

Дифракция на щели



Если монохроматический свет попадает на узкую щель, за ней на экране появляются минимумы и максимумы интенсивности, по положению которых можно определить ширину щели при известной длине волны.

Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

20 Минут

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/61600293626683000327126e>

PHYWE



Общая информация

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Если монохроматический свет попадает в узкую щель, за ней на экране появляется интерференционная картина с максимумами и минимумами интенсивности.

Ширина щели может быть определена по их положению при известной длине волны.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительные знания



Принцип



Для понимания этого эксперимента учащиеся должны быть знакомы с волновым поведением света. Для наглядности можно заранее продемонстрировать интерференцию волн воды.

Лазерный луч проходит через диафрагму с одиночными щелями и создает на экране позади неё интерференционную картину .

Интерференционная картина может быть использована для считывания минимумов и максимумов интенсивности, и, если известна длина волны, можно также определить исходную ширину щели.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель



Задачи



Если посмотреть на интерференционную картину щели, то можно увидеть, что максимумы и минимумы расположены на одинаковом расстоянии друг от друга.

Кроме того, центральный максимум интенсивности в два раза шире других максимумов. Если сравнить интерференционные картины различных щелей друг с другом, то можно увидеть, что расстояния между максимумами и минимумами увеличиваются с уменьшением ширины щели.

- Наблюдайте за интерференционной картиной.
- Отметьте на экране положение максимумов и минимумов .
- Определить ширину щели.

Инструкции по технике безопасности

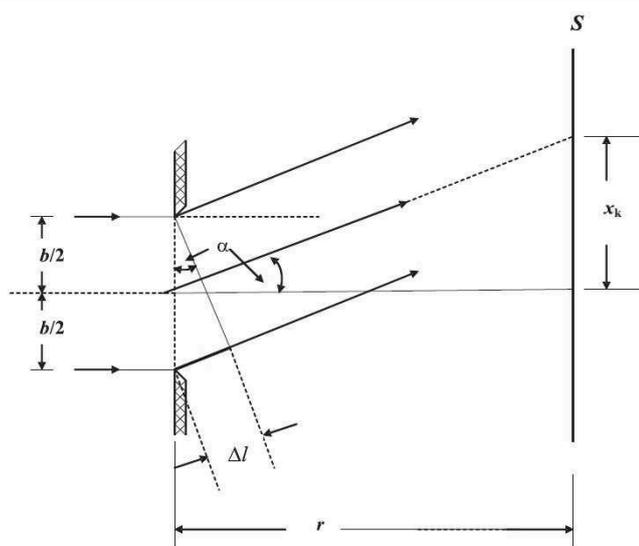
PHYWE



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Теория (1/3)



Если лазерный луч падает на щель шириной b , то луч в области щели можно рассматривать как разделенный на две равные части (рис. слева.)

Если после дифракции на угол α разность хода $\Delta l/2$ между краем и центральным лучом является целым кратным длины волны $\lambda/2$ то они деструктивно интерферируют. Эта разность хода также существует между каждым лучом одной половины щели и соответствующим лучом другой половины щели.

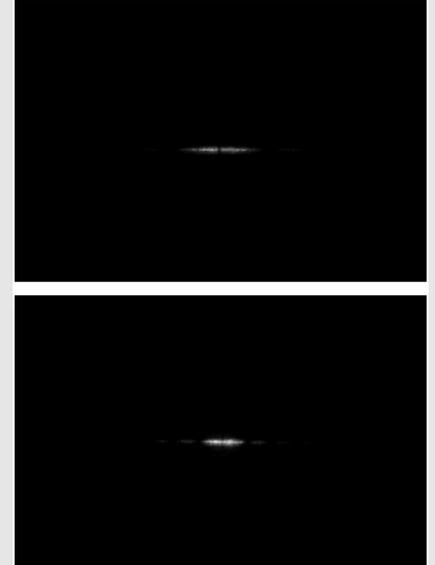
Теория (2/3)

Таким образом, в интерференционной картине всегда есть темное пятно, когда для Δl применяются соотношения:

$$\Delta l = k * \lambda = b * \sin \alpha; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$

Если r - расстояние между щелью и экраном S , который находится на достаточно большом расстоянии, и если x_k - расстояние k -й минимума от центра, то :

$$\sin \alpha_k = \frac{x_k}{\sqrt{x_k^2 + r^2}} \approx \frac{x_k}{r} \text{ при } x_k \ll r \quad (2)$$



Теория (3/3)

Из (1) и (2) следует, что для x_k :

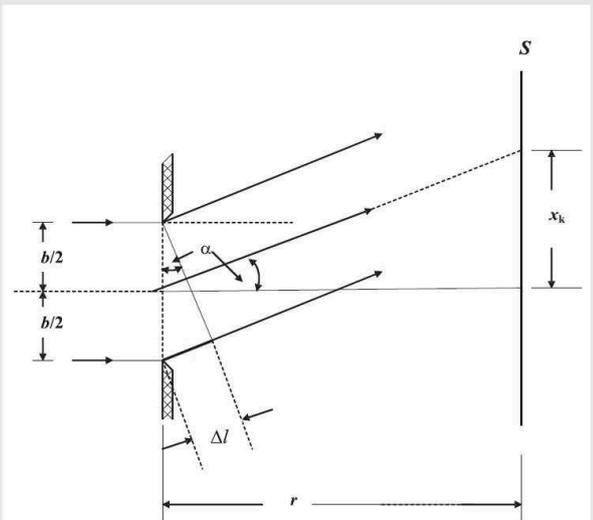
$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \quad (3)$$

Результат максимума яркости для углов

$$\sin \alpha_m = \frac{2m+1}{2} * \frac{\lambda}{b}; m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (4)$$

Соответственно, для x_m получается следующее:

$$x_m = m \frac{\lambda * r}{b} + \frac{\lambda * r}{2b} \quad (5)$$



Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Оптическая скамья, l=1000 мм	08370-00	1
2	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	3
3	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
4	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
5	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
6	Цилиндрическая опора expert	02004-00	1
7	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
8	Диодный лазер 1 мВт; 635 нм	08761-99	1

Дополнительные материалы

PHYWE

Позиция	Материал	Количество
1	клеякая лента (скотч)	1
2	лист белой бумаги	1

PHYWE



Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE

Экспериментальная установка показана на рис. 1.

Оптические компоненты с метками линий на скользящих опорах располагаются на оптической скамье, как показано на рисунке, в следующих положениях:

- Скользящая опора с диодным лазером - 2 см
- Скользящая опора с держателем пластины для диафрагмы со щелями - 11 см

Экран на цилиндрическом основании расположен на расстоянии 3 м от диафрагмы со щелями.

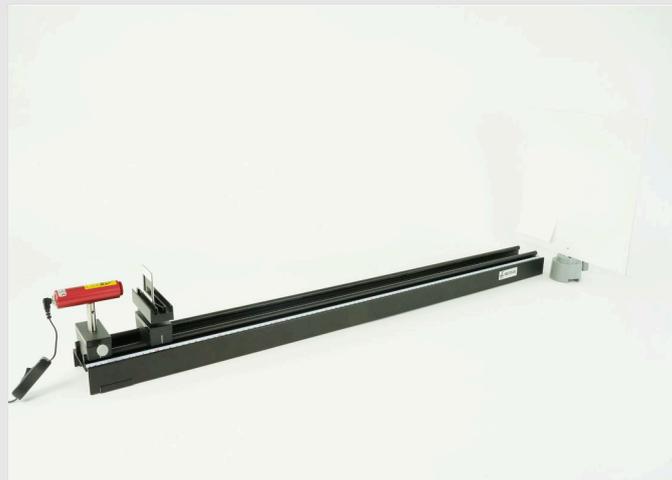


Рис. 1

Выполнение работы

PHYWE

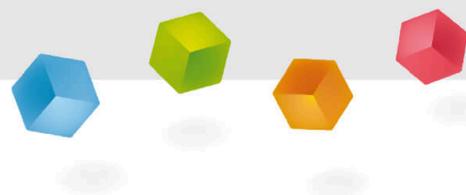
Прикрепите скотчем к экрану лист белой бумаги так, чтобы нормаль его поверхности располагалась в направлении оптической оси. Начните перемещать диафрагму со щелями в держателе пластины так, чтобы луч лазера за один раз полностью проходил через щель.

Отметьте фломастером положения максимумов и минимумов нескольких порядков дифракции. С помощью рулетки определите расстояние r между диафрагмой со щелями и экраном. И наконец, используйте линейку, чтобы определить расстояния $2x$ различных максимумов и минимумов интенсивности, с точностью до 0,5 мм.



PHYWE

Оценка



Оценка (1/4)

$\pm k$	$2x_k, \text{мм}$
1	20,5
2	40,0
3	60,0
4	80,0
5	99,0

$\pm m$	$2x_m, \text{мм}$
1	30,5
2	49,5
3	70,0
4	89,5
5	111,0

Если посмотреть на интерференционную картину щели, то можно увидеть, что максимумы и минимумы находятся на одинаковом расстоянии друг от друга.

Кроме того, центральный максимум интенсивности в два раза шире других максимумов. Сравнивая интерференционные картины различных щелей друг с другом, можно увидеть, что расстояния между максимумами и минимумами увеличиваются с уменьшением ширины щели (рис.2).



Рис. 2

Оценка (1/4)

$\pm k$	$2x_k$, мм
1	20,5
2	40,0
3	60,0
4	80,0
5	99,0

$\pm m$	$2x_m$, мм
1	30,5
2	49,5
3	70,0
4	89,5
5	111,0

Если посмотреть на интерференционную картину щели, то можно увидеть, что максимумы и минимумы находятся на одинаковом расстоянии друг от друга.

Кроме того, центральный максимум интенсивности в два раза шире других максимумов. Сравнивая интерференционные картины различных щелей друг с другом, можно увидеть, что расстояния между максимумами и минимумами увеличиваются с уменьшением ширины щели (рис.2).

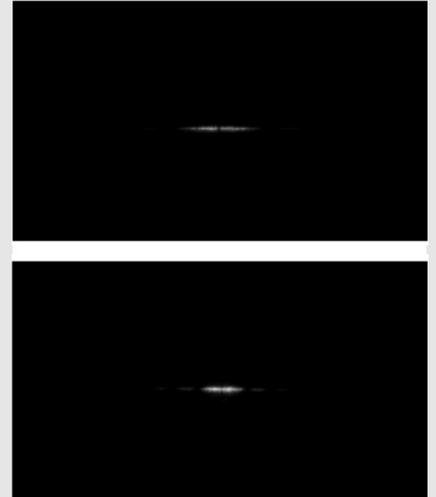


Рис. 2

Оценка (2/4)

Для щели шириной $b = 0,2$ мм, были измерены значения расстояний $2x_k$ и $2x_m$, приведенные в таблице, а соответствующее значение ширины щели рассчитывалось с помощью (3) или (5). Значение длины волны $\lambda = 635$ нм было взято из технического паспорта диодного лазера.

Среднее значение ширины щели получается из следующих значений:

$$b = (0,203 \pm 0,002) \text{ мм}; \Delta b/b \approx 1$$

При учете погрешности можно пренебречь погрешностью r на ± 5 мм.

Расчетные результаты на основе данных примера:

$\pm k$	b , мм
1	0,199
2	0,204
3	0,204
4	0,204
5	0,206

$\pm k$	b/mm
1	0,200
2	0,206
3	0,204
4	0,205
5	0,202

(Таблица: $r = 3205$ мм, щель $b = 0,2$ мм)

Оценка (3/4)

PHYWE

Что означает b ?

Если посмотреть на интерференционную картину щели, то можно увидеть, что максимумы и минимумы находятся на неодинаковом расстоянии друг от друга.

 правильно неправильно

Оценка (4/4)

PHYWE

Что необходимо учесть, чтобы формула дала правильный результат?

