

Эксперимент с зеркалом Ллойда



Для создания при отражении второго мнимого источника света в дополнение к реальному источнику света можно использовать зеркало. В области перекрытия прямого и отраженного света на экране становятся видны интерференционные полосы. Эта процедура также известна как эксперимент с зеркалом Ллойда.

Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

средний

2

10 Минут

20 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/615fe5036266830003271036>

PHYWE

Общая информация

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Для создания при отражении второго мнимого источника света в дополнение к реальному источнику света можно использовать зеркало.

Если свет от реального источника света падает на зеркало достаточно ровно, то волны от мнимого и реального источников света будут когерентны.

Таким образом, в области перекрытия прямого и отраженного света на экране можно наблюдать интерференционные полосы.

Интерференционные явления из-за отражения возникают во многих местах, например, на оболочке мыльных пузырей.

Дополнительная информация (1/2)



Предварительные знания



Принцип



Чтобы разобраться в этом эксперименте, полезно предварительно провести эксперимент "Определение длины волны лазера с оптической решеткой". Кроме того, необходимо знать формулу тонкой линзы.

Интерференция может возникать только при сложении когерентных колебаний.

В этом эксперименте с помощью зеркала для реального источника света создается мнимый источник света. Поскольку обе волны исходят из одного источника, они когерентны.

Дополнительная информация (2/2)



Цель



Задачи



Интерференция всегда возникает при наличии когерентных волн, независимо от того, исходят ли эти волны от реальных или мнимых источников.

Если зеркало освещается под углом к источнику света, отраженный свет может интерферировать со светом от источника света.

- Наблюдайте на экране за интерференционной картиной.
- Объясните траекторию луча.
- Вычислите длину волны лазера.

Инструкции по технике безопасности



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

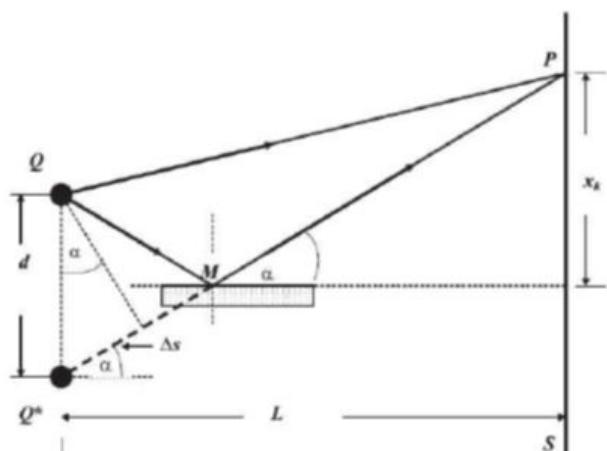
Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Теория



Если свет от источника света попадает на зеркало, то отраженный свет ведет себя так, как если бы за зеркалом был другой источник света. Речь идет о мнимом источнике света. Световые волны реального и мнимого источника света могут интерферировать, поскольку они когерентны.

Поскольку при проведении эксперимента используется лазерное излучение, луч света необходимо сначала сделать расходящимся с помощью собирающей линзы для того, чтобы свет мог попасть как на зеркало, так и на экран.



Чертеж эксперимента

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Оптическая скамья, $l=1000$ мм	08370-00	1
2	Диодный лазер 1 мВт; 635 нм	08761-99	1
3	Держатель диодного лазера	08384-00	1
4	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	1
5	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	2
6	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
7	Линза в оправе, $f=+150$ мм	08022-01	1
8	Линза в оправе, $f=+20$ мм	08018-01	1
9	Зеркало Френеля на пластинке	08561-00	1
10	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
11	Цилиндрическая опора expert	02004-00	1
12	Штангенциркуль с нониусом	03010-00	1
13	Рулетка, $l=2$ м	09936-00	1

Дополнительные материалы



Позиция	Материал	Количество
1	Клейкая лента (скотч)	1
2	Лист белой бумаги	1

PHYWE



Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE



Оптические компоненты с метками линий на скользящих опорах располагаются на оптической скамье, как показано на рисунке, в следующих положениях:

- Скользящая опора с диодным лазером - 2 см
- Рамка со шкалой с линзой $f = +20$ мм - 10 см
- Скользящая опора с держателем пластины для зеркала Френеля - 20 см
- Рамка со шкалой и линзой $f = +150$ мм - 29,5 см

Экран на цилиндрическом основании располагают на расстоянии r до 3 м от зеркала Ллойда.

Выполнение работы (1/3)

PHYWE



Комната затемняется, и лазер работает в режиме 1 мВт, чтобы выделить интерференционную картину.

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ИЗБЕГАЙТЕ СМОТРЕТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ.

Луч лазера выравнивается параллельно оптической оси и расходится с помощью собирающей линзы $f = +20$ мм.

Зеркало Френеля помещается на одну из внешних направляющих держателя пластин так, чтобы оба зеркала были перпендикулярны друг другу (в эксперименте в качестве зеркала Ллойда используется только одно зеркало с поверхностным отражением).

Слегка поверните держатель пластины так, чтобы на зеркало

Выполнение работы (2/3)

PHYWE

Теперь на экране, как правило, можно наблюдать две интерференционные картины. Картина зеркала Ллойда состоит из эквидистантных интерференционных полос, другая картина состоит из неэквидистантных полос и вызвана дифракцией на передней кромке зеркала. Для лучшего контраста поверните зеркало Ллойда так, чтобы соответствующая интерференционная картина попала на выходящую часть дифракционной картины.

Прикрепите к экрану лист белой бумаги скотчем и отметьте на нем интерференционные полосы.

После снятия листа с экрана определите штангенциркулем расстояния между максимумами. Для повышения точности следует измерить не менее 10 расстояний.



Отметьте на бумаге максимумы

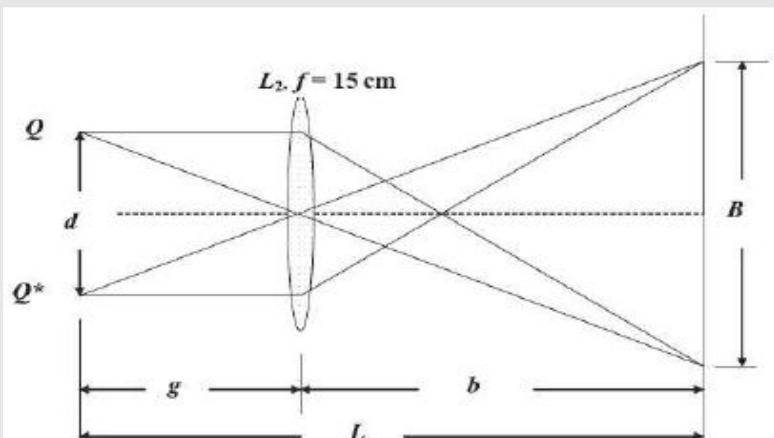
Выполнение работы (3/3)

PHYWE

Наконец, поместите на пути луча лазера собирающую линзу $L_2 (f = +150 \text{ мм})$ и в плоскости проекции резко отобразятся мнимые источники света.

Для определения длины волны лазерного излучения необходимо определить следующие расстояния:

- B - расстояние между двумя мнимыми источниками
- b - расстояние между собирающей линзой L_2 и экраном S



Для определения расстояния d между источниками света



Оценка

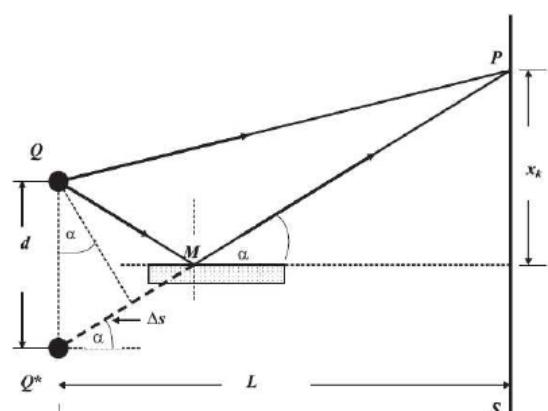
Оценка (1/5)

При условии, что расстояние от точки наблюдения велико по сравнению с расстоянием между двумя источниками, для разности хода обоих лучей действует следующее соотношение:

$$\Delta s = d * \sin \alpha + \lambda/2 \quad (1)$$

Поскольку отраженный луч отражается от оптически более плотной среды (зеркала), в нем происходит скачок фазы на π . Если разность хода между двумя лучами соответствует целому кратному длине волны, то они интерферируют конструктивно:

$$\Delta l = k * \lambda; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2)$$



Траектория луча на зеркале Ллойда

Оценка (2/5)

Для больших расстояний результат аппроксимируется, если L - расстояние между источниками и экраном S :

$$\tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \frac{x_k}{L} \quad (3)$$

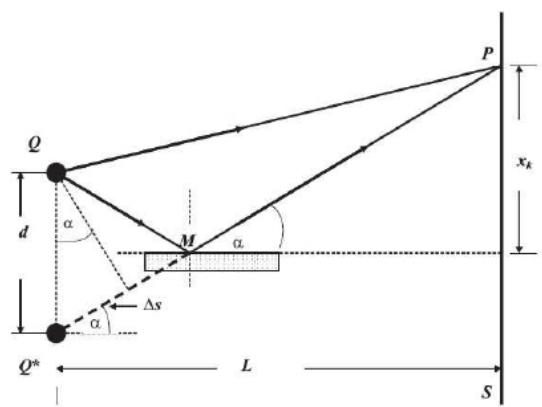
(1), (2) и (3) дают результат для положения максимума:

$$x_k = \frac{\lambda * L}{d} * \left(k - \frac{1}{2}\right) \quad (4)$$

Тогда расстояние между двумя соседними максимумами:

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{L * \lambda}{d} \quad (5)$$

Поскольку расстояние d между источниками света нельзя измерить напрямую, его изображение на экране на расстоянии L измеряют с помощью линзы



Траектория луча на зеркале Ллойда

Оценка (3/5)

Реальное расстояние между мнимыми источниками вычисляется из масштаба изображения $d/g = B/b$

$$d = \frac{g}{b} B \quad (6)$$

Если известно фокусное расстояние (f) линзы, то неизвестное расстояние до объекта g можно определить с помощью формулы тонкой линзы $1/f = 1/g + 1/b$ и использовать в (6):

$$d = \frac{B}{b} * \frac{f * b}{b - f} \quad (7)$$

Используя (7) в (5) и $L = g + b$ окончательно получаем для длины волны λ на расстоянии Δx между двумя максимумами:

$$\lambda = \Delta x * \frac{f * B}{b^2} \quad (8)$$

Оценка (4/5)



Следуйте выводам формул для определения длины волны лазерного излучения и вычислите λ с записанными измеренными значениями!

Запишите вычисленную длину волны

В случае интерференции на двойной щели интерференционная картина зависит от расстояния между щелями. Какая величина соответствует расстоянию между щелями в этом эксперименте?

Вычисленное расстояние между реальным и мнимым источником света.

Толщина зеркала Ллойда

Измеренное расстояние между изображениями источников света.

Оценка (5/5)



Что изменится, если вместо зеркала между двумя лазерами станете Вы ?

- Световые волны не обязательно будут когерентными, поэтому они могут не интерферировать.
- Максимумы интенсивности будут удаляться друг от друга.
- Будет опущена дифракционная картина с неэквидистантными максимумами .
- С скачок фазы на зеркале отсутствовал бы.

Проверьте

Слайд Оценка / Всего

Слайд 18: Вопросы на понимание 0/2

Слайд 19: Разница между двумя источниками света 0/3

Общий балл

0/5

👁 Показать решения

⟳ Повторите

📄 Экспорт текста

12/12