

Эксперимент с двойным зеркалом Френеля



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/61af415b83af760003c3a3fe>

PHYWE

Информация для учителей

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Одним из исторически значимых экспериментов, проведенных в 18-19 веках для доказательства волновой природы света, был эксперимент с двойным зеркалом, разработанный Френелем в 1816 году.

Дополнительная информация для учителей (1/5)

Предварительные
знания



Принцип



Для проведения этого эксперимента ученикам не требуется никаких специальных предварительных знаний.

С помощью двух плоских зеркал, наклоненных почти на 180° друг к другу, отражая расходящийся пучок света, можно создать два мнимых источника света, из которых исходят два расходящихся пучка света, способных интерферировать, поскольку они когерентны.

Дополнительная информация для учителей (2/5)

Цель



Сначала учащиеся должны познакомиться с основной схемой эксперимента Френеля и описать интерференционные картины. Наклон двух зеркал относительно друг друга нельзя изменить, и это упрощает настройку экспериментальной установки.

Во второй части эксперимента необходимо определить длину волны красного света. Используя другие фильтры, можно определить длину волны и для других цветов.

Задачи



Ученики должны направить узкий пучок света на двойное зеркало Френеля под большим углом падения и наблюдать за происходящими явлениями. Затем они должны определить расстояние между мнимыми источниками света и использовать его и интерференционную картину для определения длины волны красного света.

Дополнительная информация для учителей (3/5)

Примечания по подготовке и выполнению работы

Настройка экспериментальной установки должна проводиться в хорошо затемненном помещении. Особенно важно, чтобы щель была параллельна плоскости зеркала.

Сначала ученики получают 3 яркие зоны, одна из которых исходит от проходящего света, а две другие - от отраженного. Интерференционные полосы уже можно наблюдать в зоне, создаваемой проходящим светом. Они вызваны дифракцией на переднем крае зеркала, расположены неравномерно, и их не следует путать с интерференционными полосами, имеющими отношение к этому эксперименту.

Дополнительная информация для учителей (4/5)

Примечания по подготовке и выполнению работы

Два других световых луча должны иметь примерно одинаковую яркость. Это достигается перемещением двойного зеркала перпендикулярно траектории луча таким образом, чтобы обе половины зеркала освещались светом одинаково. Теперь поворачивая зеркало, необходимо направить световые лучи на экран. Затем в светлой зоне возникают интерференционные полосы, которые находятся на одинаковом расстоянии друг от друга. Чем четче полосы, тем лучше параллельность между плоскостями щели и зеркала и тем уже щель.

При измерении с помощью оптики для наблюдения (измерительной лупы) помещение необходимо слегка осветить так, чтобы была видна шкала измерительного прибора.

Дополнительная информация для учителей (5/5)

PHYWE

Примечания

Зеркало Френеля, также называемое двойным зеркалом Френеля, состоит из зеркального стекла. Не касайтесь его поверхности пальцами и, при необходимости, очищайте только мягкой щеткой, ватой или аналогичными средствами.

Зеркальную коробку (09832-00) для хранения измерительной лупы можно использовать вместо держателя пластины.

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 двойного зеркала можно наблюдать особое явление света - способность интерферировать, что указывает на волновой характер света.

Но как выглядит интерференционная картина и как ее можно использовать для определения длины волны света? Эти вопросы рассматриваются в этом эксперименте.

Задачи

PHYWE



Экспериментальная установка

1. Направьте узкий луч света на двойное зеркало Френеля под большим углом падения и наблюдайте за происходящими явлениями.
2. Определите расстояние между мнимыми источниками света и используйте его и интерференционную картину для определения длины волны красного света.

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=+300 мм	09820-04	1
7	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	2
8	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	1
9	Экран, белый, 150x150 мм	09826-00	1
10	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	2
11	Измерительная лупа	09831-00	1
12	Зеркало Френеля на пластинке	08561-00	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

Подготовка (1/4)

PHYWE

Эксперимент 1

- Соберите оптическую скамью с двумя штативными стержнями и регулируемым основанием штатива и поместите шкалу (рис. 1 и рис. 2).



Рисунок 1



Рисунок 2

Подготовка (2/4)

PHYWE

- Установите осветитель, как показано на рис. 3 и 4 и закрепите его в левой части основания штатива так, чтобы чтобы сторона объектива была направлена 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 оптической скамье линзу с $f = + 50$ мм на расстоянии 6 см (рис. 7).
- Прикрепите держатель диафрагмы с регулируемой диафрагмой к рамке со шкалой и установите его на оптической скамье на расстоянии около 8 см (рис. 8).



Рисунок 7



Рисунок 8

Подготовка (4/4)

PHYWE

- Установите скользящую опору с держателем пластины и зеркалом Френеля на расстоянии около 20 см между стержнями штатива (рис. 9).



Рисунок 9

Выполнение работы (1/8)

PHYWE



Рисунок 10

Эксперимент 1

- Подключите светильник к источнику питания (12 В~) и включите источник питания (рис. 10).
- Отрегулируйте диафрагму со щелью и зеркало Френеля так, чтобы свет, выходящий из щели, попадал на обе части двойного зеркала равномерно, касаясь и в то же время частично проходя перед зеркалом.

Выполнение работы (2/8)

PHYWE



Рисунок 10

- Поместите экран на скользящей опоре на расстоянии около 180 см на пути луча и отрегулируйте двойную щель, вращая ее вокруг своей оси и перемещая перпендикулярно оптической оси так, чтобы свет, исходящий непосредственно из щели, находился на расстоянии около 2 см от двух одинаково ярких полос, вызванных двумя мнимыми источниками света, созданными отражением.

Выполнение работы (3/8)



Рисунок 11

- Отрегулируйте положение зеркала, осторожно поворачивая его так, чтобы два луча света, отраженные зеркалами, попадали на экран в одной и той же точке.
- Снимите экран со скользящей опоры и установите на его место держатель пластины с оптикой для наблюдения (измерительной лупой) (рис. 11).

Выполнение работы (3/8)



Рисунок 11

- Отрегулируйте положение зеркала, осторожно поворачивая его так, чтобы два луча света, отраженные зеркалами, попадали на экран в одной и той же точке.
- Снимите экран со скользящей опоры и установите на его место держатель пластины с оптикой для наблюдения (измерительной лупой) (рис. 11).

Выполнение работы (4/8)



Рисунок 12

- Поместите на оптической скамье лупу на расстоянии 48 см (рис. 12) и, если необходимо, слегка поверните щель с держателем, пока интерференционные полосы не станут резкими (щель должна быть параллельна плоскостям зеркал).
- Измените ширину щели и при необходимости слегка отрегулируйте двойное зеркало.

Выполнение работы (5/8)



Рисунок 12

- Поместите оптику для наблюдения обратно на пути луча на расстоянии примерно 180 см.
- Наблюдайте за интерференционными полосами с помощью измерительной лупы так, чтобы поле зрения было равномерно освещено.
- Опишите наблюдения.

Выполнение работы (6/8)

PHYWE

Эксперимент 2

- Не меняя экспериментальной установки, вставьте красный фильтр в прорезь корпуса осветителя (рис. 13).



Рисунок 13

Выполнение работы (7/8)

PHYWE

- Измерьте и запишите расстояние d между красными интерференционными полосами с помощью измерительной лупы. Для этого определите расстояние между 6 полосами (т.е. d_5 на рис.14) и найдите среднее значение.
- Измерьте расстояние e между щелью и оптикой для наблюдения и запишите его.
- Чтобы определить расстояние между двумя мнимыми источниками света (щелями), поместите линзу с $f = +300$ мм на расстояние 48 см. Удерживая экран обратно на пути луча, перемещайте его до тех пор, пока мнимые щели не окажутся в фокусе.

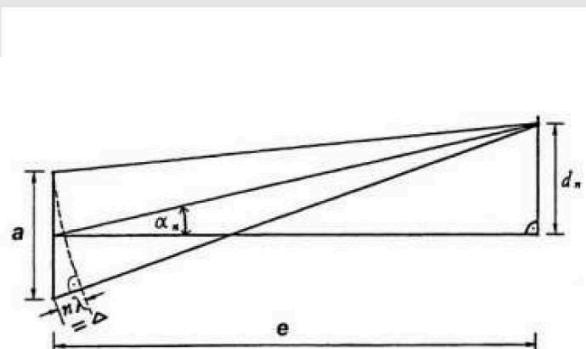


Рисунок 14

Выполнение работы (8/8)

PHYWE

- Установите вместо экрана измерительную лупу; измерьте расстояние a' между изображениями щелей (см. рис. 15).
- Измерьте расстояние g между регулируемой щелью (или мнимыми щелями) и линзой с $f = +300$ мм, а также расстояние b между линзой и лупой.
- Выключите источник питания.

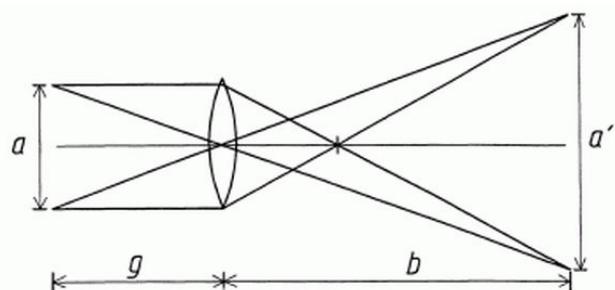


Рисунок 15

PHYWE

Протокол



Задание 1

Образование интерференционных полос

Расходящийся световой пучок, исходящий из регулируемой щели, отражается первым и частично зеркалом. Отраженные пучки света, которые, кажется, исходят из двух источников света, пересекаются в одной части пространства. И поскольку они являются пучками света, они интерфеcируют и образуют интерференционные полосы. Если двух световых лучей является λ , они максимально усиливаются и, ослабляются, если $\Delta=(2 n-1) \cdot \lambda/2$ ($n=1,2,3 \dots$).

разность хода Δ
целым кратным
когерентными
частично
мнимых
вторым

Проверьте

Задание 1

Образование интерференционных полос

Расходящийся световой пучок, исходящий из регулируемой щели, отражается первым и частично зеркалом. Отраженные пучки света, которые, кажется, исходят из двух источников света, пересекаются в одной части пространства. И поскольку они являются пучками света, они интерфеcируют и образуют интерференционные полосы. Если двух световых лучей является λ , они максимально усиливаются и, ослабляются, если $\Delta=(2 n-1) \cdot \lambda/2$ ($n=1,2,3 \dots$).

разность хода Δ
целым кратным
когерентными
частично
мнимых
вторым

Проверьте

Задание 2

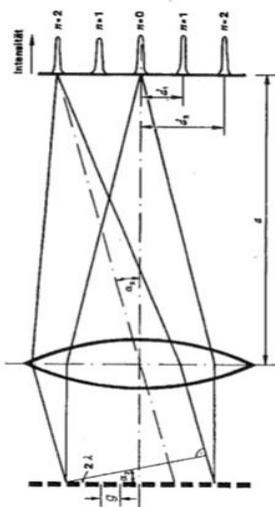


Рисунок 16

Определение длины волны λ

Согласно рис. 17: $\sin(\alpha_n) = \boxed{}$ и $\tan(\alpha_n) = \boxed{}$

Для малых углов α применяется $\boxed{} = \boxed{}$ приближение:

Из этого следует: $\boxed{} = \boxed{}$

Путем преобразования получаем: $\Leftrightarrow \boxed{} = \boxed{}$

Поэтому для $n = 1$ применимо следующее: $\lambda = g \cdot (d/e)$

$$(g/e) \cdot (d_n/n)$$

$$\sin(\alpha)$$

$$n \cdot (\lambda/g)$$

$$\lambda$$

$$\tan(\alpha)$$

$$d_n/e$$

Проверьте