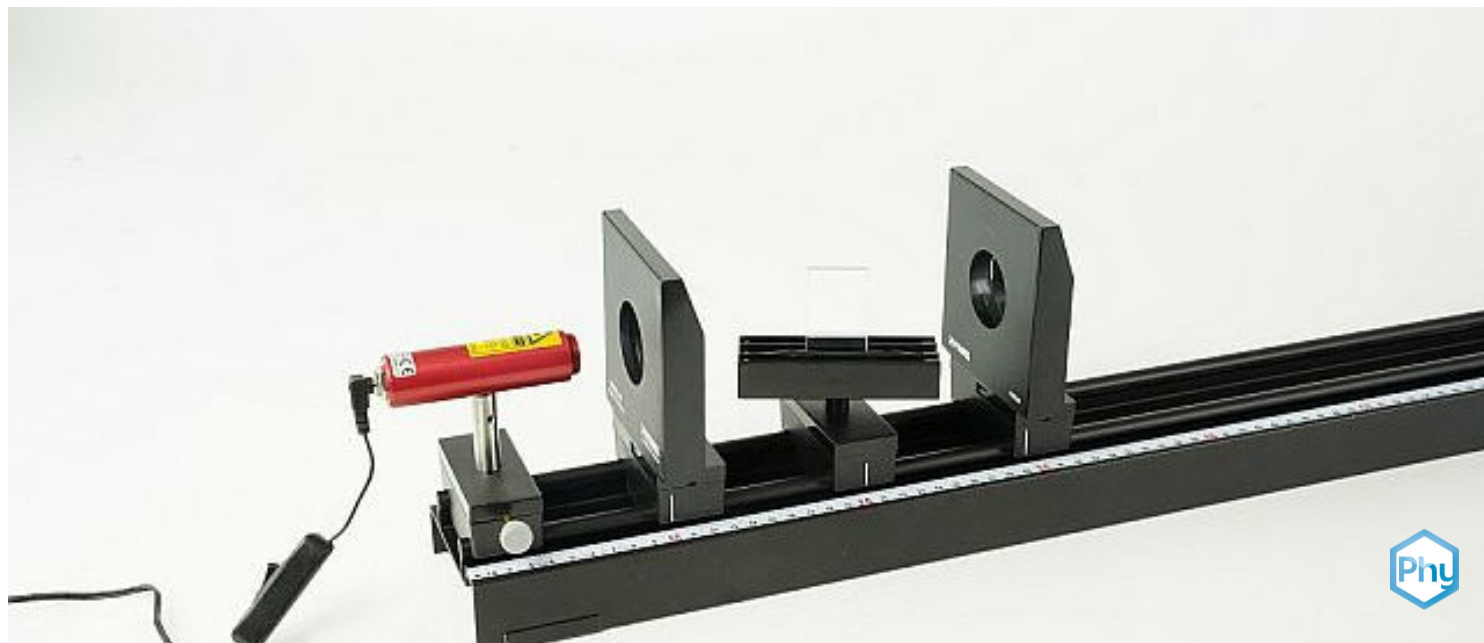


Получение интерференции с помощью двойного зеркала Френеля



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

PHYWE



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

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

Теория (1/3)

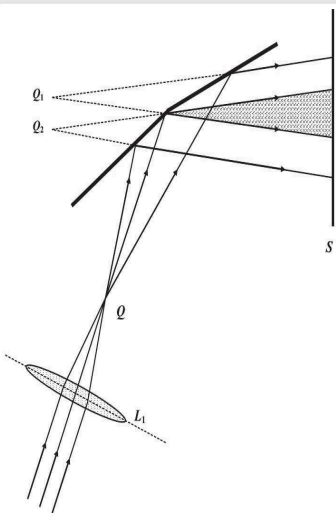


Рис. 1

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, спроецированы на экран на расстоянии r так, чтобы источники конструктивно интерферировали друг другу, то их разность хода Δl должна быть целым числом, кратным длине волны λ .

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

Теория (2/3)

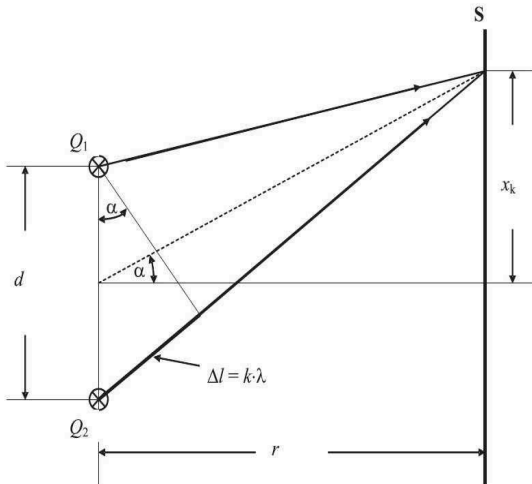


Рис. 2

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 α применяется следующее::

$$\Delta l = k * \lambda = d * \sin \alpha \cong d * \tan \alpha$$

$$\cong d * \frac{x_k}{r} \rightarrow \lambda = \frac{x_k}{k} * \frac{d}{r} \quad (2)$$

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:

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

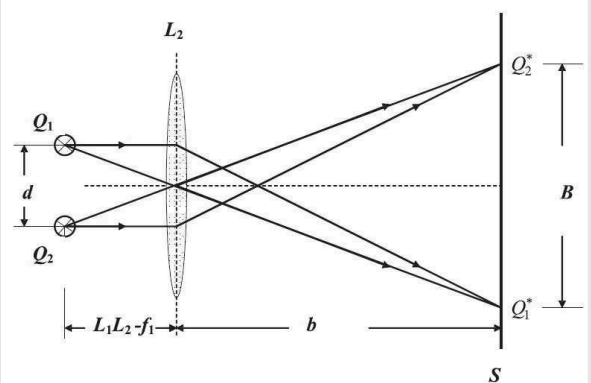


Рис. 3

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	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

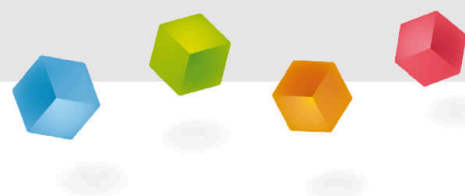
Дополнительные материалы

PHYWE

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

PHYWE

Подготовка и выполнение работы

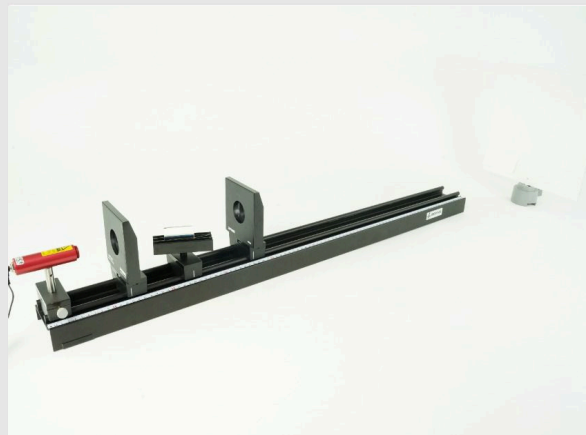


Подготовка

PHYWE

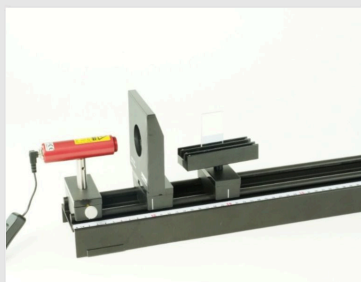
Оптические компоненты с метками линий на скользящих опорах располагаются на оптической скамье, как показано на рисунке, в следующих положениях:

- Скользящая опора с диодным лазером - 2 см
- Рамка со шкалой и линзой ($f = +50\text{см}$) - 13 см
- Скользящая опора с держателем пластины для зеркала Френеля - 24 см
- Рамка со шкалой для линзы ($f = +150\text{см}$) - 36 см
- Экран на цилиндрическом основании расположен на расстоянии 3 м от зеркала Френеля



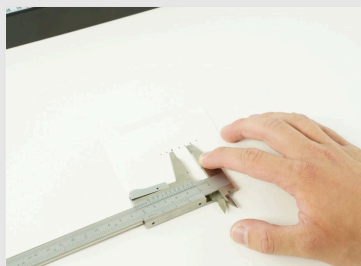
Экспериментальная установка

Выполнение работы (1/2)



Луч лазера направлен параллельно оптической оси. С помощью собирающей линзы L_1 ($f = +50\text{ мм}$) 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.



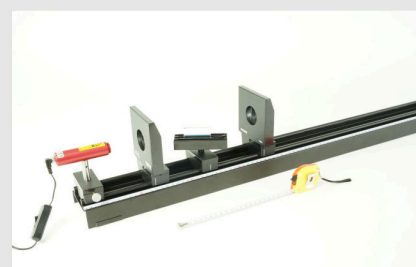
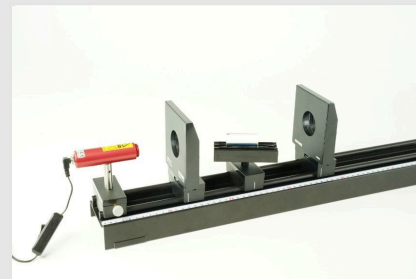
Чтобы определить расстояние между интерференционными полосами лист белой бумаги предварительно прикрепляется скотчем к экрану. Затем с помощью водорастворимого фломастера отмечают центры ярких полос на одинаковой высоте и определяют с помощью штангенциркуля расстояние между ними после удаления скотча. 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.

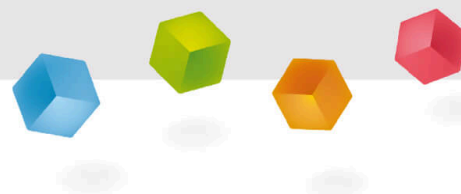
Для определения длины волны лазерного излучения необходимо определить следующие расстояния:

- 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?

☐ правильно

☐ 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)

PHYWE

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