

Дифракция на двойной щели



Если монохроматический свет попадает на двойную щель, за ней на экране появляются минимумы и максимумы интенсивности, по положению которых можно определить ширину щели и расстояние до ее центра 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

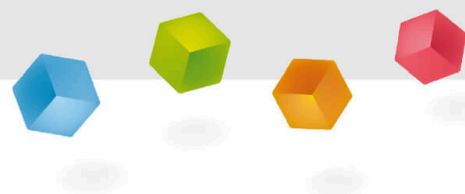
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/61602c256266830003271402>

PHYWE

Общая информация



Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Когда монохроматический свет попадает на двойную щель, за ней на экране появляется интерференционная картина с максимумами и минимумами интенсивности.

Ширина щели и расстояние до центра щели могут быть определены по их положению при известной длине волны.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительны знания



Принцип



Для понимания этого эксперимента учащиеся должны быть знакомы с волновым поведением света. Для наглядности можно предварительно показать интерференцию волн на воде.

Луч лазера проходит через диафрагму с двойной щелью и создает интерференционную картину на экране позади нее.

По интерференционной картине можно определить минимумы и максимумы интенсивности, а также определить начальную ширину щели и расстояние до центра щели при известной длине волны..

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель



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.

Задачи



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

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.

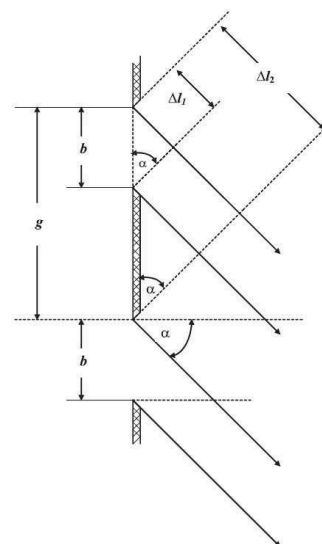
Теория (1/3)

PHYWE

Если лазерный луч падает на двойную щель с расстоянием между центрами щелей g и шириной b , то как показано на рисунке, луч в области двойной щели можно рассматривать как разделенный под углом α на два пучка

Краевые лучи одиночной щели имеют разность хода Δl_1 . Если это целое число кратно длине волны λ , то эти лучи интерферируют деструктивно. Таким образом, одиночная щель всегда обеспечивает затемнение в интерференционной картине, если в общем случае применимо это соотношение:

$$\Delta l_1 = k * \lambda = b * \sin \alpha; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$



Теория (2/3)

PHYWE

Тем не менее, лучи двух пучков щелей также интерферируют друг с другом. Соответствующие краевые лучи двойной щели имеют разность хода Δl_2 .

Если это нечетное кратное $\lambda/2$, то тогда также наблюдается гашение.

Таким образом, в интерференционной картине появляется дополнительное затемнение в точках

$$\Delta l_2 = \frac{2m+1}{2} * \lambda = g * \sin \alpha; m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2)$$

Если r - расстояние между двойной щелью и собирающим экраном S , который находится на достаточно большом расстоянии, и если $x_{k,m}$ - расстояния между минимумом и центральной точкой, то:

$$\sin \alpha_{k,m} = \frac{x_{k,m}}{\sqrt{x_{k,m}^2 + r^2}} \approx \frac{x_{k,m}}{r} \text{ für } x_{k,m} \ll r \quad (3)$$

Теория (3/3)

PHYWE

Из (1) и (2) следует, что:

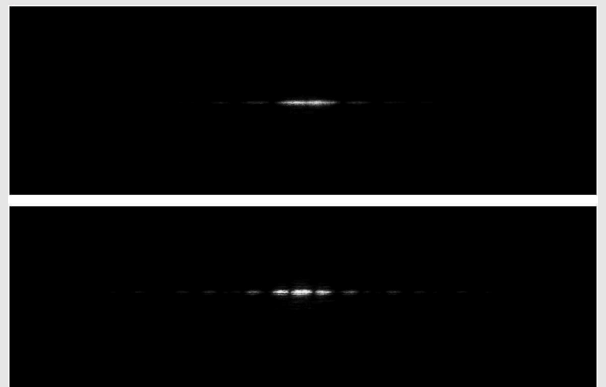
$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \text{ bzw. } x_m = \frac{2m+1}{2} * \frac{r\lambda}{g} \quad (4)$$

Ширина центрального максимума одиночной щели (расстояние между минимумами, симметричными относительно центра) составляет $2\lambda * r/b$.

Эквидистантные максимумы двойной щели с одинаковым b имеют ширину $\lambda * r/g$. Таким образом, центральный максимум одиночной щели:

$$\frac{2\lambda * r}{b} / \frac{\lambda * r}{g} = \frac{2g}{b} \quad (5)$$

переменяется с дополнительными максимумами.



Дифрактограмма щели и двойной щели при одинаковой ширине щели
сверху: щель: $b = 0,2$ мм; снизу: двойная щель: $b = 0,2$ мм и $g = 0,3$ мм

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 4 двойными щелями	08523-00	1
5	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
6	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
7	Цилиндрическая опора expert	02004-00	1
8	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
9	Диодный лазер 1 мВт; 635 нм	08761-99	1

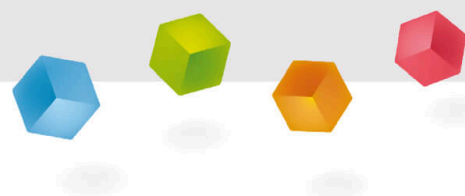
Дополнительные материалы

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 рисунке.

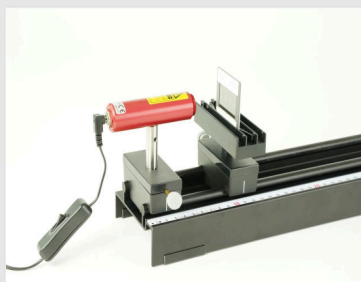
Оптические компоненты с метками линий на скользящих опорах располагаются на оптической скамье, как показано на рисунке, в следующих положениях:

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

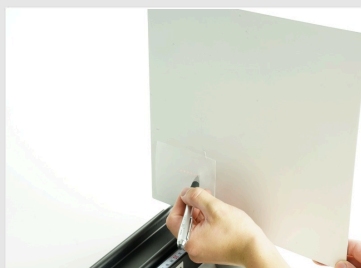
Экран на цилиндрическом основании расположен 3 м от диафрагмы с 2 щелями.

Выполнение работы

PHYWE



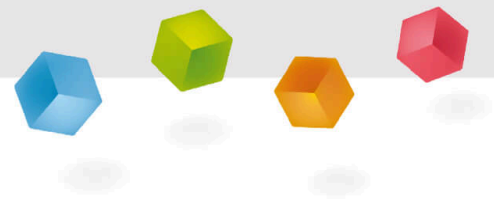
Прикрепите скотчем к экрану лист белой бумаги так, чтобы нормаль его поверхности располагалась в направлении оптической оси. Начните перемещать диафрагму со щелями в держателе пластины таким образом, чтобы луч лазера за один раз полностью проходил через двойную щель. Определите положения минимумов для различных двойных щелей. Для сравнения соответствующее измерение проводится на одной щели с той же шириной щели.



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 (1/3)

PHYWE

С помощью данных, записанных в качестве примера (показанных справа в таблицах), ширина щели b и расстояние между центрами щелей g могут быть рассчитаны следующим образом:

Как уже было показано в теории, для x_k и соотв. x_m применимо следующее:

$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \text{ bzw. } x_m = \frac{2m+1}{2} * \frac{r\lambda}{g}$$

Преобразуя уравнения в соответствии с b или g получаем результаты:

$$b = \frac{k * \lambda * r}{x_k} \text{ bzw. } g = \frac{(2m+1) * r\lambda}{2 * x_m}$$

Минимумы
двойной щели

$\pm m$	$2x_m$, мм
0	8,6
1	25,5
2	40,0
3	59,0
4	75,0

Максимумы
одиночной щели

$\pm k$	$2x_k$, мм
1	41,0
2	81,0
3	123,0

Двойная щель: $b = 0,1 \text{ мм}$; $g = 0,25 \text{ мм}$

Одиночная щель: $b = 0,1 \text{ мм}$

Оценка (2/2)

PHYWE

Результаты, полученные на основе данных примера:

$\pm m$	$g, \text{мм}$
0	0,246
1	0,248
2	0,264
3	0,251
4	0,253

$\pm k$	$b, \text{мм}$
1	0,103
2	0,104
3	0,103

Что это означает b ?

Расстояние между центрами щелей

Ширина щели

Длина волны

Оценка (3/3)

PHYWE

Что необходимо учесть, чтобы формула дала правильный результат?

Все приведенные значения должны быть преобразованы в базовые единицы.

Длина волны λ не должна быть меньше 700 нм.



Слайд	Оценка/ Всего
Слайд 16: Множественные задачи	0/2
Слайд 17: Решите формулу правильно	0/1

Всего  0/3

 Решения

 Повторите