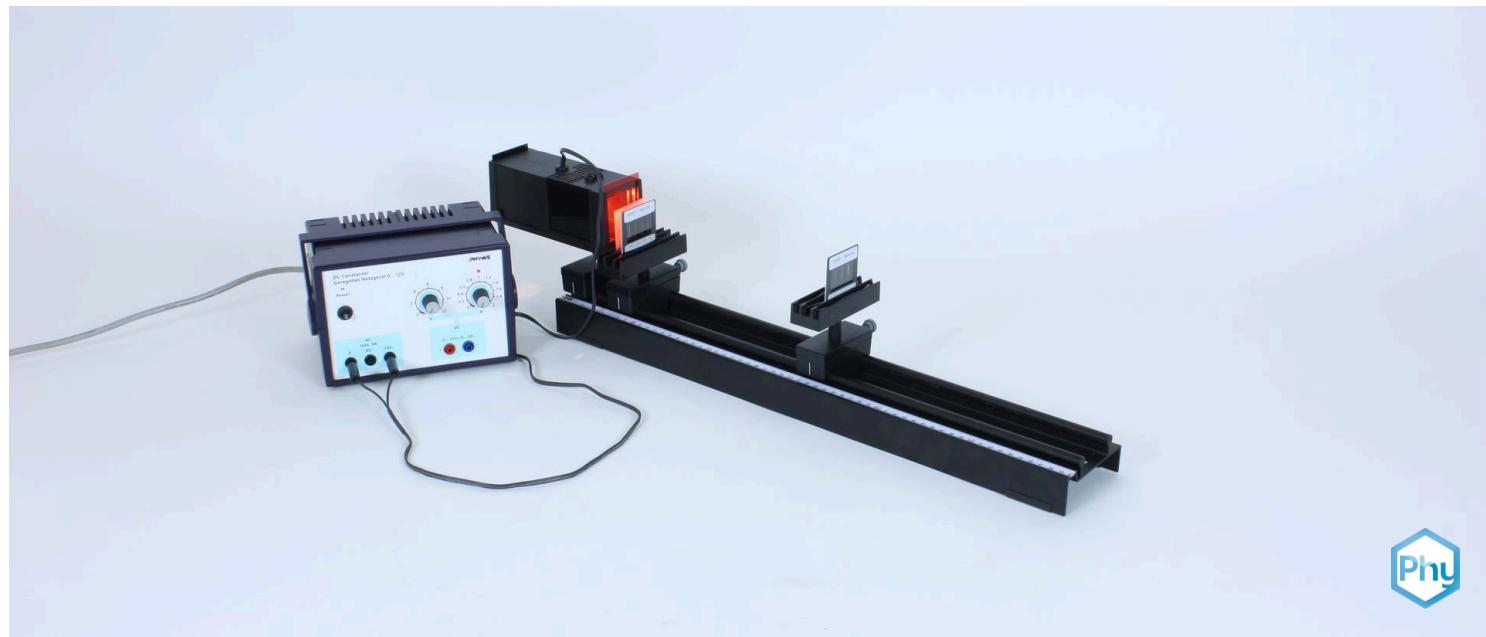


# Разрешающая способность оптических приборов



Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

лёгкий

1

10 Минут

10 Минут

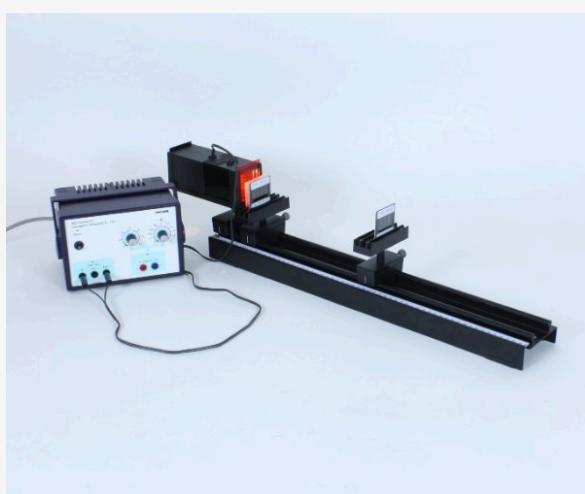
This content can also be found online at:

<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



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)



### 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)

### 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)

### 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)



### Примечания

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

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

Поскольку угол  $\alpha$  очень мал, также применимо следующее:

$$\alpha \approx g/s.$$

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



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 №.	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	Скользящая 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 №.	Количество
1	<u>Осветитель, галоген, 12В/20 Вт</u>	09801-00	1
2	<u>Нижняя часть светового ящика, со стержнем</u>	09802-20	1
3	<u>Оптическая скамья для лабораторных экспериментов, L = 600 мм</u>	08376-00	1
4	<u>Комплект цветных светофильтров, смесь аддитивных цветов</u>	09807-00	1
5	<u>Линза на скользящей опоре, f=+50 мм</u>	09820-01	1
6	<u>Скользящая опора для оптической скамьи</u>	09822-00	2
7	<u>Рамка со шкалой на скользящей опоре</u>	09823-00	1
8	<u>Держатель пластин для 3 объектов</u>	09830-00	2
9	<u>Измерительная лупа</u>	09831-00	1
10	<u>Экран из матового стекла, 50x50x2 мм</u>	08136-01	1
11	<u>Диафрагма, с 3 одиночными щелями</u>	08522-00	1
12	<u>Диафрагма, с 4 двойными щелями</u>	08523-00	1
13	<u>Щель, регулируемая до 1 мм</u>	11604-07	1
14	<u>Держатель для диафрагм</u>	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 фокусировочный 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

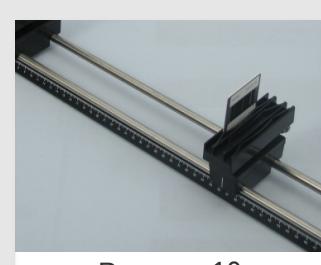


Рисунок 10

## 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

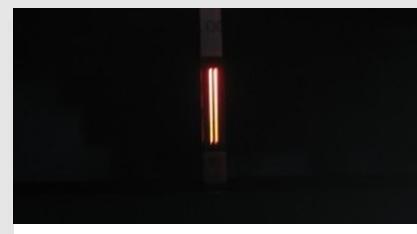


Рисунок 14

## 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

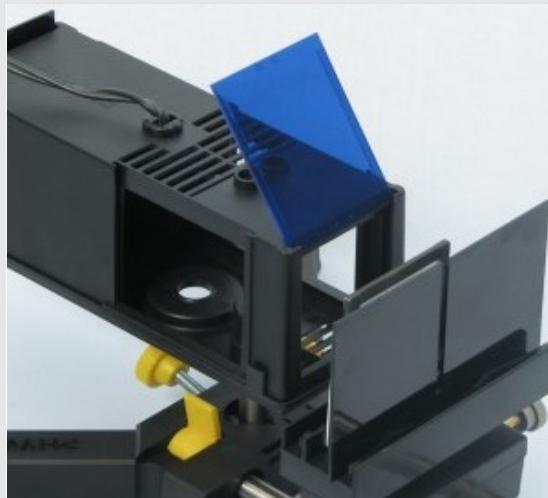


Рисунок 17

- Рассмотрите двойную щель ( $g = 0,50 \text{ мм}$ ) и, наконец, диафрагму, которая проходит через одиночную щель ( $g = 0,25 \text{ мм}$ ), 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

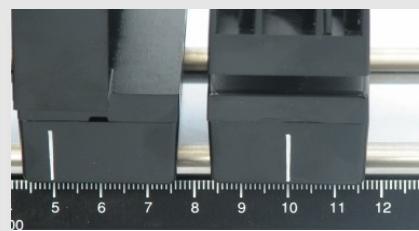


Рисунок 19

## 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

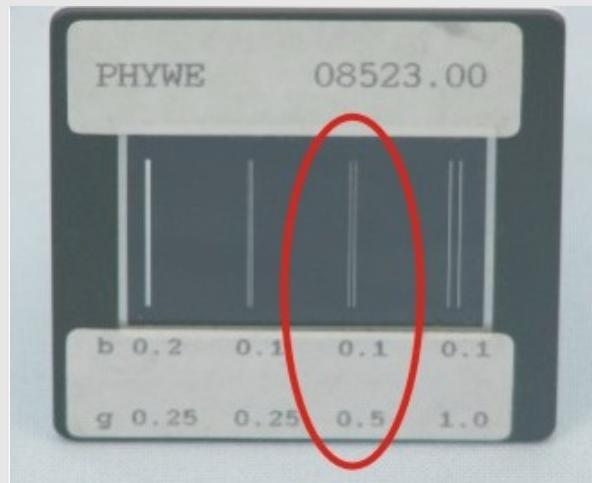


Рисунок 24

- 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

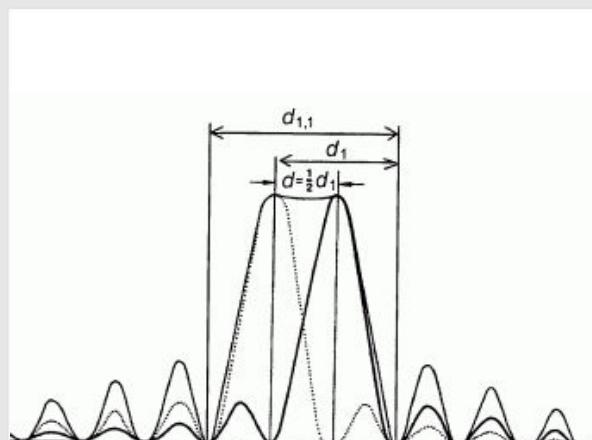


Рисунок 25

- Наконец, отрегулируйте ширину щели  $b$  так, чтобы два дифракционных максимума 0-го порядка можно 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   $\lambda$  света.

Проверьте

Какая зависимость между величинами в каждом случае?

Разрешающая способность тем больше,

чем	<input type="text"/>	$b$	<input type="text"/> меньше
чем	<input type="text"/>	$s$	<input type="text"/> больше
чем	<input type="text"/>	$\lambda$	

Проверьте

## Задание 2

### Заполните пробелы в тексте

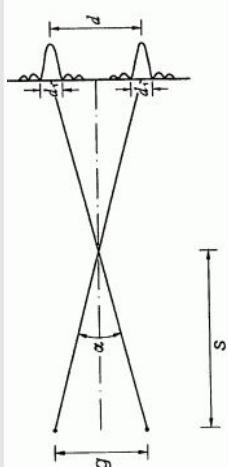


Рисунок 26

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 [redacted], т.е. две щели [redacted] щели (объект) можно просто воспринимать отдельно. Дифракционный [redacted] для одной из этих щелей в каждом случае находится в точке, где находится дифракционный [redacted] для другой щели. В этом случае применяется следующее:  $d = d_1/2$ .

Проверьте

## Задание 3

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