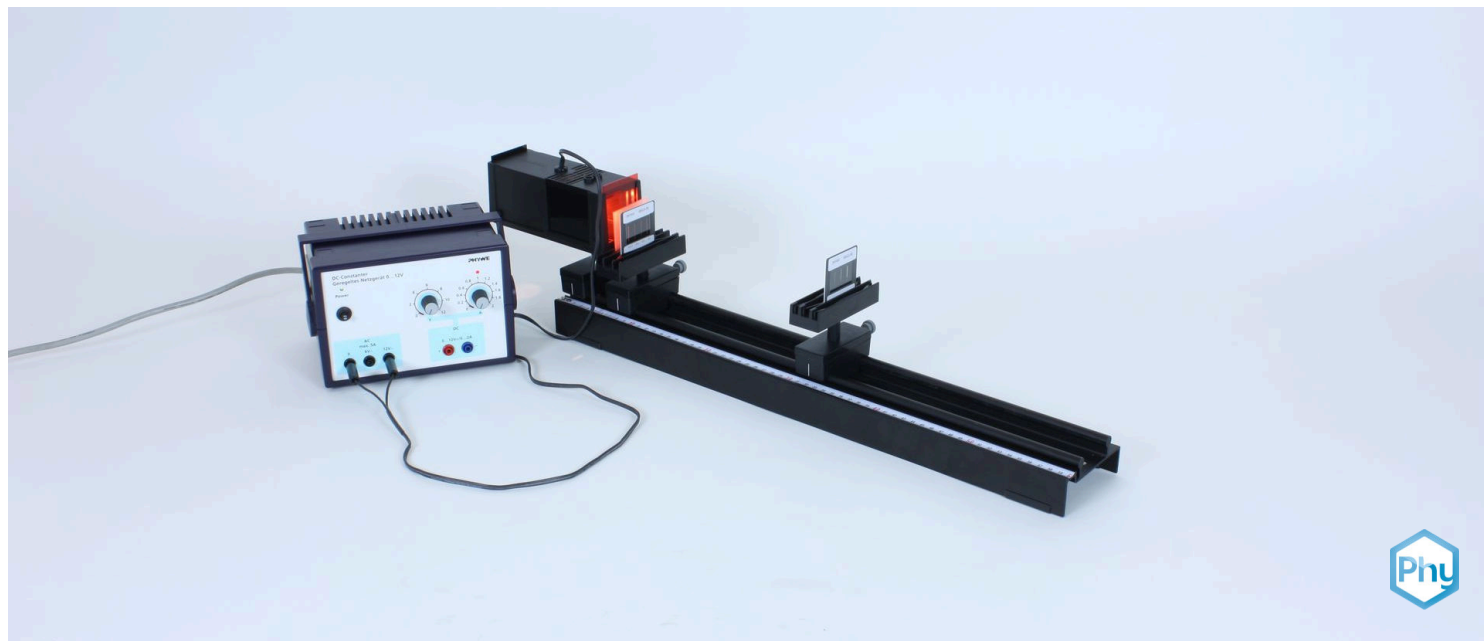


Разрешающая способность оптических приборов



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/61916d0d91ea7700037a50e2>

PHYWE

Информация для учителей

Описание



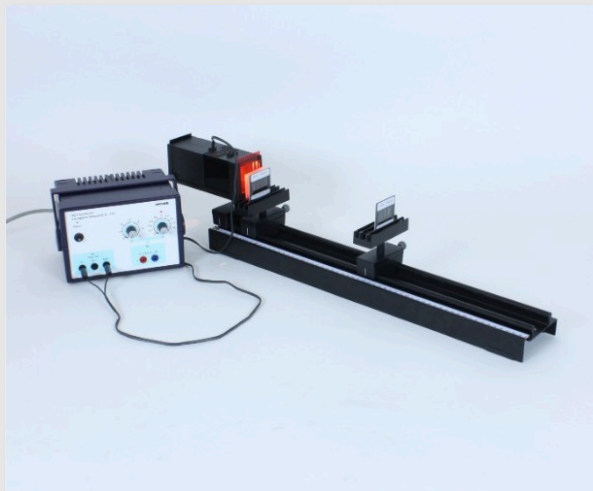
Экспериментальная установка

Оптические приборы используются для увеличения мелких или удаленных объектов, чтобы глаз мог видеть больше деталей. Однако каждое устройство в разной степени разрешает рассматриваемый объект в зависимости от принципа действия и конструкции.

Для того чтобы иметь возможность сравнивать устройства между собой, существуют критерии, которые более подробно определяют разрешающую способность прибора.

Описание

PHYWE



Экспериментальная установка

Оптические приборы используются для увеличения мелких или удаленных объектов, чтобы глаз мог видеть больше деталей. Однако каждое устройство в разной степени разрешает рассматриваемый объект в зависимости от принципа действия и конструкции.

Для того чтобы иметь возможность сравнивать устройства между собой, существуют критерии, которые более подробно определяют разрешающую способность прибора.

Дополнительная информация для учителей (1/4)

PHYWE

Предварительные

знания



Для учеников будет преимуществом, если они уже знакомы с дифракционной картиной в эксперименте с двойной щелью.

Принцип



Любое излучение, исходящее из точки объекта (точечного источника света), дифрагирует в трубе оптических приборов. В эксперименте две щели двойной щели образуют источники света (объекты). Возникают два дифракционных максимума 0-го порядка, которые едва различимы друг от друга, если выполняется критерий Рэлея. Этот критерий утверждает, что расстояние между дифракционными максимумами 0-го порядка не должно быть меньше половины расстояния между дифракционными минимумами 1-го порядка (см. рис. 25).

Дополнительная информация для учителей (2/4)

PHYWE

Цель



В этом эксперименте ученики должны познакомиться с критерием Рэлея.

Задачи



Учащиеся должны выяснить, при каких условиях два объекта (точки объекта) могут просто восприниматься отдельно с помощью оптического прибора, т.е. могут быть разрешены, а также проверить справедливость критерия Рэлея $d = 1/2 \cdot d_1$ (см. рис. 25) для разрешающей способности оптических устройств.

Дополнительная информация для учителей (3/4)

PHYWE

Примечания по подготовке и выполнению работы

Запланированные эксперименты можно проводить в полутемном помещении.

Оценка предела разрешающей способности в значительной степени зависит от субъективного восприятия экспериментатора. Поэтому в эксперименте 1 можно ожидать большого разброса измеренных значений для s_{\max} .

То же самое относится и к измеренным значениям в эксперименте 2.

Дополнительная информация для учителей (4/4)

PHYWE

Примечания

Уравнение $\lambda = g \cdot b / s$ можно получить из рисунка 25 следующим образом:

$$\sin(\alpha/2) \approx g/(2 \cdot s).$$

Поскольку угол α очень мал, также применимо следующее:

$$\alpha = g/s.$$

Следующее относится к дифракционному минимуму 1-го порядка для дифракции на одной щели:

$$\sin \alpha = \lambda/b \approx \alpha.$$

Общий результат таков:

$$\lambda/b = g/s \Leftrightarrow \lambda = g \cdot b / s.$$

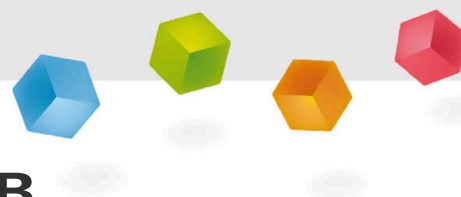
Инструкции по технике безопасности

PHYWE



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

PHYWE



Информация для учеников

Мотивация

PHYWE



Микроскоп для оптического увеличения

Для распознавания удаленных или очень маленьких объектов используются оптические приборы. В принципе, их задача заключается в увеличении угла зрения. Достаточно ли увеличение угла обзора для распознавания объекта, зависит от различных факторов, которые будут рассмотрены 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	Линза на скользящей опоре, f=+50 мм	09820-01	1
6	Скользкая опора для оптической скамьи	09822-00	2
7	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
8	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	2
9	Измерительная лупа	09831-00	1
10	Экран из матового стекла, 50x50x2 мм	08136-01	1
11	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
12	Диафрагма, с 4 двойными щелями	08523-00	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	Рулетка, l=2 м	09936-00	1
17	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	Линза на скользящей опоре, f=+50 мм	09820-01	1
6	Скользкая опора для оптической скамьи	09822-00	2
7	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
8	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	2
9	Измерительная лупа	09831-00	1
10	Экран из матового стекла, 50x50x2 мм	08136-01	1
11	Диафрагма, с 3 одиночными щелями	08522-00	1
12	Диафрагма, с 4 двойными щелями	08523-00	1
13	Щель, регулируемая до 1 мм	11604-07	1
14	Держатель для диафрагм	11604-09	1

Подготовка (1/4)

PHYWE

- Соберите оптическую скамью из двух штативных стержней и регулируемых частей основания и поместите шкалу (рис. 1 и рис. 2).



Рисунок 1



Рисунок 2

Подготовка (2/4)

PHYWE

- Соберите осветитель как показано на рисунках 3 и 4 и закрепите его в левой части основания штатива так, чтобы сторона объектива была обращена в сторону от оптической скамьи (рис. 5).
- Установите непрозрачный экран перед линзой осветителя (рис. 6).



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5



Рисунок 6

Подготовка (3/4)

PHYWE

- Поместите на оптическую скамью держатель пластин на скользящей опоре на расстоянии около 6 см (рис. 7).
- Закрепите в держателе матовый фокусирующий экран, экран с двойными щелями (рис. 8 и 9).
- Установите второй держатель пластин на скользящей опоре справа от него и прикрепите диафрагму с одинарными щелями (рис. 10).

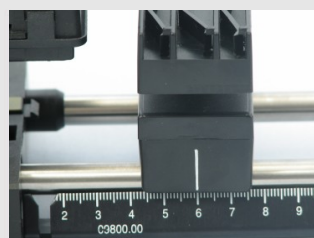


Рисунок 7



Рисунок 8



Рисунок 9

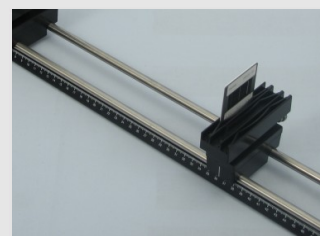


Рисунок 10

Подготовка (4/4)

PHYWE

- Вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя (рис. 11).
- Подключите осветитель к источнику питания (12 В~) и включите источник питания (рис. 12).



Рисунок 11



Рисунок 12

Выполнение работы (1/7)

PHYWE

Эксперимент 1

- Сначала переместите диаграмму с двойной щелью ($g = 1,00$ мм) вдоль оптической оси (рис. 13) и закройте двойные щели непрозрачными панелями (рис. 14).
- (Два штриха двойной щели представляют объекты, разрешение которых необходимо исследовать).



Рисунок 13



Рисунок 14

Выполнение работы (2/7)

PHYWE

- Посмотрите на двойную щель через одинарные щели разной ширины, перемещая держатель пластины с одинарными щелями (рис. 15) и определите максимальное расстояние s_{\max} , на котором два штриха двойной щели можно видеть отдельно друг от друга (разрешены) (рис. 16).
- (Одиночные щели служат апертурой объектива оптического прибора; их ширина соответствует диаметру объектива; а хрусталик глаза наблюдателя соответствует объективу формирования изображения.)
- Запишите наблюдения.

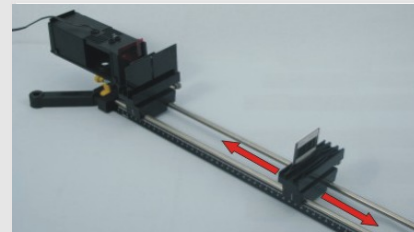


Рисунок 15

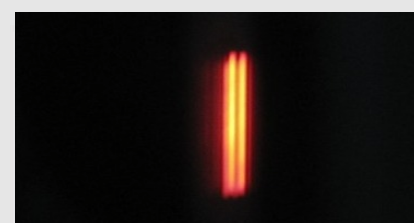


Рисунок 16

Выполнение работы (3/7)

PHYWE



Рисунок 17

- Рассмотрите двойную щель ($g = 0,50$ мм) и, наконец, диафрагму, которая проходит через одиночную щель ($g = 0,25$ мм), а также определите s_{\max} для каждого из этих случаев. Запишите все показания.
- Замените красный фильтр на синий (рис. 17) и повторите измерения. Снова запишите все значения.
- Выключите источник питания.

Выполнение работы (4/7)

PHYWE

Эксперимент 2

- Оставьте оптическую скамью с осветителем, как в эксперименте 1.
- Вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя и поместите линзу с $f = +50$ мм на расстоянии 5 см (рис. 18).
- Установите на оптическую скамью на расстоянии 10 см держатель пластины с матовым стеклом, диафрагму с двойной щелью, а также диафрагмы (рис. 19).

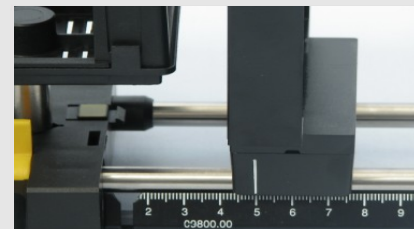


Рисунок 18

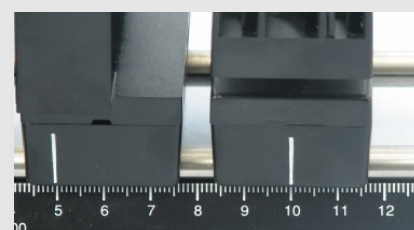


Рисунок 19

Выполнение работы (5/7)

PHYWE

- Установите на держатель диафрагмы регулируемую щель (рис. 20 и 21)
- Поместите его на рамку со шкалой (рис. 22).
- Установите на оптической скамье рамку со шкалой на расстоянии около 48 см. Поместите скользящую опору с держателем пластины и оптикой для наблюдения (измерительная линза) на расстоянии примерно 25 см справа от регулируемой щели (рис. 23).



Рисунок 20



Рисунок 21



Рисунок 22



Рисунок 23

Выполнение работы (6/7)

PHYWE

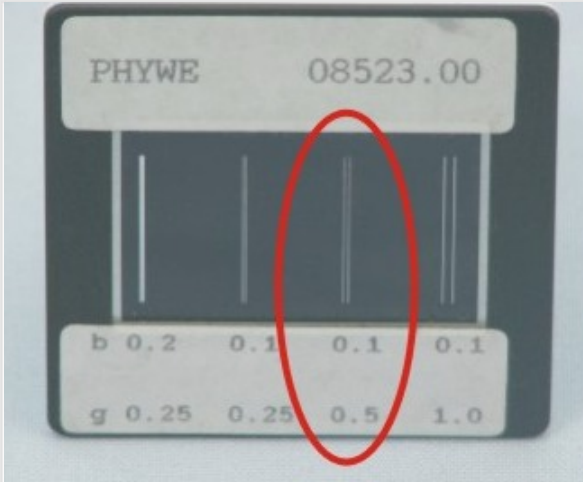


Рисунок 24

- Включите источник питания и переместите двойную щель с $g = 0.50$ мм и $b = 0.1$ мм вдоль оптической оси (рис. 24).
- Закройте оставшиеся двойные щели непрозрачными панелями.
- Посмотрите на дифракционную картину через лупу. Начните с относительно большой ширины щели b регулируемой щели и постепенно уменьшайте b .
- Опишите дифракционные картины.

Выполнение работы (7/7)

PHYWE

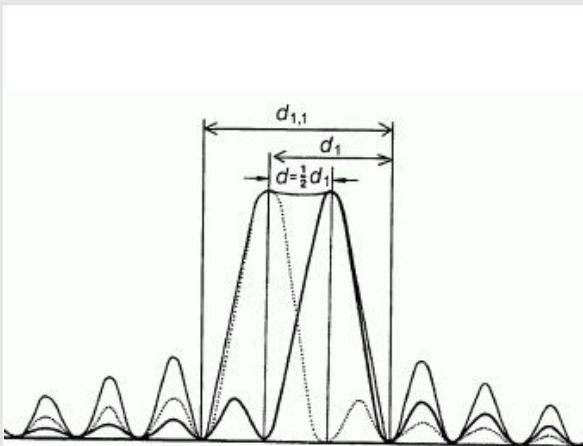


Рисунок 25

- Наконец, отрегулируйте ширину щели b так, чтобы два дифракционных максимума 0-го порядка можно было просто отличить друг от друга.
- Измерьте расстояние между двумя максимумами интенсивности 1-го порядка $d_{1,1}$ (см. рис. 25) и запишите измеренное значение.
- Замените двойную щель одинарной щелью с $b = 20$ мм и измерьте d_1 (см. рис. 25). Запишите измеренное значение.
- Выключите источник питания.

PHYWE

Протокол



Задание 1

PHYWE

От каких величин зависит разрешающая способность оптического прибора?

Разрешающая способность зависит от
 b одной щели (апертуры), s и цвета или
 λ света.

☒ Проверьте

Какая зависимость между величинами в каждом случае?

Разрешающая способность тем больше,

чем	<input type="text"/>	b	<input type="button" value="меньше"/>
чем	<input type="text"/>	s	<input type="button" value="больше"/>
чем	<input type="text"/>	λ	

☒ Проверьте

Задание 2

PHYWE

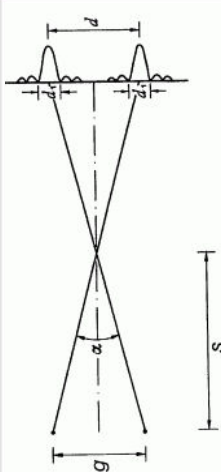


Рисунок 26

Заполните пробелы в тексте

Рис. 26 иллюстрирует один из случаев, когда узкие дифракционные максимумы возникают между двумя дифракционными максимумами 0-го порядка и вне их. На рис.25 достигается случай, когда два дифракционных максимума 0-го порядка можно просто _____, т.е. две щели _____ щели (объект) можно просто воспринимать отдельно.

Дифракционный _____ для одной из этих щелей в каждом случае находится в точке, где находится дифракционный _____ для другой щели. В этом случае применяется следующее: $d = d_1/2$.

 максимум 0-го порядка

 минимум 1-го порядка

 различить

 двойной

☒ Проверьте

Задание 3

PHYWE

Можно ли подтвердить критерий Рэлея на основании измеренных значений для $d_{1,1}$ и d_1 ?

- ☐ Применяется следующее: $d_{1,1} \approx 3d_1/2$. Из этого следует, что критерий Рэлея можно подтвердить с хорошей точностью.
- ☐ Применяется следующее: $d_{1,1} \approx 3d_1/2$. Из этого следует, что критерий Рэлея не может быть подтвержден.
- ☐ Применяется следующее: $d_{1,1} \approx d_1/2$. Соответственно, критерий Рэлея можно подтвердить с хорошей точностью.

☒ Проверьте