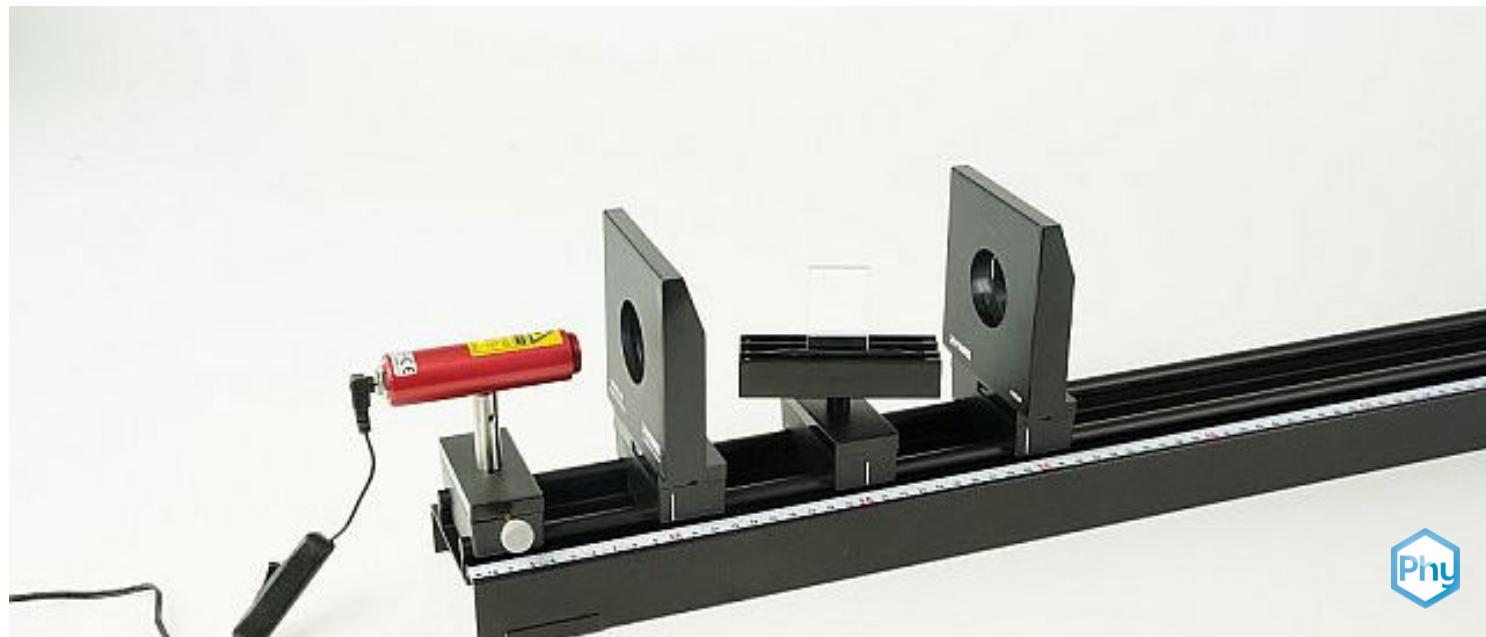


# Получение интерференции с помощью двойного зеркала Френеля



Если расширенный лазерный луч падает на два плоских зеркала, слегка наклоненных под небольшим углом друг к другу, то при отражении получаются два когерентных пучка света, которые интерферируют друг с другом в зоне их перекрытия. На экране появляется интерференционная картина, состоящая из параллельных светлых и темных полос.

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/615ee332b107c10003774cb7>

**PHYWE**

## Общая информация

### Описание

**PHYWE**

Экспериментальная установка

Если расширенный лазерный луч падает на два плоских зеркала, слегка наклоненных под небольшим углом друг к другу, то при отражении получаются два когерентных пучка света, которые интерферируют друг с другом в зоне их перекрытия.

На экране появляется интерференционная картина, состоящая из параллельных светлых и темных полос.

## Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

### Предварительные знания



Для понимания этого эксперимента учащиеся должны быть знакомы с волновым поведением света. Для наглядности можно заранее продемонстрировать интерференцию волн воды.

### Принцип



Если расходящийся пучок света попадает на двойное зеркало Френеля, создаются две волны, которые кажутся исходящими от двух мнимых когерентных источников света.

Если две парциальные волны проецируются на экран, то в области, где две отраженные волны накладываются друг на друга, видны интерференционные полосы.

## Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

### Цель



Интерференция также возможна с помощью двойного зеркала Френеля, поскольку оно создает два интерферирующих пучка света из одного расходящегося пучка.

Зная расстояние между  $k$ -м и 0 -м максимумом на экране и расстояние между двумя мнимыми источниками можно вычислить длину волны диодного лазера.

### Задачи



- Формирование интерференции с помощью двойного зеркала Френеля.
- Наблюдайте за интерференционной картиной.
- Рассчитайте длину волны диодного 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 (1/3)

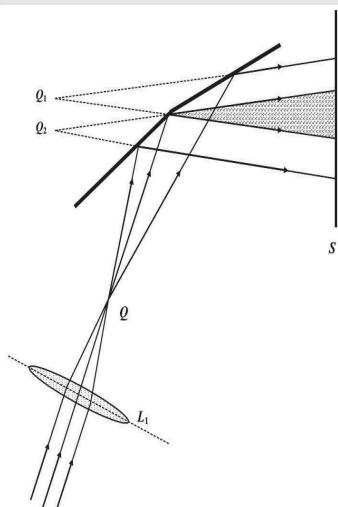


Рис. 1

Для создания двух интерферирующих световых пучков, лазерный луч делается расходящимся с помощью собирающей линзы  $L_1$ . Расходящийся световой пучок попадает в двойное зеркало Френеля и отражается оттуда на экран  $S$  (рис. 1).

Два световых луча, исходящие от мнимых источников света  $Q_1$  и  $Q_2$ , интерферируют в области перекрытия.

Если два луча, исходящие от мнимых источников, спроектированы на экран на расстоянии  $r$  так, чтобы источники конструктивно интерферировали друг другу, то их разность хода  $\Delta l$  должна быть целым числом, кратным длине волны  $\lambda$ .

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

## Теория (2/3)

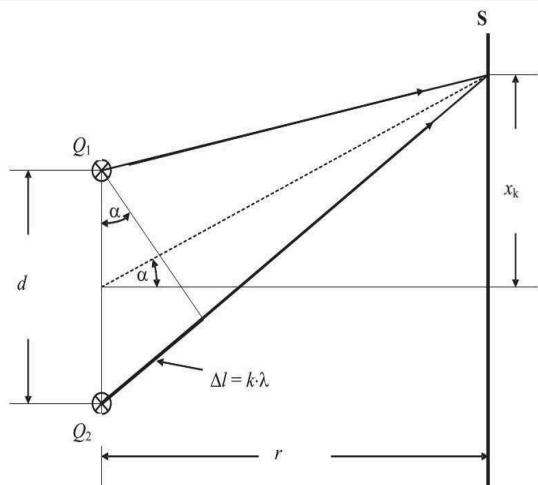


Рис. 2

Если обозначить расстояние между \$k\$-м и \$0\$-м максимумом на экране как \$x\_k\$, а расстояние между двумя источниками через \$d\$, то согласно рис. 2 для малых углов \$\alpha\$ применяется следующее:

$$\begin{aligned}\Delta l &= k * \lambda = d * \sin \alpha \cong d * \tan \alpha \\ &\cong d * \frac{x_k}{r} \rightarrow \lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{d}{r} \quad (2)\end{aligned}$$

Для определения расстояния \$d\$ между двумя мнимыми источниками \$Q\_1^\*\$ и \$Q\_2^\*\$ на экране с помощью второй собирающей линзы \$L\_2\$ образуются два действительных изображения \$Q\_1^\*\$ и \$Q\_2^\*\$, расстояние \$B\$ между которыми теперь можно определить (см. рис. 3).

## Теория (3/3)

Согласно теореме о лучах, из рис. 3 следует:

$$\frac{d}{L_1 L_2 - f_1} = \frac{B}{b} \rightarrow (L_1 L_2 - f_1) * \frac{B}{b} \quad (3)$$

(\$L\_1 L\_2\$ - расстояние между линзами \$L\_1\$ и \$L\_2\$, \$f\_1\$ = фокусное расстояние собирающей линзы \$L\_1\$)

С учетом (2), (3) окончательно получаем:

$$\lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{(L_1 L_2 - f_1) * B}{b * r} = \frac{x_k}{k} * \frac{(L_1 L_2 - f_1) * B}{b * (b + L_1 L_2 - f_1)} \quad (4)$$

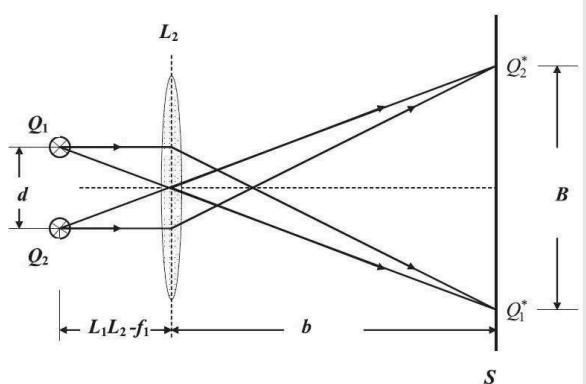


Рис. 3

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Оптическая скамья, $l=1000$ мм	08370-00	1
2	Диодный лазер 0,2/1 мВт; 635 нм	08760-99	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	Линза в оправе, $f=+50$ мм	08020-01	1
7	Линза в оправе, $f=+150$ мм	08022-01	1
8	Зеркало Френеля на пластинке	08561-00	1
9	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	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 и линзой ( $f = +50\text{cm}$ ) - 13 см
- Скользящая опора с держателем пластины для зеркала Френеля - 24 см
- Рамка со шкалой для линзы ( $f = +150\text{cm}$ ) - 36 см
- Экран на цилиндрическом основании расположен на расстоянии 3 м от зеркала Френеля



Экспериментальная установка

## Выполнение работы (1/2)



Луч лазера направлен параллельно оптической оси. С помощью собирающей линзы  $L_1$  ( $f = +50 \text{ mm}$ ) лазерный луч становится расходящимся.



Вставьте зеркало Френеля в одну из внешних направляющих держателя пластины и медленно поворачивайте держатель пластины, пока обе части зеркала не попадут примерно одинаково под расширенный лазерный луч.

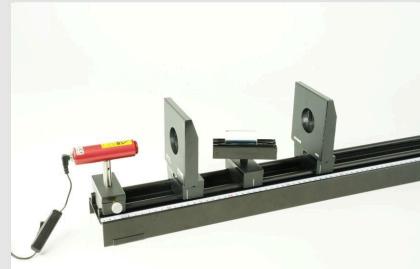
Чтобы определить расстояние между интерференционными полосами лист белой бумаги предварительно прикрепляется скотчем к экрану. Затем с помощью водорастворимого фломастера отмечают центры ярких полос на одинаковой высоте и определяют с помощью штангенциркуля расстояние между ними после удаления скотча. Чтобы как можно точнее определить расстояние между двумя максимумами, полезно измерить 10 - 15 линий.

## Выполнение работы (2/2)

Наконец, на пути луча размещается собирающая линза  $L_2$  ( $f = +150$  мм), а мнимые источники света резко отображаются в плоскости проекции. Третий мнимый источник, который не следует учитывать, вызван прямым лазерным светом, проходящим через зеркало.

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  $S$
- $L_1 L_2$  - расстояние между двумя собирающими линзами  $L_1$  и  $L_2$



**PHYWE**



## Оценка

## Оценка (1/2)

Максимумы и минимумы всегда находятся на одинаковом расстоянии?

О правильно

О неправильно

Проверьте

Оценка эксперимента дает следующие значения:

$$\begin{aligned}x_k &= 4,6 \text{ см}, \\k &= 14, \\L_1 L_2 - f_1 &= 18,0 \text{ см}, \\B &= 1,1 \text{ см}, \\b &= 316 \text{ см}.\end{aligned}$$

В результате получается длина волны диодного лазера:

$$\lambda = \frac{4,6}{14} * \frac{18*1,1}{316*(316+18)} \text{ см} = 6,16 * 10^{-5} \text{ см} = 616 \text{ нм}$$

(Информация в техническом паспорте для длины волны диодного лазера:  $\lambda = 635 \text{ нм}$ )

## Оценка (2/2)

Что значит конструктивная интерференция?

Конструктивная интерференция - это угасание волн и характеризуется тем, что две перекрывающиеся волны постоянно нейтрализуют друг друга.

Конструктивная интерференция - это усиление волн и характеризуется тем, что две перекрывающиеся волны постоянно усиливают друг друга.

Что означает  $x_k$ ?

$x_k$  - расстояние между  $k$ -м и 0-м минимумом на экране.

$x_k$  - расстояние между  $k$ -м и 0-м максимумом на экране.

Слайд Оценка / Всего

Слайд 16: Максимумы и минимумы расстояний **0/1**

Слайд 17: Множественные задачи **0/5**

Всего  **0/6**

 Решения

 Повторите

**11/11**