формуле  $\lambda = \frac{dX_m}{2\ell \cdot m}$ , полученной из условия главного максимума (2) для дифракционной решетки, в которой для небольших порядков  $m$  можно положить:  $\sin \varphi_m \approx \operatorname{tg} \varphi_m = \frac{X_m}{2\ell}$ .

6. Определить среднее значение длины волны и оценить погрешность измерения.

**Задание 2.** Определение ширины щели  $b$  по известному значению длины волны  $\lambda$ .

1. Заменить рейтер с дифракционной решеткой на рейтер с микрометрической щелью. Установить щель перпендикулярно световому пучку, так чтобы пучок полностью перекрывал щель по ширине.

2. С помощью микрометрического винта щели установить минимальную ширину щели, при которой видна отчетливая дифракционная картина.

3. Измерить по шкале экрана расстояние  $X_1, X_2, X_3$  между 1-ми, 2-ми и 3-ми минимумами интенсивности, а по отсчетной линейке оптической скамьи – расстояние  $\ell$  от щели до экрана.

4. Определить ширину щели  $b$  по формуле  $b = \frac{m\lambda}{\sin \varphi_m}$ , которая получается из условия минимума для щели (I). Для малых углов (т.е. для небольших порядков  $m$ ) можно принять:

$$\sin \varphi_m \approx \operatorname{tg} \varphi_m = \frac{X_m}{2\ell}.$$

5. Из полученных трех значений  $b$  найти среднее и сравнить с показаниями шкалы микрометрического винта щели.

6. Оценить погрешность измерения.

## Контрольные вопросы

- 1. В чем состоит явление дифракции света? Что отличает дифракцию Френеля от дифракции Фраунгофера?*
- 2. В чем состоит принцип Гюйгенса Френеля?*
- 3. Что такое зоны Френеля и как они строятся?*
- 4. В чем различие в условиях возникновения максимумов и минимумов интенсивности света при опытах со щелью и дифракционной решеткой?*
- 5. В чем состоит метод измерения длины волны с помощью дифракционной решетки?*