

Дифракция на нескольких щелях



Дифракционные объекты с возрастающим числом щелей используются для демонстрации влияния взаимодействия нескольких щелей на получаемые интерференционные картины.

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/6160380c626683000327149c>

PHYWE

Общая информация



Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Когда монохроматический свет попадает на несколько щелей, за ними на экране появляется интерференционная картина с максимумами и минимумами интенсивности.

С увеличением количества щелей максимумы яркости становятся более интенсивными и резкими, но их положение не зависит от количества щелей.

В спектральном анализе для определения длины волны в основном используются оптические решетки.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительные

знания



Принцип



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

Лазерный луч проходит через диафрагму с несколькими щелями и создает интерференционную картину на расположенном за ним экране.

Благодаря взаимодействию отдельных лучей можно наблюдать резко выраженные главные максимумы и вторичные максимумы меньшей интенсивности.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

Цель



Задачи



С увеличением числа щелей n максимумы яркости становятся более интенсивными и резкими, но их положение не зависит от количества щелей.

Кроме того, между двумя соседними основными максимумами имеется $n - 2$ вторичных максимума и $n - 1$ минимум.

- Наблюдайте за интерференционной картиной на экране.
- Определите влияние взаимодействия нескольких щелей на результирующую интерференционную картину.

Инструкции по технике безопасности

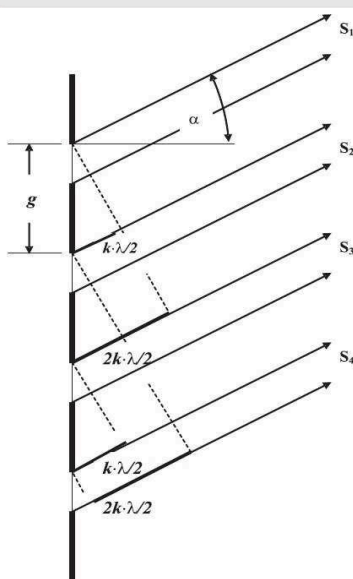
PHYWE



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

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

Теория (1/2)



При дифракции света на регулярно расположенных одинаковых щелях интерферируют между собой не только лучи, дифрагированные на одной щели системы, но и все лучи, дифрагированные на других щелях. Иллюстрация слева иллюстрирует ситуацию при 4-кратной щели.

Сначала рассмотрим интерференцию лучей S_1/S_2 и S_3/S_4 , которые исходят из двух соседних щелей, каждая из которых соответствует системе с двумя щелями. Гомологические лучи этих дифрагированных пучков имеют разность хода. Если это $k * \lambda/2$, где k - четное число, результатом будет светлое пятно (полоса). С другой стороны, когда k является нечетным число, возникает темное пятно (полоса).

Кроме того, лучи S_1/S_3 и S_2/S_4 интерферируют друг с другом.

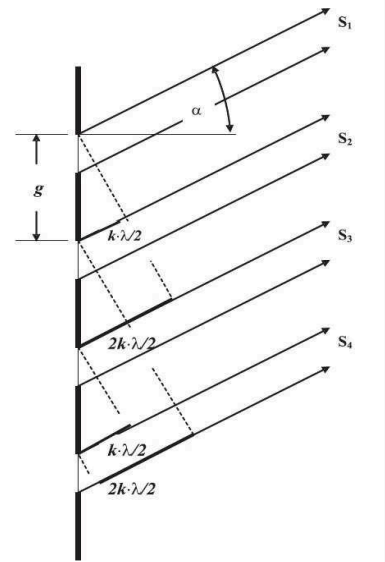
Теория (2/2)

Эти лучи имеют разность хода $2k \cdot \lambda/2$.

Они создают яркость, когда $2k \cdot \lambda/2$ является четным кратным половине длины волны. Соответственно, эти лучи гасят друг друга, когда $2k$ является нечетным числом.

Взаимодействие всех лучей приводит к интерференционной картине, состоящей из резко выраженных главных максимумов, между которыми лежат 2 вторичных максимума меньшей интенсивности.

В общем случае применяется следующее: если дифракционная система состоит из n щелей, то между двумя соседними главными максимумами, соответственно, находятся $n - 2$ вторичных максимума и $n - 1$ минимум. Если n -лучей с амплитудой A конструктивно накладываются друг на друга, то тогда интенсивность соответствующего максимума яркости будет равна $(nA)^2$.



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 множественными щелями	08526-00	1
5	Дифракционная решетка, 10 линий/мм	08540-00	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

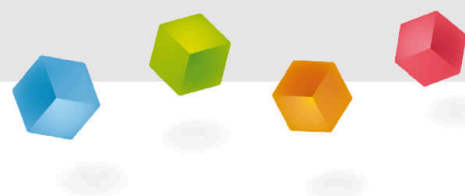
Дополнительные материалы

PHYWE

Позиция	Материал	Количество
1	Картонная полоса	2

PHYWE

Подготовка и выполнение работы



Подготовка

PHYWE

На рис. 1. показана экспериментальная установка. Диодный лазер находится в головной части оптической скамьи.

За ним находится держатель пластины на скользящей опоре. Экран закреплен в основании и размещен на расстоянии примерно 4 м от диафрагмы.

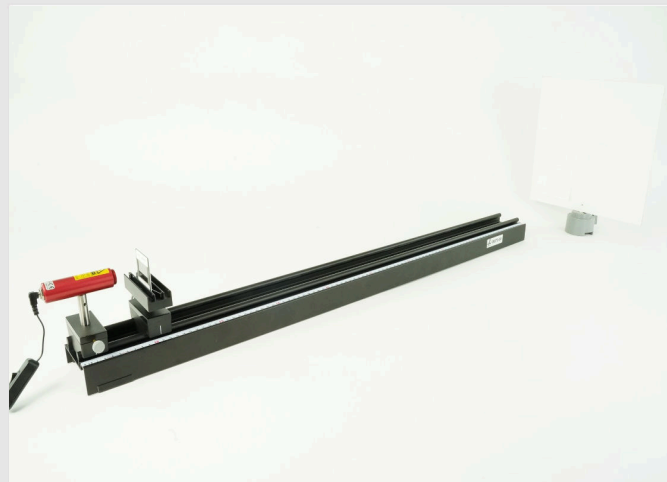
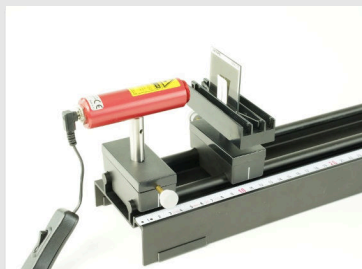


Рис. 1

Выполнение работы



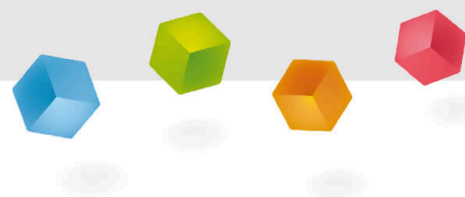
Диафрагма с несколькими щелями вставляется в держатель пластины. Одна за другой несколько щелей вдвигаются в траекторию луча так, чтобы щели были полностью освещены. Может случиться так, что поперечное сечение луча диодного лазера будет не круглым, а овальным, причем продольная ось овала перпендикулярна. Чтобы по-прежнему иметь возможность полностью освещать множественную щель, в этих случаях используется диафрагма с горизонтально расположенными щелями, что, однако, приводит к тому, что дифракционные картины проходят необычным образом по вертикали.



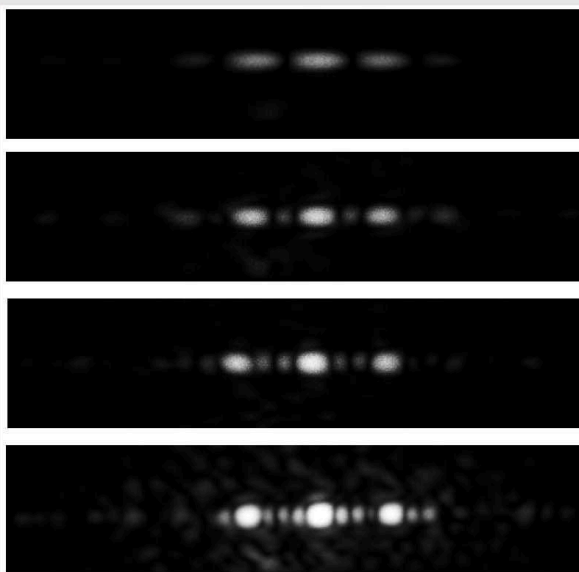
В конце эксперимента, для сравнения рассматривается интерференционная картина решетки. Чтобы увидеть поведение разного количества щелей с одинаковой постоянной решетки, площадь поперечного сечения лазерного луча изменяется с помощью двух картонных полосок, которые вставляются перед решеткой в держатель пластины.

PHYWE

Оценка



Оценка (1/4)



На рисунке слева показаны соответствующие интерференционные картины для щелевых систем с количеством щелей $n = 2, 3, 4, 5$.

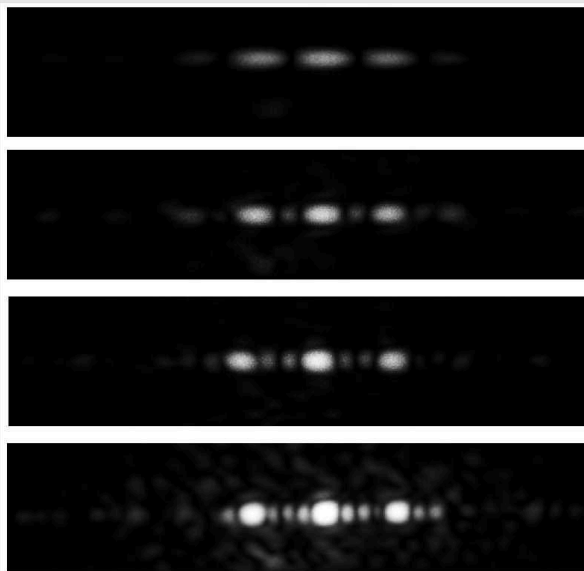
Видно, что с увеличением n максимумы яркости становятся более интенсивными и резкими, но их положение не зависит от количества щелей.

Кроме того, подтверждается, что между двумя соседними главными максимумами в каждом случае существует $n - 2$ вторичных максимума и $n - 1$ минимум (см. таблицу).

Оценка (2/4)

Номер n	Количество боковых максимумов
2	0
3	1
4	2
5	3

Номер n	Количество незначительных минимумов
2	1
3	2
4	3
5	4



Сравнение с решеткой дает еще более четкий результат.

С увеличением ширины вспомогательной щели, т.е. с увеличением числа активных, но одинаковых отверстий решетки, главные максимумы становятся все более резкими. При максимальной ширине вспомогательной щели можно выделить резкие главные максимумы, но почти нет вторичных максимумов.

Оценка (3/4)

PHYWE

Сколько вторичных максимумов имеется при $n = 10$?

9

6

8



Оценка (4/4)

PHYWE

Как можно очень четко показать основные максимумы, а второстепенные - очень слабо?

За счет минимизации ширины вспомогательной щели.

Максимально увеличивая ширину вспомогательной щели.

Изменяя расстояния между решеткой, экраном и лазером.

Зависит ли положение максимумов яркости от количества щелей?

Да, положение максимумов яркости зависит от количества щелей.

Нет, положение максимумов яркости не зависит от количества щелей.

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 16: Вторичные максимумы

0/2

Слайд 17: Множественные задачи

0/2

Всего

 0/4 Решения Повторите