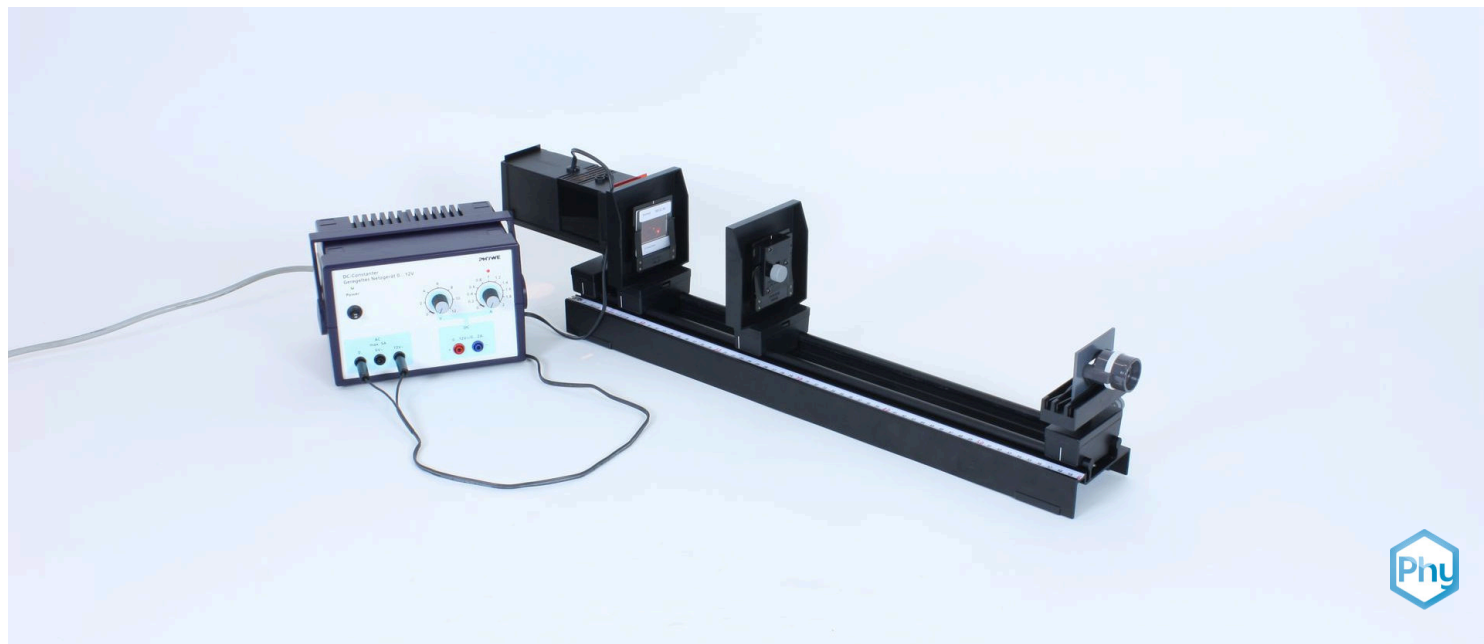


Разрешающая способность микроскопа



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:

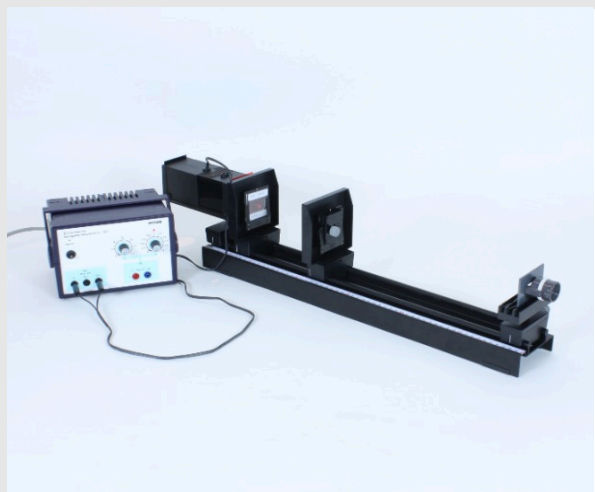
<http://localhost:1337/c/61916f6a91ea7700037a5140>

PHYWE

Информация для учителей

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



Учащиеся должны изучить явление дифракции света.

Принцип



В оптическом микроскопе объектив создает промежуточное действительное изображение, которое можно рассмотреть с помощью окуляра. Согласно законам лучевой оптики, нет никаких фундаментальных ограничений на увеличение, создаваемого объективом. Тем не менее, поскольку свет имеет волновые свойства, возможное увеличение микроскопа ограничено явлениями дифракции. При использовании микроскопа в проходящем свете необходимо учитывать дифракцию на объекте и на линзе.

Дополнительная информация для учителей (2/4)

PHYWE

Цель



В этом эксперименте ученики должны понять, как длина волны используемого света и числовая апертура влияют на разрешение микроскопа.

Задачи



Учащиеся должны выяснить, как разрешающая способность микроскопа зависит от длины волны используемого света и эффективного диаметра линзы. Эффективный диаметр линзы приблизительно равен ширине регулируемой щели объектива. Затем они должны определить соотношение между разрешающей способностью, длиной волны используемого света и числовой апертурой микроскопа.

Дополнительная информация для учителей (3/4)

PHYWE

Примечания по подготовке и выполнению работы

Чтобы эксперимент был управляемым, обсуждается только дифракция на линзе. По величине обе дифракционные составляющие дают одинаковый предел разрешения для микроскопа.

Поскольку необходимо провести относительно большое количество измерений, рекомендуется разделение труда: Каждая группа учеников проводит измерения только для определенного цвета или только с определенной решеткой.

Дополнительная информация для учителей (4/4)

PHYWE

Примечания

Решение о том, можно ли четко распознать структуру решетки как таковую, в значительной степени зависит от субъективного восприятия наблюдателя. Поэтому следует ожидать, что результаты измерений учащихся будут значительно отличаться.

Дифракция на объективе микроскопа вызвана границей круговой линзы. В эксперименте, однако, в качестве дифракционного объекта используется диафрагма со щелью, которая дает иные результаты интерференции, чем диафрагма с отверстием. Таким образом, следует ожидать результатов, отличающихся от данных, приведенных в справочной литературе.

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. Однако следует помнить, что свет обладает волновыми свойствами. Это означает, что возникают дифракционные явления, которые влияют на разрешение и должны быть приняты во внимание.

Задачи

PHYWE



Экспериментальная установка

1. Исследуйте, как разрешающая способность микроскопа зависит от длины волны используемого света и диаметра отверстия линзы (числовой апертуры).
2. Выясните, как связаны разрешающая способность, длина волны используемого света и числовая апертура микроскопа.

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	Линза на скользящей опоре, $f=+100$ мм	09820-02	1
7	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	1
8	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
9	Измерительная лупа	09831-00	1
10	Дифракционная решетка, 4 линии/мм	08532-00	1
11	Дифракционная решетка, 8 линий/мм	08534-00	1
12	Дифракционная решетка, 10 линий/мм	08540-00	1
13	Щель, регулируемая до 1 мм	11604-07	1
14	Держатель для диафрагм	11604-09	2
15	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	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.
- Закрепите осветитель 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

- Установите на оптической скамье линзу с $f = +50$ мм непосредственно рядом со осветителем.
- Установите на оптической скамье держатель диафрагмы с решеткой (4 линиями/мм) (рис. 7).
- Установите на оптической скамье линзу с $f = +100$ мм на расстоянии 22 см (рис. 8).



Рисунок 7

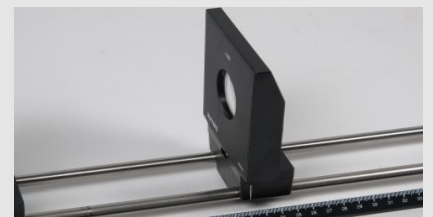


Рисунок 8

Подготовка (4/4)

PHYWE

- Закрепите оптику наблюдения (измерительную линзу) в правом пазу держателя пластины и установите ее вместе на скользящей опоре на правом конце оптической скамьи (рис. 9).
- Подключите осветитель к источнику питания (12 В~) и включите источник питания (рис. 10).

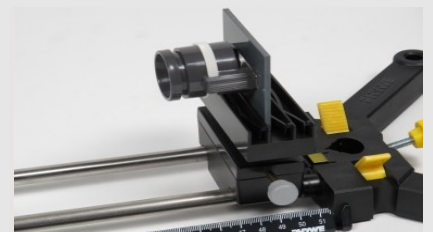


Рисунок 9



Рисунок 10

Выполнение работы (1/4)

PHYWE

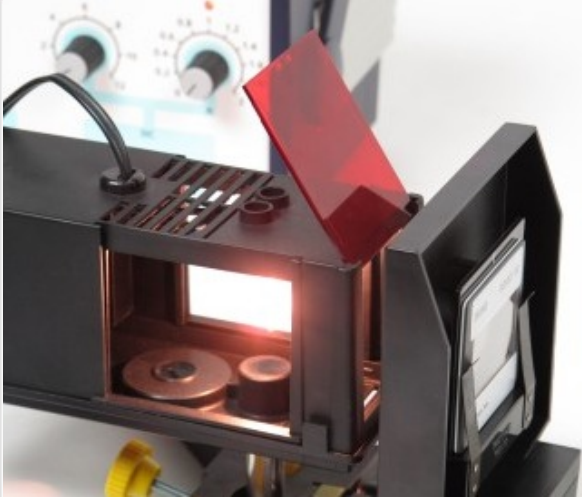


Рисунок 11

- Получите четкое изображение решетки в плоскости наблюдения, перемещая линзу с $f = +100$ мм.
- Вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя (рис. 11).

Выполнение работы (2/4)

PHYWE

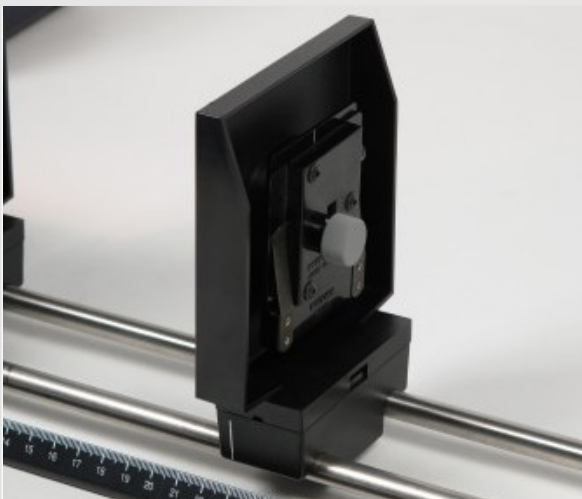


Рисунок 12

- Установите закрытую регулирующую щель с держателем диафрагмы на линзу с $f = +100$ мм (рис. 12).
- Измерьте и запишите расстояние z между решеткой и регулирующей щелью.
- Увеличивайте ширину щели до тех пор, пока не будет видна линейная структура решетки (объект).

Выполнение работы (3/4)

PHYWE

- Переместите линзу с $f = + 50$ мм без решетки на расстояние 30 см (рис. 13).
- Перемещайте ее до тех пор, пока щель не будет четко сфокусирована в плоскости наблюдения (рис. 14).
- Измерьте и запишите ширину d изображения щели.



Рисунок 13



Рисунок 14

Выполнение работы (4/4)

PHYWE

- Измерьте расстояние до изображения b (расстояние от линзы до плоскости наблюдения) и расстояние до объекта g (расстояние от щели до объектива) и запишите результаты.
- Восстановите первоначальную экспериментальную установку и используйте фильтры и решетки для определения d для всех других комбинаций. Запишите измеренные значения.
- Выключите источник питания.

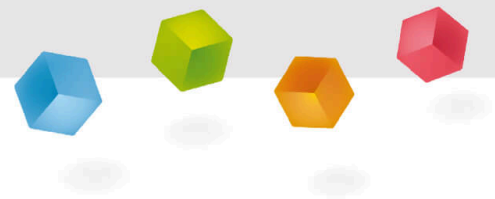


Рисунок 13



Рисунок 14

PHYWE



Протокол

Задание 1

PHYWE

Заполните пробелы в тексте.

Предел разрешающей способности микроскопа - это
[] между двумя точками объекта, на котором они
могут восприниматься []. В эксперименте это
соответствует [] решетки
[] (расстоянию между двумя
[]) решетки, используемой в каждом случае.
Обратное значение [] предела разрешения
(количество линий на мм) называется [].

 G

соседними линиями

постоянной

по отдельности

 G^{-1}

наименьшее расстояние

разрешением

☒ Проверьте

Задание 2

PHYWE

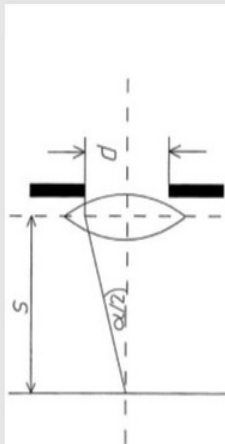


Рисунок 15

Числовая апертура A как параметр линзы представляет собой половину угла, под которым появляется эффективная апертура объектива, если смотреть со стороны объекта (рис. 15):

$$A = n \cdot \sin(\alpha/2) \approx d/2s.$$

Поскольку между объектом и линзой находится воздух, для проведенного эксперимента $n = 1$.

Рассчитайте числовую апертуру A для всех рассмотренных случаев, а также произведение $G \cdot A$. Какова взаимосвязь между разрешающей способностью и числовой апертурой вытекает из произведения $G \cdot A$?

- ☐ Для каждого из используемых цветов разрешающая способность пропорциональна числовой апертуре.
- ☐ Произведение $G \cdot A$ линейно возрастает с увеличением числовой апертуры и не

Задание 3

PHYWE

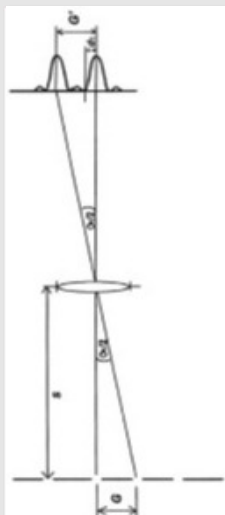


Рисунок 16

Объясните ограниченное разрешение микроскопа, основанное на дифракции света на отверстии линзы, используя рис.16.

Из-за дифракции света на [] объектива: где дифрагируется [] две точки объекта изображаются в виде дифракционных объектов, которые частично [] на [] расстоянии от точек объекта. Два дифракционных объекта можно надежно [], только если [] одного лежит вне первого [] другого ([]). Это увеличивает разрешающую способность: [] микроскопа.

✓ Проверьте

Слайд	Оценка/ Всего
Слайд 21: Определение разрешающей способности	0/7
Слайд 22: Взаимосвязь между числовой апертурой и разрешающей способ...	0/1
Слайд 23: Объяснение ограниченной разрешающей способности	0/9

Всего



Решения

Повторите