

# 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

средний



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

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)

PHYWE

### 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)

PHYWE

### 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

PHYWE



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

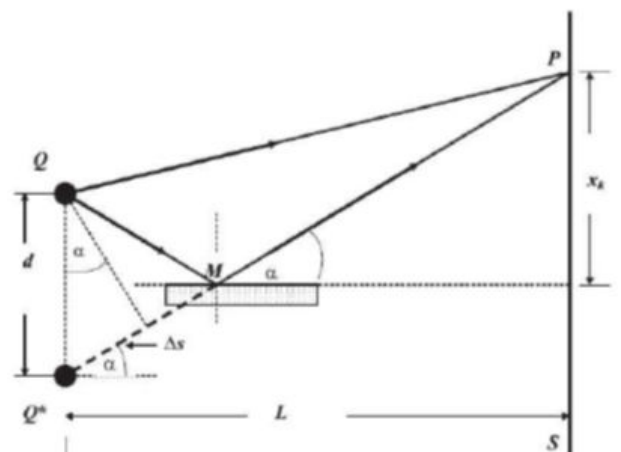
Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

## Теория

PHYWE

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 No. | 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          |

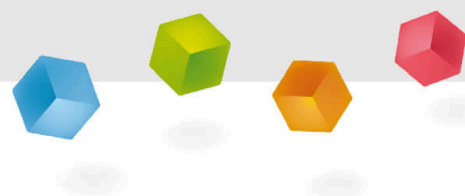
## Дополнительные материалы

PHYWE

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

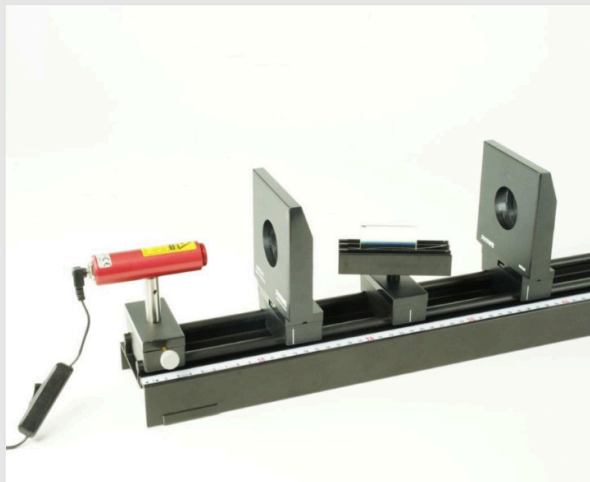
PHYWE

## Подготовка и выполнение работы



## Подготовка

PHYWE



Подготовка

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



Первая часть эксперимента

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

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ИЗБЕГАЙТЕ СМОТРЕТЬ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ЛАЗЕРНЫЙ ЛУЧ.**

Луч лазера выравняется 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

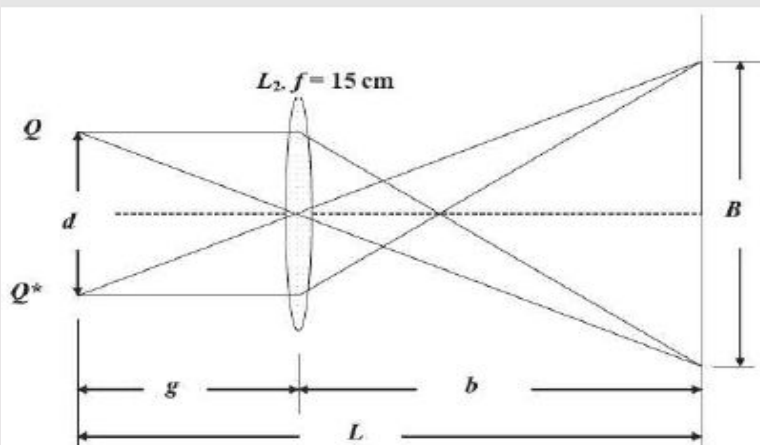
## Выполнение работы (3/3)

PHYWE

Наконец, поместите на пути луча лазера собирающую линзу  $L_2$  ( $f = +150$  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  $S$

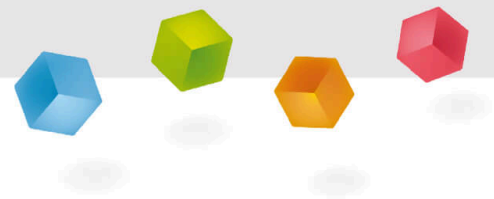


Для определения расстояния  $d$  между источниками света



PHYWE

## Оценка



## Оценка (1/5)

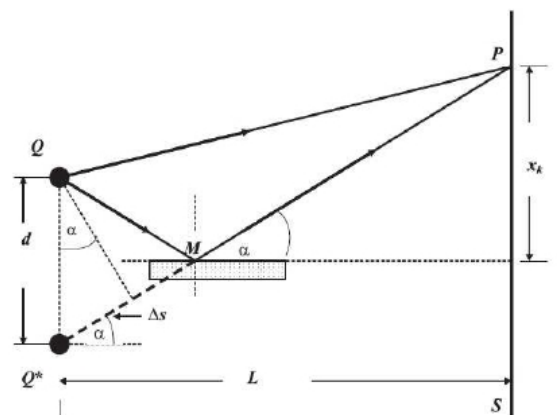
PHYWE

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  $\pi$ . 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)

PHYWE

Для больших расстояний результат аппроксимируется, если  $L$  - расстояние между источниками и экраном  $S$ :  
 $\tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \frac{x_k}{L}$  (3)

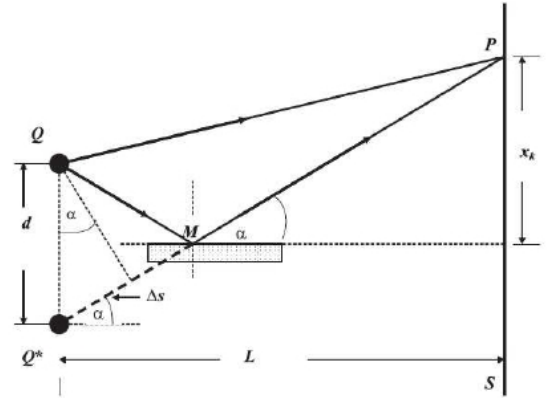
(1), (2) и (3) дают результат для положения максимума:

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

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)

PHYWE

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  $\lambda$  на расстоянии  $\Delta x$  между двумя максимумами:

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

## Оценка (4/5)

PHYWE

Следуйте выводам формулы для определения длины волны лазерного излучения и вычислите  $\lambda$  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)

PHYWE

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 .
- ☐ 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



Показать решения



Повторите



Экспорт текста