

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Исследование дифракции на паре щелей при различных расстояниях между щелями.
- Исследование дифракции на паре щелей разной ширины.
- Исследование дифракции на системах нескольких щелей с различными количествами щелей.
- Исследование дифракции на линейной и сетчатой дифракционной решетке.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Демонстрация волновой природы света и определение длины волны.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Дифракцию света на системе щелей или на дифракционной решетке можно описать, рассмотрев, как отдельные составляющие излучения когерентных волн налагаются друг на друга, когда они исходят из разных щелей, каждую из которых можно считать отдельной точкой освещения, так что наложение волн происходит согласно принципу Гюйгенса. Интерференция отдельных волн объясняет картину светлых и темных полос, которая наблюдается за системой щелей. Если расстояние между щелями и расстояние до экрана, на котором наблюдается дифракция, известны, можно рассчитать длину волны света по расстоянию между любыми двумя светлыми полосами.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Красный лазерный диод	U22000
1	Оптическая скамья модели К, 1000 мм	U8475240
2	Передвижные крепления оптической скамьи модели К	U8475350
1	Зажим модели К	U84755401
1	Зажим модели К для диодного лазера	U8475550
1	Диафрагма с 3 двойными щелями различной ширины	U14100
1	Диафрагма с 4 двойными щелями с разными расстояниями между ними	U14101
1	Диафрагма с 4 множественными щелями и дифракционными решетками	U14102
1	Диафрагма с 3 штриховыми дифракционными решетками	U14103
1	Диафрагма с 2 сетчатыми дифракционными решетками	U14106

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Дифракцию света на нескольких щелях или на дифракционной решетке можно описать, рассмотрев суперпозицию отдельных составляющих излучения когерентных волн, которые, согласно принципу Гюйгенса, исходят из каждой точки в зоне освещенности, сформированной системой щелей. Суперпозиция приводит к усиливающей или гасящей интерференции в определенных направлениях, и этим объясняется картина чередующихся светлых и темных полос, которая наблюдается за системой щелей.

В пространстве за парой щелей интенсивность света под определенным углом наблюдения α_n будет наибольшей, когда для каждой отдельной волновой составляющей, приходящей от первой щели, существует точно такая же волновая составляющая от второй щели, и эти две волны интерферируют

с усилением. Это условие выполняется, когда разница расстояний Δs_n , пройденных этими двумя волновыми составляющими исходящих из центров двух щелей является целым кратным длины волны λ света (см. рис. 1), таким образом:

$$(1) \quad \Delta s_n(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$: называется порядком дифракции.

При больших расстояниях L от пары щелей и малых углах наблюдения α_n , связь между разницей пройденных волнами расстояний Δs_n и координатой x_n максимума интенсивности n -ого порядка выглядит следующим образом:

$$(2) \quad \frac{\Delta s_n}{d} = \sin \alpha_n \approx \tan \alpha_n = \frac{x_n}{L}$$

d : расстояние между щелями.

Таким образом, максимумы располагаются с регулярными интервалами, определяемыми выражением:

$$(3) \quad a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Это соотношение также справедливо для дифракции на системе из нескольких щелей, состоящей из N эквидистантных щелей ($N > 2$). Уравнение (1) определяет условие усиливающей интерференции волновых элементов со всех N щелей. Поэтому уравнения (2) и (3) также можно применить к системе из нескольких щелей.

Математический вывод выражения для координат минимумов интенсивностей сложнее. Если в случае пары щелей минимум интенсивности располагается строго посередине между двумя максимумами интенсивности, то в случае системы из нескольких щелей минимум наблюдается между n -м и $(n+1)$ -м максимумами, когда волновые составляющие от N щелей интерферируют таким образом, что суммарная интенсивность становится равной нулю. Это происходит тогда, когда разница расстояний, проходимых волновыми составляющими от центров щелей, удовлетворяет условию:

$$(4) \quad \Delta s = n \cdot \lambda + m \cdot \frac{\lambda}{N}$$

$$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad m = 1, \dots, N - 1$$

Поэтому видны $N-1$ минимумов, а между ними $N-2$ «второстепенных максимумов», интенсивности которых меньше, чем у основных максимумов. При возрастании количества щелей N вклад второстепенных максимумов постепенно исчезает. Далее система становится уже не системой щелей, а линейной дифракционной решеткой. Наконец, сетчатую дифракционную решетку можно представить как систему из двух линейных дифракционных решеток, одна из которых повернута на 90° относительно другой. Теперь дифракционные максимумы становятся точками, образуя прямоугольную сетку, расстояние между узлами которой определяется равенством (3). Интенсивность (яркость) основных максимумов модулируется в соответствии с функцией распределения интенсивностей для дифракции на одиночной щели. Чем больше ширина щели b , тем больше концентрация интенсивности в направлении меньших значений угла α . Чтобы получить точное выражение, необходимо сложить амплитуды всех волновых составляющих, принимая во внимание разницы проходимых ими расстояний, чтобы получить общую амплитуду A . В точке на экране, заданной как x , интенсивность составляет:

$$(5) \quad I = A^2 \propto \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)} \right)^2$$

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Длину волны λ дифрагирующего света можно определить по расстоянию между основными максимумами, и она составляет:

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$$

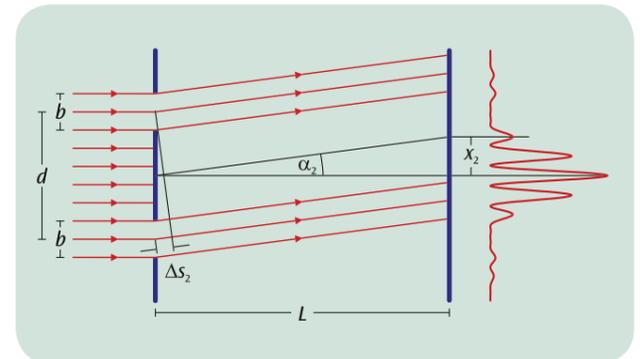


Рис. 1: Схема дифракции света на паре щелей

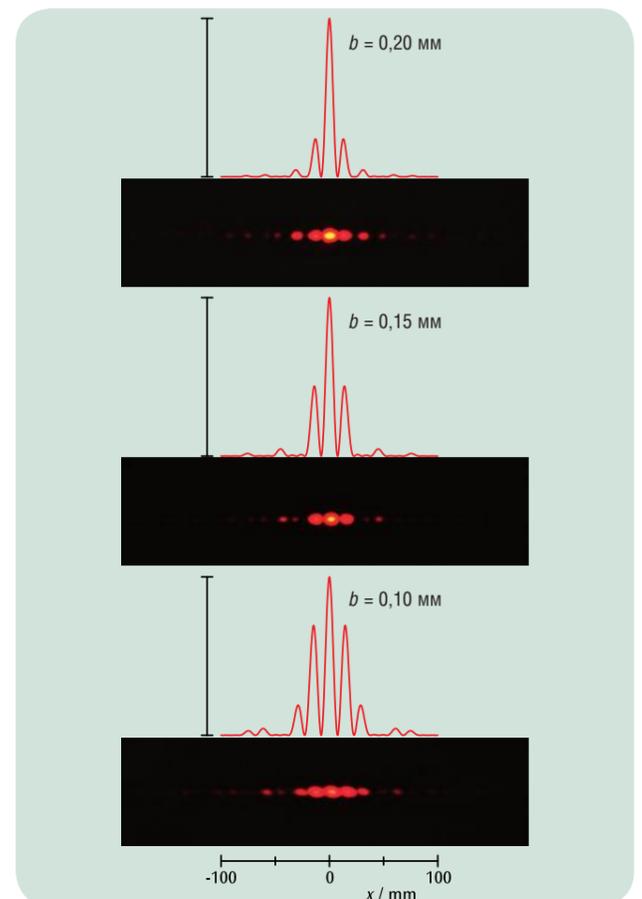


Рис. 2: Расчетные и наблюдаемые интенсивности для случая дифракции на паре щелей при различных расстояниях между щелями