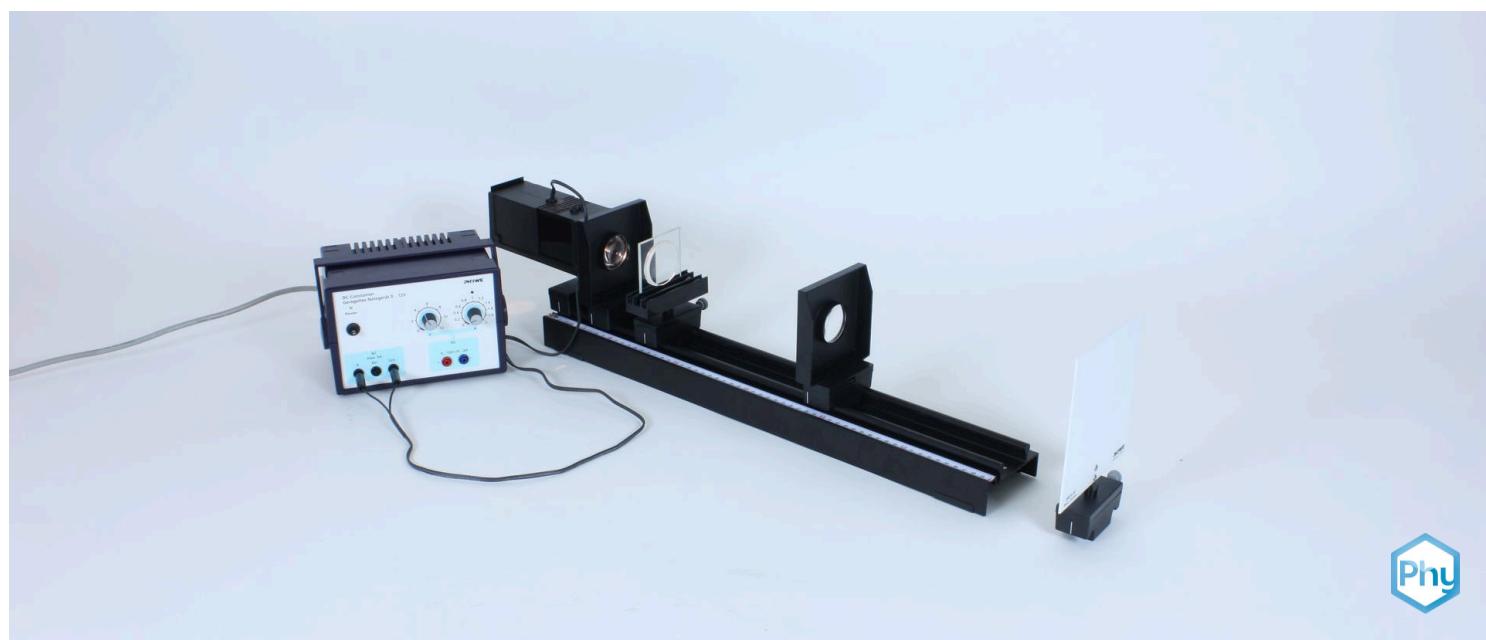


Кольца Ньютона



Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

лёгкий

1

10 Минут

10 Минут

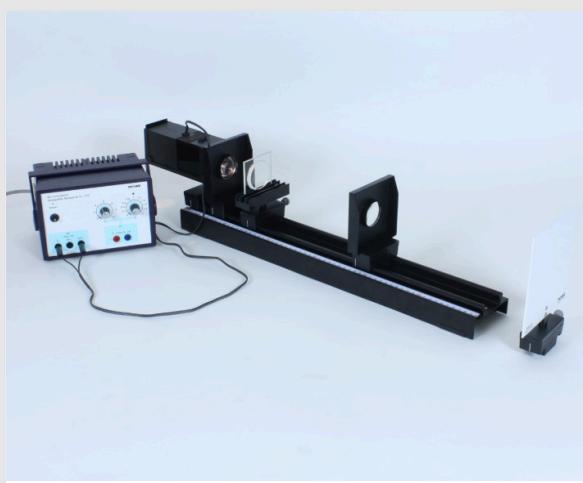
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/6186d5f81c295000038906d3>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Когда параллельный луч света попадает в клин воздуха, ограниченный плоским и сферическим стеклянным телом, интерференция создает картину концентрических кольцеобразных полос. Такое расположение называется цветным стеклом Ньютона, а интерференционная картина - кольцами Ньютона.

Оценивая кольца Ньютона, можно сделать выводы о качестве и форме сферической линзы при условии, что известна используемая длина волны.

Дополнительная информация для учителей (1/6)

Предварительные
знания



Принцип



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

Интерференционные кольца возникают из-за того, что часть света, проходящего через плоскопараллельную пластину и корпус линзы, проходит непосредственно через устройство, а другая часть отражается на своем пути сначала от поверхности линзы, а затем от стеклянной пластины, создавая разность хода.

Дополнительная информация для учителей (2/6)

Цель



Задачи



Цель эксперимента - продемонстрировать ученикам волновой характер света. Учащиеся узнают, как определить радиус линзы по интерференционной картине.

Студенты должны узнать, как образуются кольца Ньютона, и попрактиковаться в применении этого явления, экспериментально получая измеренные значения и обрабатывая их в дальнейшем.

Дополнительная информация для учителей (3/6)



Примечания по подготовке и выполнению работы

Из-за более простой установки было предложено провести эксперимент с проходящим светом, хотя работа с отраженным светом позволяет получить более контрастные изображения колец Ньютона. Комната для экспериментов должна быть хорошо затемнена.

Особое внимание требуется для разметки и определения диаметра изображения D_n' . Рекомендуется записать положение центров темных колец на горизонтальной прямой линии, проходящей через общий центр круга.

Дополнительная информация для учителей (4/6)



Примечания

Следует предложить ученикам посмотреть через ньютоновское цветное стекло до или после эксперимента, а также воспользоваться оптикой для наблюдения. На этом основан следующий вариант эксперимента, требующий сравнительно небольших усилий:

На стол кладется красный фильтр, на него - цветное стекло Ньютона с линзой, направленной вверх, и сверху - оптику для наблюдения (измерительную лупу). Затем эта конструкция поднимается, и с помощью лупы человек смотрит на яркий свет. Также можно определить и радиус колец D_n в масштабе оптики для наблюдения, если ее плоская граничная линия совпадает с горизонтальным диаметром всех колец. Недостатком этого варианта является то, что измерять можно только до $n = 4$ колец при большой относительной погрешности.

Дополнительная информация для учителей (5/6)



Примечания

Чтобы вывести уравнение

$$4 \cdot R \cdot \lambda = D_{n+1}^2 - D_n^2$$

Можно сделать следующие выводы: r_n - радиус n-го темного кольца для монохроматического света с длиной волны λ , d_n - расстояние между сферической поверхностью и плоскопараллельной пластиной для r_n . В этом случае применяется следующее:

$$\begin{aligned} (R - d_n)^2 + r_n^2 &= R^2 \\ R^2 - 2Rd_n + d_n^2 + r_n^2 &= R^2 \\ -2Rd_n + d_n^2 + r_n^2 &= 0 \\ r_n^2 &= 2Rd_n - d_n^2 \text{ и из-за } R \gg d_n \\ d_n &= r_n^2 / 2R \end{aligned}$$

Дополнительная информация для учителей (6/6)



Примечания

Цуги волн, плавно проходящие через цветное стекло Ньютона, имеют разность хода $\Delta = 2d_n = r_n^2/R$ по сравнению с цугами волн, дважды отраженными на своем пути. С другой стороны, световые волны, которые интерферируют с соседними кольцами, имеют разность хода λ друг относительно друга. Поэтому для двух темных колец, следующих друг за другом, получаем:

$$(r_{n+1}^2/R) - (r_n^2/R) = \lambda \text{ и отсюда } r_{n+1}^2 - r_n^2 = \lambda \cdot R.$$

Диаметры колец могут быть определены экспериментально более точно, чем радиусы. Поскольку $D_n = 2r_n$, то получаем следующее соотношение: $D_{n+1}^2 - D_n^2 = 4R\lambda$.

С помощью этой зависимости можно определить длину волны λ , если известен сферический радиус R , или наоборот, например, определить радиус кривизны линзы в эксперименте с монохроматическим светом известной длины волны.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE



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

PHYWE



Информация для учеников

Мотивация



Солнце как естественный источник света

Свет - это видимая для человека область электромагнитного спектра. С помощью дифракционных объектов, таких как линза, 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.

Задачи



Экспериментальная установка

1. Направьте параллельный пучок света через цветное стекло Ньютона и используйте полученные кольца, чтобы определить радиус стеклянного тела в форме линзы.

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	Линза на скользящей опоре, f=+100 мм	09820-02	1
7	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	2
8	Экран, белый, 150x150 мм	09826-00	1
9	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
10	Пластиинка и линза для эксперимента с кольцами Ньютона	08551-00	1
11	PHYWE Источник питания пост. ток: 0...12 В, 2 А / перемен. ток: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1
12	Рулетка, l=2 м	09936-00	1

Подготовка (1/4)

PHYWE

Эксперимент 1

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



Рисунок 1

Подготовка (2/4)

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 (3/4)



- Установите на оптической скамье линзу $f = +50$ мм на расстоянии около 5 см от осветителя (рис. 6).
- Поместите скользящую опору с держателем пластины и цветное стекло Ньютона (пластина с линзой) на расстоянии около 10 см. Убедитесь, что линза находится над пластинчатой пружиной и что пружина и линза направлены вправо (рис. 7 и рис. 8).
- Поместите на оптическую скамью линзу с $f = +100$ мм на расстоянии около 22 см от осветителя (рис. 9).

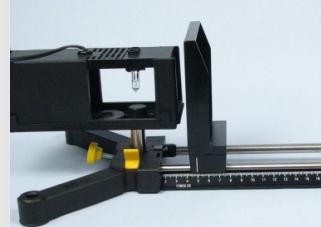


Рисунок 6



Рисунок 7



Рисунок 8

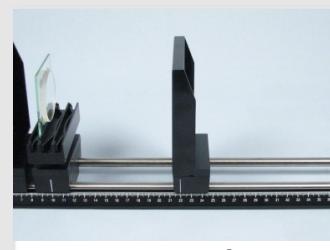


Рисунок 9

Подготовка (4/4)



Рисунок 10

- Поместите экран на скользящую опору справа от оптической скамьи примерно на расстоянии 30 см (рис. 10).

Выполнение работы (1/4)

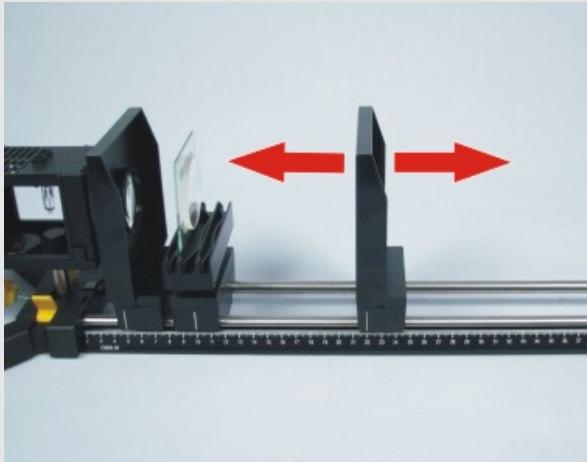


Рисунок 11

- Подключите осветитель к источнику питания (12 В~) (рис. 13) и включите источник питания.
- Перемещайте линзу с $f = +100$ мм на оптической скамье (рис. 11) до тех пор, пока на экране не появится четкое изображение цветного узора колец.
- Посмотрите на картинку и запишите свои наблюдения.

Выполнение работы (2/4)

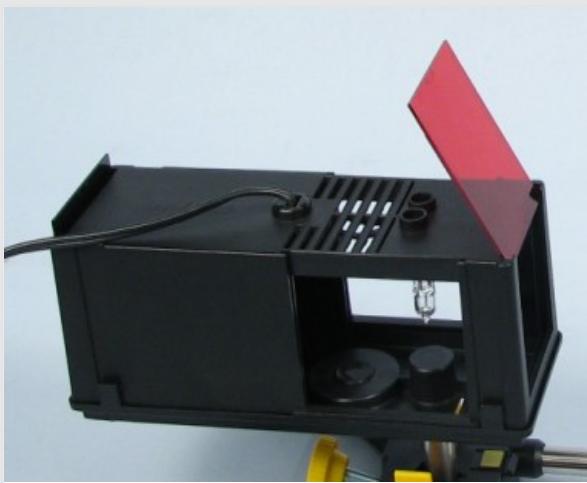


Рисунок 12

- Вставьте красный фильтр в прорезь осветителя (рис. 12).
- Снова наблюдайте за изображением и опишите его.

Выполнение работы (3/4)

PHYWE

- Прикрепите к экрану лист бумаги З скрепками (рис. 13), не изменяя положения экрана; при необходимости снова сфокусируйте изображение.
- Измерьте расстояния g (между цветным стеклом и линзой с $f = +100$ мм) и b (между линзой с $f = +100$ мм и экраном) (рис. 14) и запишите результаты.

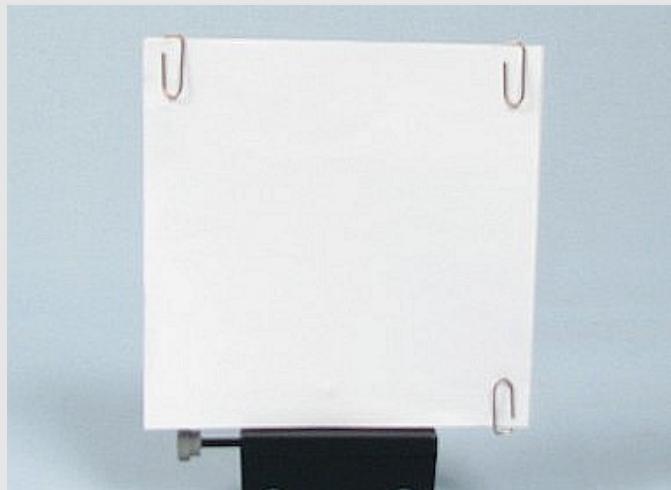


Рисунок 13

Выполнение работы (4/4)

PHYWE

- Отметьте карандашом диаметры темных колец, изображенных на бумаге, и таким образом определите как можно больше диаметров D'_n .
- Выключите источник питания.
Измерьте линейкой диаметр D'_n и запишите значения; (D'_1 - это значение для самого маленького кольца).

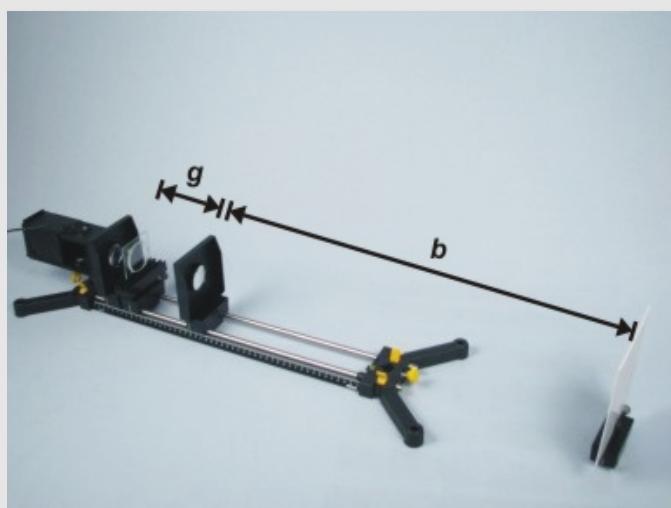


Рисунок 14

PHYWE



Протокол

Задание 1

PHYWE

Заполните пробелы в тексте!

Когда свет от стеклянной пластины попадает на [] , часть его сразу же проходит через линзу. Другая часть отражается от [] линзы, а затем от поверхности [] , прежде чем она тоже пройдет линзу. По сравнению с первой частью она имеет [] . Если $\Delta = (2n - 1) \cdot (\lambda/2)$, тогда компоненты света с длиной волны λ [] друг друга, а при $\Delta = n \cdot \lambda$ [].

разность хода Δ

стеклянной пластины

усиливаются

поверхности

компенсируют

линзу

 Проверьте

Задание 2

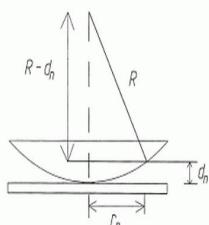


Рисунок 15

Для темных колец, возникающих при прохождении монохроматического света через цветное стекло Ньютона (см. рис. 15), справедливо следующее: $r_{n+1}^2 - r_n^2 = R\lambda$.

Какая формула получается при соотношении $2r_n = D_n$?

$$(1/4)R \cdot \lambda = D_{n+1}^2 + D_n^2$$

$$4R \cdot \lambda = D_{n+1}^2 - D_n^2$$

$$8R \cdot \lambda = D_{n+1}^2 - D_n^2$$

Задание 3

Рассчитайте диаметры D_n , используя уравнение $D_n/D'_n = g/b$. Определите среднее значение для $D_{n+1}^2 - D_n^2 = g/b$, чтобы потом рассчитать радиус R линзы по формуле из задания 2. (Длина волны светофильтра красного цвета составляет около 630 нм). Какое значение Вы получили для R ?

- $R \approx 12 \text{ см}$
- $R \approx 8 \text{ см}$
- $R \approx 10 \text{ см}$

Проверьте

Слайд Оценка / Всего

Слайд 23: Возникновение интерференционных колец 0/6

Слайд 24: Уравнение колец Ньютона 0/1

Слайд 25: Радиус линзы 0/1

Всего  0/8

 Решения

 Повторите

15/15