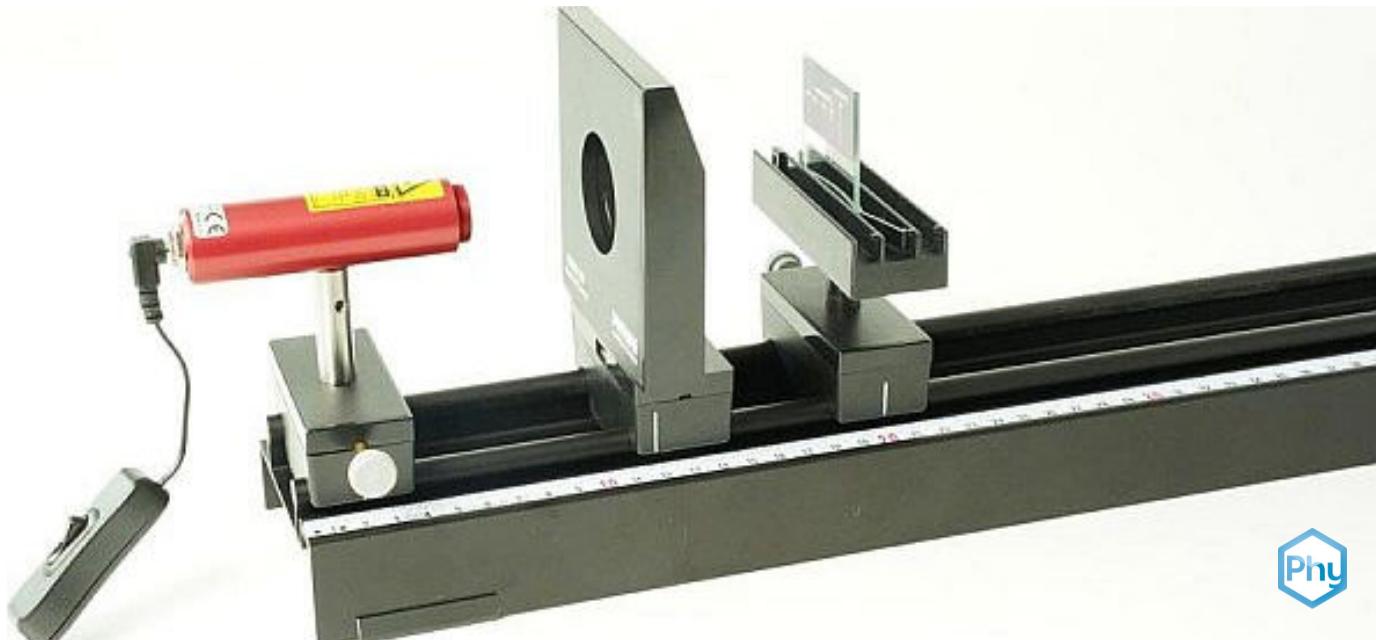


Дифракция на круглых препятствиях и круглых отверстиях - пятно Пуассона



Если круглые отверстия освещаются когерентным светом, то из-за возникающих дифракции и интерференции на экране образуются чередующиеся концентрические светлые и темные круги. Интенсивность интерференционных максимумов быстро уменьшается с увеличением расстояния от центра. Если заменить круглые отверстия на кольцевые, возникают аналогичные интерференционные картины. Яркость всегда наблюдается на центральной оси в каждом месте геометрической области тени.

Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

средний

2

10 Минут

20 Минут

This content can also be found online at:

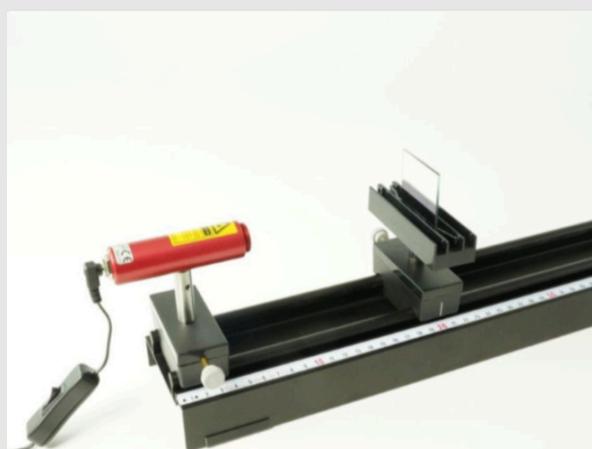


<http://localhost:1337/c/61615a896ddf0700030df0a8>



Общая информация

Описание



Экспериментальная установка

Если круглые отверстия освещаются когерентным светом, то из-за возникающих дифракции и интерференции на экране образуются чередующиеся концентрические светлые и темные круги.

Дифракция на круглых отверстиях сильно влияет на разрешающую способность оптических инструментов. Например, крепление линзы объектива микроскопа действует как дифракционное круглое отверстие.

Таким образом, с помощью микроскопа можно наблюдать два близко расположенных объекта отдельно только в том случае, если центральный максимум яркости дифракционного изображения одного объекта совпадает с первым минимумом дифракционного изображения другого объекта.

Дополнительная информация (1/2)



Предварительные
знания



Принцип



Учащимся должно быть известно, что дифракция и интерференция возникают как на отверстиях, так и на препятствиях. Для этого хорошо предварительно провести эксперимент "Дифракция на стержне - теорема Бабине".

Когда точечные или круглые диафрагмы освещаются когерентным светом, край соответствующего объекта является начальной точкой элементарных волн, которые интерферируют друг с другом.

Каждая из этих элементарных волн имеет нулевую разность хода по центральной оси объекта, так что здесь наблюдается максимальная яркость как в точечном отверстии, так и в круглых диафрагмах.

Дополнительная информация (2/2)



Цель



Задачи



Интерференция возникает как на диафрагмах с точечным отверстием, так и на круглых диафрагмах. На центральной оси дифракционных объектов интерферирующие элементарные волны имеют разность хода, равную нулю, поэтому в пространстве геометрической тени за круглыми отверстиями также наблюдается максимум интенсивности. Это называется пятном Пуассона.

- Наблюдайте и сравнивайте интерференционные картины.
- Объясните происхождение пятна Пуассона.
- Вычислите диаметр отверстий.

Инструкции по технике безопасности



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

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

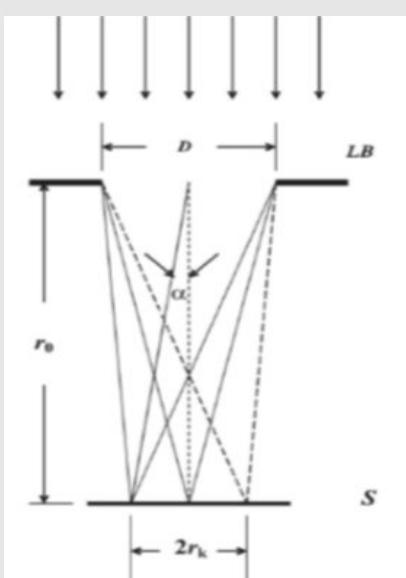
Теория



Если фронт плоской волны нарушается препятствием, элементарные волны исходят из всех мест возмущения, согласно принципу Гюйгенса, которые интерферируют друг с другом, накладываясь друг на друга.

От края круглого препятствия дифрагированные лучи исходят синфазно. При наложении на центральную ось эти лучи также всегда находятся в фазе благодаря одинаковой разности хода. Таким образом, на центральной оси всегда возникает яркой пятно.

Если дифрагированные лучи имеют разные пути, они могут конструктивно или деструктивно интерферировать друг с другом в зависимости от разности хода. Интерференционная картина из-за радиально симметричной геометрии состоит из концентрических светлых и темных кружков.



Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Оптическая скамья, $l=1000$ мм	08370-00	1
2	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	3
3	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
4	Линза в оправе, $f=-50$ мм	08026-01	1
5	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
6	Экран, с дифракционными объектами	08577-02	1
7	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
8	Цилиндрическая опора expert	02004-00	1
9	Штангенциркуль с нониусом	03010-00	1
10	Рулетка, $l=2$ м	09936-00	1
11	Диодный лазер 1 мВт; 635 нм	08761-99	1

Дополнительные материалы



Позиция	Материал	Количество
1	Клейкая лента (скотч)	1
2	Лист белой бумаги	1

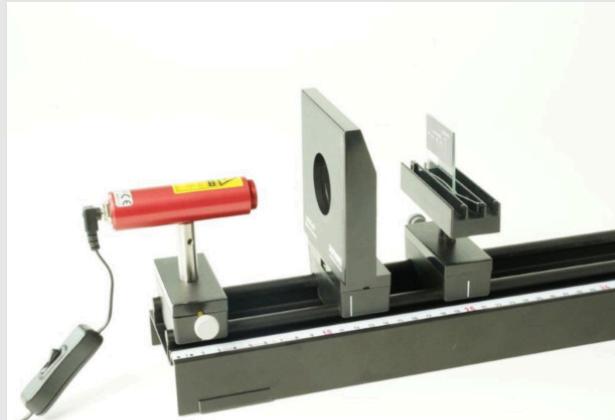
PHYWE



Подготовка и выполнение работы

6/10

Подготовка



Экспериментальная установка

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

- Скользящая опора с диодным лазером - 2 см
- Скользящая опора с держателем пластины и вставленной диафрагмой с дифракционными объектами - 20 см

При исследовании дифракции на круглых отверстиях для увеличения дифракционного изображения выгодно использовать рассеивающую линзу $f = -50$ мм. Она вставляется в рамку со шкалой между лазером и дифракционным объектом на расстоянии около 13 см.

Диафрагма с дифракционными объектами вставляется в держатель пластины так, чтобы ряды отверстий или круглых апертур располагались вертикально. Экран закрепляется и устанавливается на расстоянии примерно 3 - 4 метра от панели.

Выполнение работы



Прикрепите к экрану лист белой бумаги скотчем, нормаль поверхности которого направлена в сторону оптической оси. Комната затемнена.

Сначала диафрагмы с точечным отверстием освещаются лазерным светом симметрично друг за другом. На экране возникают концентрические круги. Для определения диаметров отметьте на листе минимальные окружности.



Измерьте рулеткой расстояние между дифракционным объектом и экраном, а диаметры окружностей штангенциркулем.

Затем осветите круглые диафрагмы, интерференционную картину которых можно наблюдать на экране.



Оценка

Оценка (1/3)

Математическая обработка дифракции на круговых препятствиях требует очень много времени и усилий. Таким образом, условия для первых трех темных кругов даны здесь без вывода. Если D - диаметр диафрагмы, α - угол дифракции и λ - длина волны падающего света, то для экстинкции (гашения света) применимо следующее:

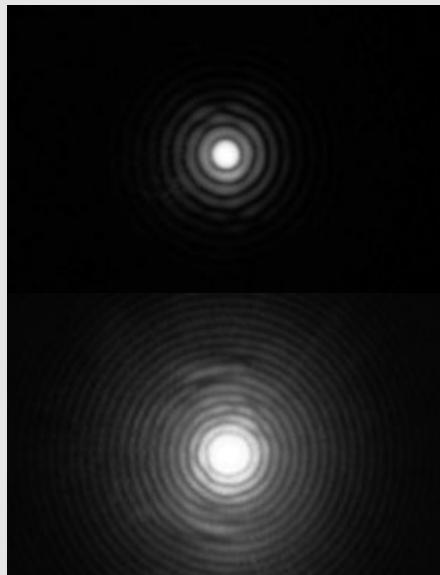
$$\sin \alpha_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}; \quad \sin \alpha_2 = 2,232 \frac{\lambda}{D}; \quad \sin \alpha_3 = 3,238 \frac{\lambda}{D} \quad (1)$$

Если r_k = радиус течечных окружностей, а r_0 - расстояние от дифракционного объекта до экрана наблюдения, то при $r_0 \parallel r_k : \sin \alpha \approx r_k / r_0$. С помрщью этого соотношения и уравнения (1), из первых трех темных кругов можно получить диаметр отверстий (диафрагмы):

$$D = 1.22 \frac{r_0 * \lambda}{r_1} = 2.232 \frac{r_0 * \lambda}{r_2} = 3.238 \frac{r_0 * \lambda}{r_3} \quad (2)$$

Оценка (2/3)

PHYWE



Вычислите диаметры отверстий и проверьте свой результат. Насколько сильно отличается Ваш результат?

Результаты

Оценка (3/3)

PHYWE

Что происходит при увеличении диаметра диафрагмы?

- Диаметр центрального максимума становится меньше.
- Можно увидеть больше максимумов.
- Расстояния между максимумами становятся меньше.

Проверьте

Как называется принцип согласно которому дифракционные картины точечной и круглой диафрагм идентичны, за исключением центрального максимума?

Теорема Бабине.

Принцип Ллойда.

Правило Френеля.

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 15: Множественные задачи

0/4

Общий балл

 **0/4**

Показать решения



Повторите



Экспорт текста

10/10