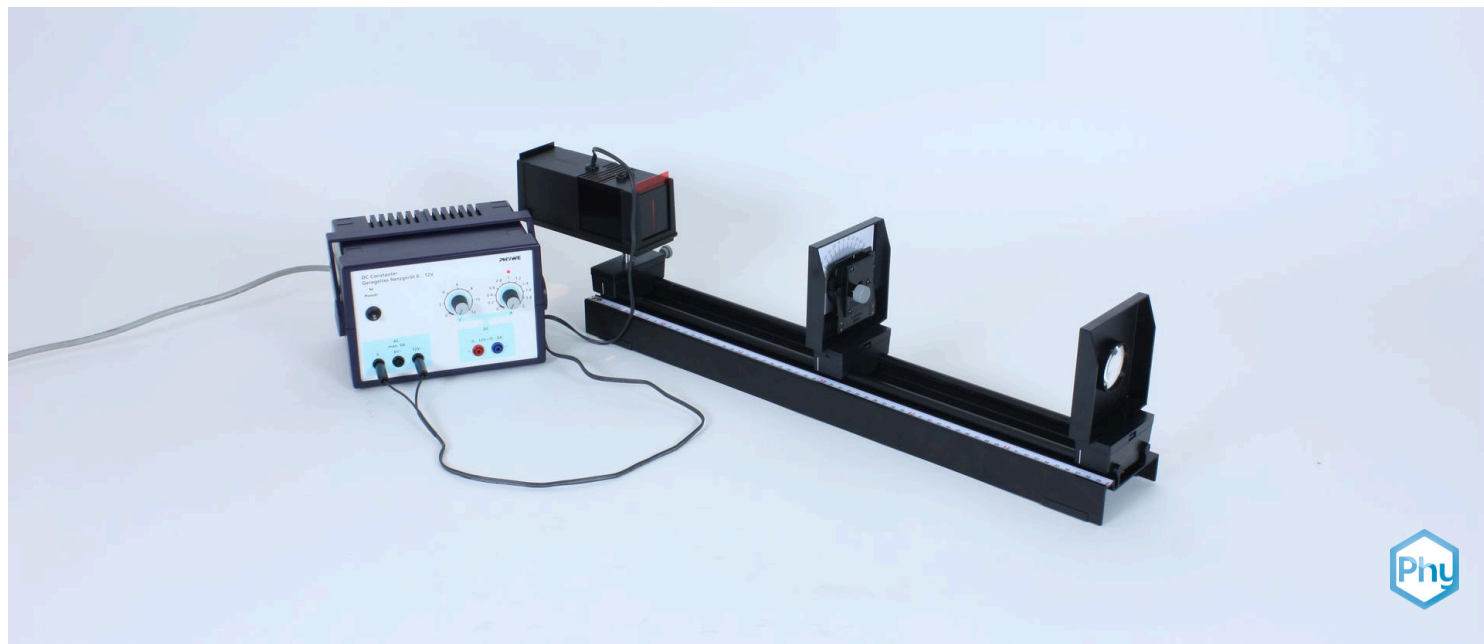


Дифракция на щели



Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности

лёгкий



Кол-во учеников

1



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

10 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/6187a6d36a649a0003eb240e>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE



Регулируемая щель для
экспериментальной установки

Дифракция света, хотя и не всегда наблюдаемая, происходит практически везде в повседневной жизни, даже на таких простых объектах, как щель. Этот эксперимент создает соответствующие условия для наблюдения волновой природы света, проходящего через щель.

Дополнительная информация для учителей (1/6)

Предварительные знания



Для проведения этого эксперимента учащимся не нужны какие-либо специальные знания.

Принцип



Когда луч света попадает в щель, он там дифрагирует. Согласно принципу Гюйгенса, падающий световой пучок рассматривается как волновой фронт, причем каждая точка на этом волновом фронте представляет собой отправную точку для новой волны, так называемой элементарной волны. Отдельные элементарные волны накладываются друг на друга, и вследствие когерентности возникает интерференционная картина.

Дополнительная информация для учителей (1/6)

PHYWE

Предварительные знания



Для проведения этого эксперимента учащимся не нужны какие-либо специальные знания.

Принцип



Когда луч света попадает в щель, он там дифрагирует. Согласно принципу Гюйгенса, падающий световой пучок рассматривается как волновой фронт, причем каждая точка на этом волновом фронте представляет собой отправную точку для новой волны, так называемой элементарной волны. Отдельные элементарные волны накладываются друг на друга, и вследствие когерентности возникает интерференционная картина.

Дополнительная информация для учителей (2/6)

PHYWE

Цель



Цель эксперимента - продемонстрировать ученикам волновой характер света. Учащиеся выясняют, при каких условиях возникает интерференционная картина.

Задачи



Попросите учащихся направить луч света на щель и изучить интерференционную картину за щелью.

Дополнительная информация для учителей (3/6)

PHYWE

Примечания по подготовке и выполнению работы

Эксперименты можно проводить в помещении с нормальной освещенностью. Если настройка была выполнена тщательно и аккуратно, она не вызовет никаких технических трудностей.

Дополнительная информация для учителей (4/6)

PHYWE

Дополнительная информация

В отличие от дифракции на краю, в экспериментах по дифракции на (простой) щели дифракционная картина может быть изменена в широких пределах и представлена в эстетически впечатляющем виде, особенно при наличии нескольких щелей разной ширины или регулируемой щели.

Эксперимент 1 рекомендуется в качестве предварительного эксперимента. Его можно быстро установить и провести, и его преимущество заключается в том, что учащиеся могут проверить функциональную зависимость между шириной щели, с одной стороны, и расстоянием и интенсивностью интерференционных полос, с другой.

Дополнительная информация для учителей (5/6)

PHYWE

Дополнительная информация

Одним из результатов эксперимента 1 является полуколичественное утверждение о взаимосвязи между b и d . Это обеспечивает определение цели работы для эксперимента 2.

В эксперименте 2 для дифракции на щели выбрана схема Фраунгофера, поскольку она проще с точки зрения геометрических соображений математического понимания явления.

Дополнительная информация для учителей (6/6)

PHYWE

Примечания

Измеренные значения, определенные в эксперименте 2, также можно использовать для определения длины волны красного света. Следующее утверждение справедливо для n-го минимума интерференционной картины:

$$\sin(\alpha_n) = n \cdot (\lambda/b) \text{ , а также } \tan(\alpha_n) = d_n/e,$$

где e = расстояние между линзой для получения изображения и линзой для наблюдения. Поскольку $\alpha_n \ll 1$, то для хорошего приближения применимо следующее: $\sin(\alpha_n) \approx \tan(\alpha_n)$. Это приводит к:

$$n \cdot (\lambda/b) = d_n/e \text{ или } \lambda = (b \cdot d_n)/(n \cdot e).$$

Но поскольку d_n можно измерить только относительно неточно, для измерения λ рекомендуется использовать дифракцию на двойной щели или, что еще лучше, дифракцию на решетке.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE



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

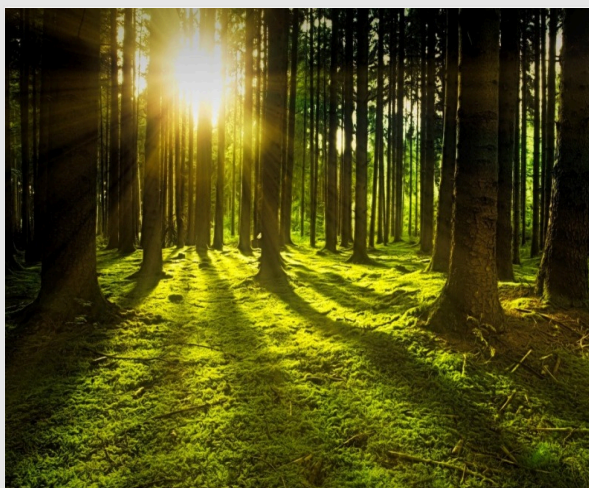
PHYWE



Информация для учеников

Мотивация

PHYWE



Солнце как естественный источник света

Свет - это видимая для человека область электромагнитного спектра. С помощью дифракционных объектов, таких как щель, можно наблюдать особое явление света - способность интерферировать, что указывает на волновой характер света.

Но как выглядит интерференционная картина и какие физические законы лежат в ее основе? Эти вопросы исследуются в данном эксперименте.

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Осветитель, галоген, 12В/20 Вт	09801-00	1
2	Нижняя часть светового ящика, со стержнем	09802-20	1
3	Оптическая скамья для лабораторных экспериментов, L = 600 мм	08376-00	1
4	Комплект цветных светофильтров, смесь аддитивных цветов	09807-00	1
5	Диафрагма со щелью	09816-02	1
6	Линза на скользящей опоре, $f=+50$ мм	09820-01	1
7	Линза на скользящей опоре, $f=+300$ мм	09820-04	2
8	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	2
9	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
10	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	2
11	Измерительная лупа	09831-00	1
12	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
13	Щель, регулируемая до 1 мм	11604-07	1
14	Держатель для диафрагм	11604-09	1
15	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1
16	Картонные листы 200x300 мм, черные, 10 шт.	06306-01	1

Оборудование

PHYWE

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Осветитель, галоген, 12В/20 Вт	09801-00	1
2	Нижняя часть светового ящика, со стержнем	09802-20	1
3	Оптическая скамья для лабораторных экспериментов, L = 600 мм	08376-00	1
4	Комплект цветных светофильтров, смесь аддитивных цветов	09807-00	1
5	Диафрагма со щелью	09816-02	1
6	Линза на скользящей опоре, $f=+50$ мм	09820-01	1
7	Линза на скользящей опоре, $f=+300$ мм	09820-04	2
8	Скользкая опора для оптической скамьи	09822-00	2
9	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
10	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	2
11	Измерительная лупа	09831-00	1
12	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
13	Щель, регулируемая до 1 мм	11604-07	1
14	Держатель для диафрагм	11604-09	1

Подготовка (1/8)

PHYWE

Эксперимент 1

- Соберите оптическую скамью из двух штативных стержней и регулируемых частей основания и поместите шкалу (рис. 1).



Рисунок 1

Подготовка (2/8)

PHYWE

- Соберите осветитель как показано на рисунках 2 и 3 и закрепите его в левой части основания штатива так, чтобы сторона объектива была обращена в сторону от оптической скамьи (рис. 4).
- Установите непрозрачный экран перед линзой осветителя (рис. 5).



Рисунок 2



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5

Подготовка (3/8)

PHYWE

- Вставьте красный фильтр (рис. 6) и щелевую диафрагму с $d = 1$ мм (рис. 7) в прорезь корпуса осветителя.



Рисунок 6



Рисунок 7

Подготовка (4/8)

PHYWE

- Закрепите держатель диафрагмы с регулируемой щелью (рис. 8 и 9) на рамке со шкалой (рис. 10).
- Установите рамку со шкалой примерно посередине оптической скамьи (рис. 11).



Рисунок 8



Рисунок 9



Рисунок 10

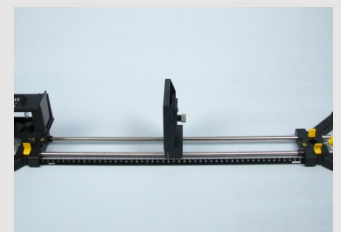


Рисунок 11

Подготовка (5/8)

PHYWE



Рисунок 12

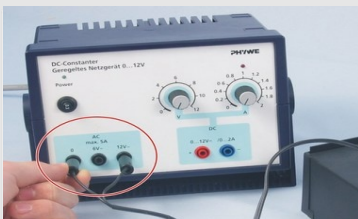


Рисунок 13

- Установите линзу с $f = + 50$ мм на правый конец оптической скамьи (рис. 12).
- Подключите осветитель к источнику питания (12 В~) (рис. 15) и включите источник питания (рис. 13).

Выполнение работы (1/4)

PHYWE

Эксперимент 1

- При необходимости поверните регулируемую щель так, чтобы она была параллельна световой щели в прорези корпуса осветителя.
- Установите щель на максимальную ширину.
- Направьте луч света через линзу, и уменьшайте ширину щели с маленьким шагом.
- Наблюдайте за происходящими явлениями.

Выполнение работы (2/4)

PHYWE

- Наблюдайте дифракционную картину с помощью узкой щели, не используя красный фильтр.
- Несколько раз измените ширину щели и запишите свои наблюдения.
- Выключите источник питания.

Подготовка (6/8)

PHYWE



Рисунок 14



Рисунок 15

Эксперимент 2

- Оставьте оптическую скамью со шкалой и осветителем, как в 1-м эксперименте, но без щелевой диафрагмы и цветного фильтра.
- Установите на оптической скамье линзу с $f = +50$ мм на расстоянии 6 см и поместите рамку со шкалой, держателем диафрагмы и регулируемой щелью (световой щелью) на расстоянии около 9,5 см (рис. 14).
- Установите линзу с $f = +300$ мм на расстоянии 40 см и вторую на конце оптической скамьи, а также скользящую опору с держателем пластин между ними (рис. 15).

Подготовка (7/8)

PHYWE



Рисунок 16

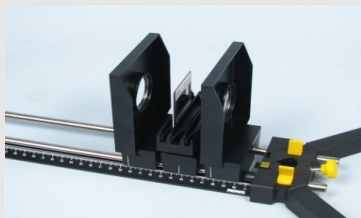


Рисунок 17

- Поместите другую скользящую опору с держателем пластины и лупой на расстоянии около 30 см от линзы, стоящей в конце оптической скамьи (рис. 16), и включите источник питания.
- Перемещайте лупу вдоль оптической оси до тех пор, пока световая щель не окажется в фокусе в плоскости наблюдения.
- Вставьте диафрагму с 3 отдельными щелями в держатель пластины между линзами с $f = +300$ мм (рис. 17).

Подготовка (8/8)

PHYWE

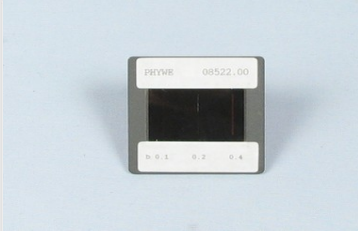


Рисунок 18

- Переместите диафрагму так, чтобы щель шириной $b = 0,4$ мм (см. рис.18) находилась по оптической оси.
- Остальные щели закройте черным картоном (рис. 19).

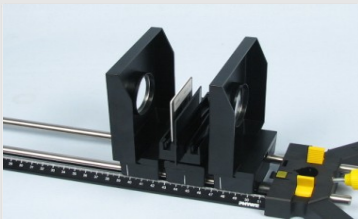


Рисунок 19

Выполнение работы (3/4)

PHYWE

Эксперимент 2

- Наблюдайте за дифракционным изображением с помощью увеличительного стекла и при необходимости отрегулируйте следующие точки расположения: параллельность световой щели и дифракционной щели; равномерное (симметричное) освещение дифракционной щели; оптимальная ширина световой щели.
- Опишите дифракционную картину и запишите свои наблюдения.
- Вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя (рис. 20).

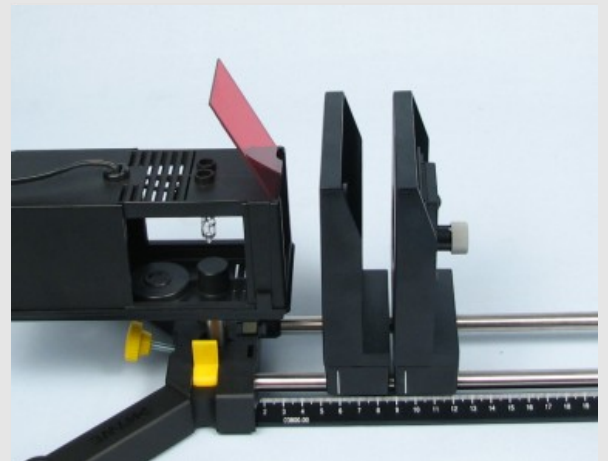


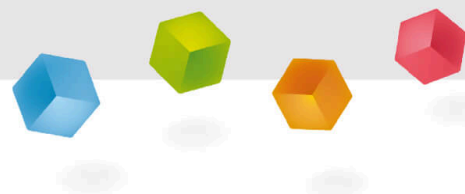
Рисунок 20

Выполнение работы (4/4)

- Определите расстояние d_n n –го максимума интенсивности (темная полоса) от центра (0-й максимум интенсивности). Для этого выберите максимально возможное значение n и измерьте расстояние $2d_n$ от левого n –го минимума до правого n –го минимума, а затем разделите измеренное значение на 2. Запишите результат.
- Переместите щель шириной $b = 0,2$ мм назад на оптическую ось. Закройте остальные щели черным картоном. Измерьте расстояние d_n как описано выше, и запишите результат.
- Таким же образом поступите с третьей щелью шириной ($b = 0,1$ мм).
- Выключите источник питания.

PHYWE

Протокол



Задание 1

PHYWE

Заполните пробелы в тексте!!

Чем дифракционная [] уже, тем меньше интенсивность проходящего через нее света. При определенной [] щели отчетливо видна система параллельных ярких полос, которые смещаются все дальше и дальше друг от друга по мере [] ширины щели. Чем [] они от центра, тем их [].

меньше

щель

ширине

увеличения

дальше

☒ Проверьте

Задание 2

PHYWE

Условия возникновения интерференционной картины

При [] интерференции
применяется:

$$\Delta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\Delta = n \cdot \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

При []
интерференции применяется:

$$\Delta = (n + \frac{1}{2}) \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$


☒ Проверьте

Задание 3

PHYWE

Вычислите произведение $b \cdot (d_n/n)$. Какие из следующих утверждений можно вывести из этого соотношения?

- ☐ Произведение линейно увеличивается с ростом n в пределах точности измерения: $b \cdot d_n \approx n \cdot \text{const.} \rightarrow b \sim n/d_n$.
- ☐ Изменение ширины щели b не влияет на расстояние d .
- ☐ Произведение является константой в пределах точности измерения: $b \cdot d_n \approx \text{const.} \rightarrow b \sim 1/d_n$.
- ☐ Чем меньше ширина щели b , тем больше расстояние d .

 Проверьте