

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Исследовать дифракцию на одиночных щелях разной ширины.
- Исследовать дифракцию на одиночных щелях для света с разной длиной волны.
- Исследовать дифракцию на одиночной щели и на непрозрачном объекте того же размера (принцип Бабиня).

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Демонстрация волновой природы света и определение длины волны

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Дифракцию света на одиночной щели можно описать как наложение когерентных слабых волн, которые, согласно принципу Гюйенса, распространяются от освещенной щели во всех направлениях. В зависимости от угла, под которым они распространяются, слабые волны вызывают конструктивную или деструктивную интерференцию. Если ширина щели и расстояние до экрана известны, длину волны можно вычислить исходя из расстояния между соседними темными полосами интерференционной картины.

ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Количество	Наименование	№ по каталогу
1	Лазерный диод, красный	U22000
1	Лазерный модуль, зеленый	U22001
1	Оптическая скамья модели К, 1000 мм	U8475240
2	Рейтер модели К	U8475350
1	Регулируемая щель модели К	U8476675
1	Держатель модели К для диодного лазера	U8475550

Дополнительно требуются:

Проволока

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Дифракцию света на одиночной щели можно описать как наложение когерентных слабых волн, которые, согласно принципу Гюйенса, распространяются от освещенной щели во всех направлениях. Это наложение приводит к конструктивной или деструктивной интерференции, в зависимости от угла. На экране за щелью можно наблюдать систему светлых и темных полос.

Там, где слабые волны отсутствуют, т. е. там, где полосы самые темные, можно видеть, что каждой слабой волне из одной половины щели соответствует другая слабая волна со второй половины, которая взаимодействует с ней таким образом, что совместная амплитуда уменьшается до минимума. Это происходит, когда разность хода Δs_n между пучком через середину щели и лучом от края точно в целое число раз n больше половины длины волны λ :

$$(1) \quad \Delta s_n = n \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{b}{2} \cdot \sin \alpha_n$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$: порядок дифракции
 b : ширина щели;
 α_n : угол распространения.

Области максимальной темноты симметричны относительно первичного луча (см. рис. 1). Их расстояние от первичного луча, измеренное в плоскости наблюдения, определяется так:

$$(2) \quad x_n = L \cdot \tan \alpha_n$$

L : Расстояние между щелью и плоскостью наблюдения

Поэтому для малого угла справедливо следующее:

$$(3) \quad \alpha_n \approx x_n = \frac{\lambda \cdot L}{b} \cdot n = \Delta \cdot n, \text{ где } \Delta = \frac{\lambda \cdot L}{b}$$

Δ : относительное расстояние между минимумами

Щель и непрозрачная преграда того же размера и формы считаются дополнительными объектами дифракции. В соответствии с принципом Бабиня, дифракционные картины обоих объектов за пределами «незатронутого» пучка идентичны. Поэтому дифракционные минимумы в обеих картинах дифракции находятся в одном и том же месте. В этом опыте исследована дифракция на одиночных щелях разной ширины, наряду с дифракцией света с разной длиной волны. Кроме того, будет показано, что дифракция на одной щели и на непрозрачных объектах одинаковой ширины дают взаимно дополняемые картины дифракции.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Наибольшая яркость наблюдается в направлении первичного луча. Значение Δ можно определить как градиент прямой линии графика, когда расстояния x_n наносятся относительно n . Поскольку значение Δ , очевидно, обратно пропорционально ширине щели b , факторы Δ/L можно наносить на график в зависимости от $1/b$, а длина волны λ тогда определяется как угол наклона графика по этим измерениям.

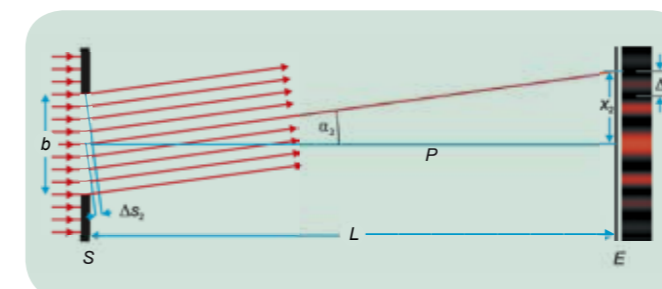


Рис. 1. Схематическая диаграмма дифракции света на одиночной щели (S: щель, b : ширина щели E: плоскость наблюдения, P: первичный пучок, L: расстояние между экраном наблюдения и щелью, x_2 : расстояние до второго минимума от центра, α_2 : направление наблюдения второго минимума, Δs_2 : разница пути между лучом, проходящим через центр, и лучом, проходящим через край).

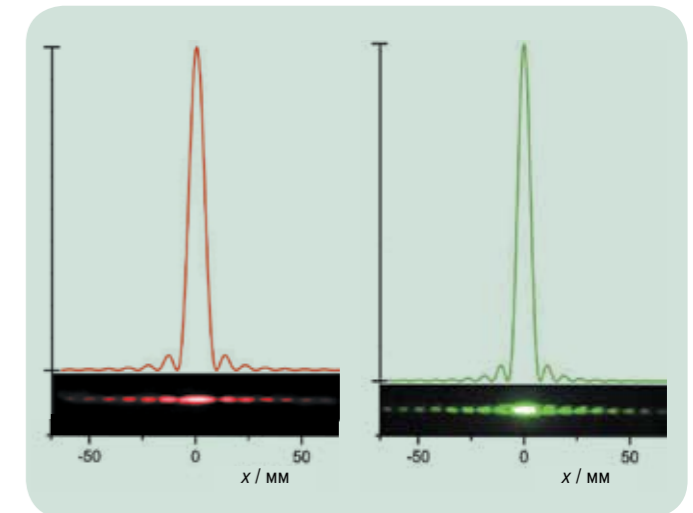


Рис. 2. Расчетная и измеренная интенсивность дифракции на щели шириной 0,3 мм при свете с длиной волны $\lambda = 650$ нм и $\lambda = 532$ нм

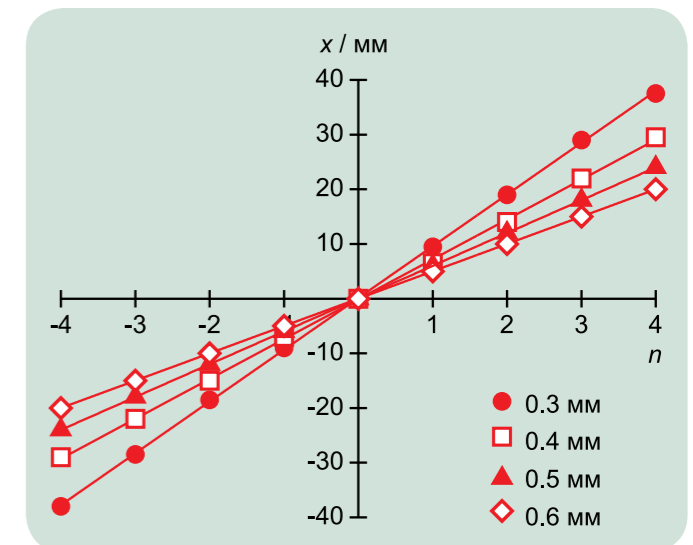


Рис. 3. Разделение x_n как функция порядка дифракции n для щелей разной ширины b при $\lambda = 650$ нм

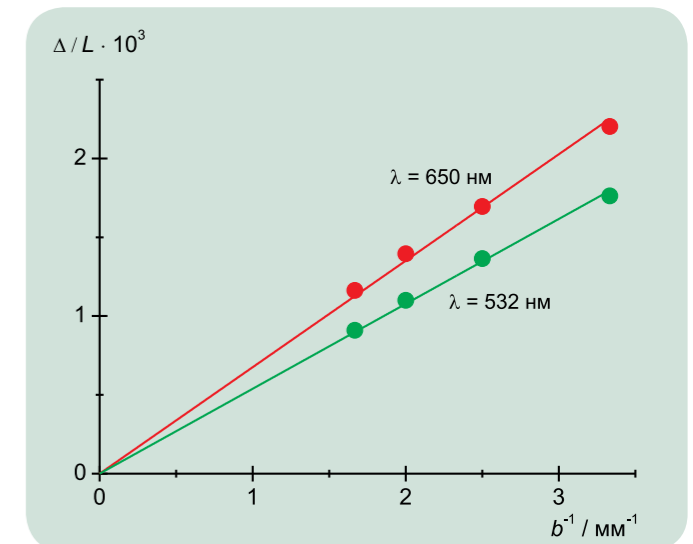


Рис. 4. Соотношение относительного разделения минимума Δ и расстояния L как функция ширины щели $1/b$