

# Интерферометр Майкельсона



Физика

Свет и оптика

Дифракция и интерференция



Уровень сложности

-



Кол-во учеников

-



Время подготовки

-



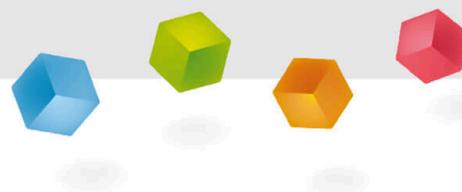
Время выполнения

-

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f6c600b0159ee000322bdc5>

PHYWE



## Общая информация

### Описание

PHYWE



Снимок с воздуха детектора Лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO) в Хэнфорде, штат Вашингтон

Интерферометр Майкельсона представляет собой чрезвычайно важный прибор, использующий интерференционные явления. Он позволяет очень точно определять расстояния, характеризовать спектральную ширину полосы, изучать показатель преломления газов и прозрачных сред, характеризовать качество оптических элементов и многое другое.

Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория (LIGO) в Хэнфорде, штат Вашингтон представляет собой большой интерферометр Майкельсона и является ведущим методом прямого обнаружения гравитационных волн. В нем используются два очень больших лазерных интерферометра с плечами длиной 4 км, расположенные в двух разных местах на расстоянии 3000 км.

## Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

### предварительные знания



Интерференция возникает, когда два световых луча накладываются друг на друга, образуя результирующую волну большей, меньшей или той же амплитуды. Эти две волны должны быть когерентными и излучать одинаковую длину волны.

### Научный принцип



В интерферометре Майкельсона когерентный световой луч разделяется на два луча одинаковой интенсивности, проходящие по разным оптическим путям, которые затем объединяются для создания интерференционной картины.

## Дополнительная информация (2/2)

PHYWE

### Цель обучения



В схеме Майкельсона интерференция возникает с помощью двух зеркал. Длина волны определяется перемещением одного зеркала относительно другого с помощью микрометрического винта.

### Задачи



Определите длину волны света экспериментального лазера.

## Инструкции по технике безопасности

PHYWE



- В этом эксперименте применяются общие правила безопасного проведения экспериментов при преподавании естественных наук.
- Необходимо учитывать правила работы с лазерами в соответствии с их классификацией.
- Не смотрите прямо в лазерный луч и луч отраженного света
- Используйте подходящий экран, чтобы изолировать область вокруг лазера и избежать нежелательных отражений.

## Теория (1/4)

PHYWE

Если две волны одинаковой частоты  $\omega$ , но разной амплитуды и фазы падают на одну точку, они накладываются друг на друга или интерферируют, так что:

$$y = a_1 \sin(\omega t - a_1) + a_2 \sin(\omega t - a_2)$$

Полученную волну можно описать как

$$y = A \sin(\omega t - a)$$

с амплитудой

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos \delta$$

и разностью фаз

$$\delta = a_1 - a_2$$

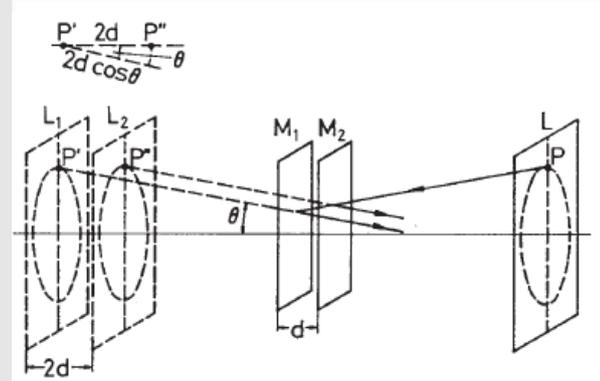
## Теория (2/4)

PHYWE

В интерферометре Майкельсона свет разделяется на два луча в полупрозрачном посеребренном зеркале (разделение амплитуды), отражается от двух зеркал и снова проходит через стеклянную пластину, создавая за ней интерференционные явления.

Между пучком света и стеклянной пластиной вставляется линза так, чтобы источник света лежал в фокусе, поскольку только увеличенные световые пятна могут иметь интерференционные кольца.

Если зеркало  $M_2$  заменяется его мнимым изображением, образованным при отражении от стеклянной пластинки, точка  $P$  реального источника света формируется в виде точек  $P'$  и  $P''$  мнимых источников света  $L$  и  $L''$ .



Формирование интерференционной картины

## Теория (3/4)

PHYWE

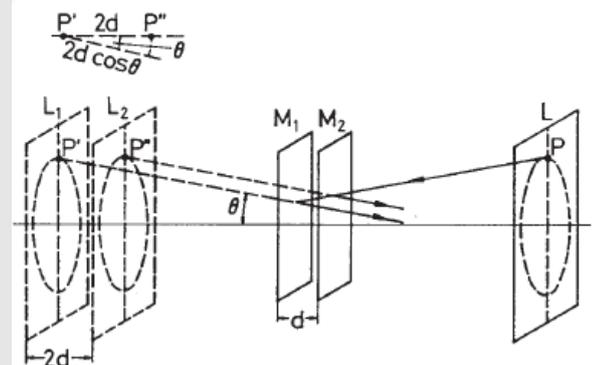
На основе различных световых путей, разность фаз определяется как:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} 2d \cos \theta, \quad (2)$$

где  $\lambda$  - это длина волны света, используемого в эксперименте.

Распределение интенсивности  $a_1 = a_2 = a$  согласно (1) составляет:

$$I A^2 = 4a^2 \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad (3)$$



Формирование интерференционной картины

## Теория (4/4)

PHYWE

Таким образом, максимумы возникают, если  $\delta$  кратно числу  $2\pi$ , т.е. из уравнения (2), если

$$2d \cos \theta = m\lambda; m = 1, 2, \dots \quad (4)$$

т.е. круги формируются при фиксированном значении  $m$  и  $d$ , поскольку  $\theta$  остается постоянным.

Если положение подвижного зеркала  $M_1$  изменить так, чтобы расстояние  $d$  уменьшилось, то согласно уравнению (4) диаметр кольца также будет уменьшаться, поскольку  $m$  для этого кольца фиксировано.

Таким образом, кольцо исчезает каждый раз, когда  $d$  уменьшается на  $\lambda/2$

Если  $M_1$  и  $M_2$  не параллельны, получаются изогнутые полосы, которые преобразуются в прямые полосы, если  $d = 0$ .

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Интерферометр Майкельсона	08557-00	1
2	Диодный лазер, зеленый, 1 мВт, 532 нм	08764-99	1
3	Линза в оправе, $f=+20$ мм	08018-01	1
4	Держатель линз для оптической плиты	08723-00	1
5	Бегунок для оптической скамьи и с вертикальной трубкой, $h=30$ мм	08286-01	3
6	Оптическая скамья, $l=600$ мм	08283-00	1
7	Основание для оптической скамьи, регулируемое	08284-00	2
8	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
9	Цилиндрическая опора expert	02004-00	2
10	Цифровая матричная камера	35612-99	1
11	Держатель для линзы	08012-00	1
12	Линза в оправе, $f=-50$ мм	08026-01	1
13	Резьбовой штифт DIN914 A1 M4x16	152649	1
14	Штифт M4X140 PN11101 STVN	152644	1

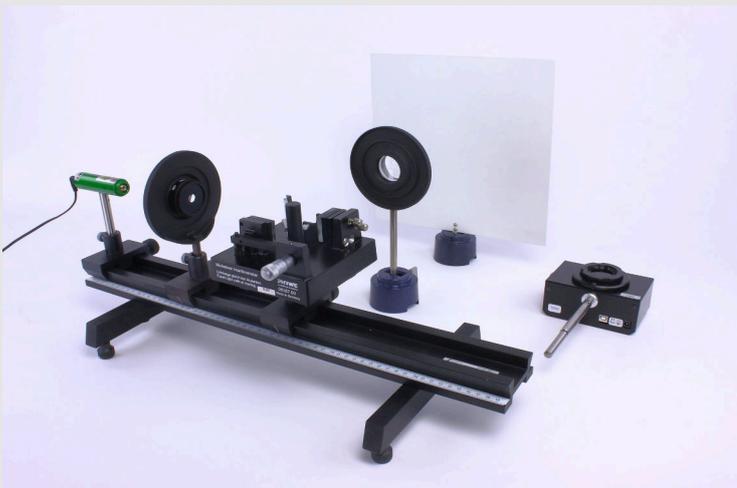
PHYWE



## Подготовка и выполнение работы

### Подготовка (1/3)

PHYWE



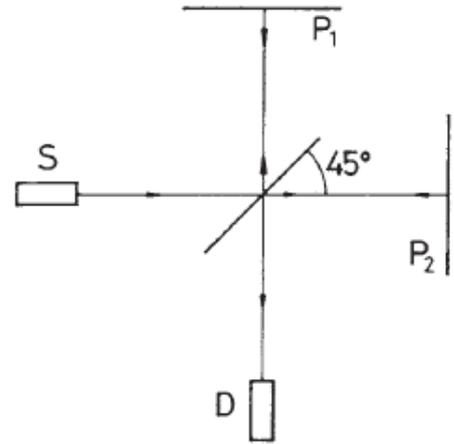
Экспериментальная установка для измерения длин волн с помощью интерферометра Майкельсона

- Установите на оптической скамье лазер, линзу и интерферометр Майкельсона в разных положениях, которые составляют соответственно 3 см, 17 см и 33 см.
- Затемните комнату во время проведения эксперимента.

## Подготовка (2/3)

PHYWE

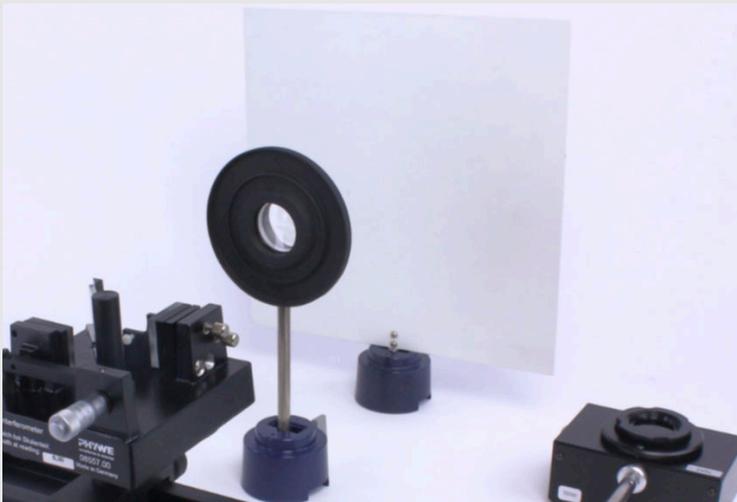
- Чтобы получить как можно большее количество интерференционных полос, сначала настройте два зеркала интерферометра (при этом снимите линзу с оптической скамьи). Луч лазера попадает в полупрозрачное зеркало под углом  $45^\circ$ , разделяя его. В результате полученные два луча отражаются от зеркал и падают на экран.
- С помощью двух регулировочных винтов, установленных на одном из зеркал, обе световые точки совпадают. Если линза помещена в световой луч, световые точки увеличиваются, и на экране наблюдается интерференционная картина (полосы, круги).



Установка интерферометра Майкельсона

## Подготовка (3/3)

PHYWE



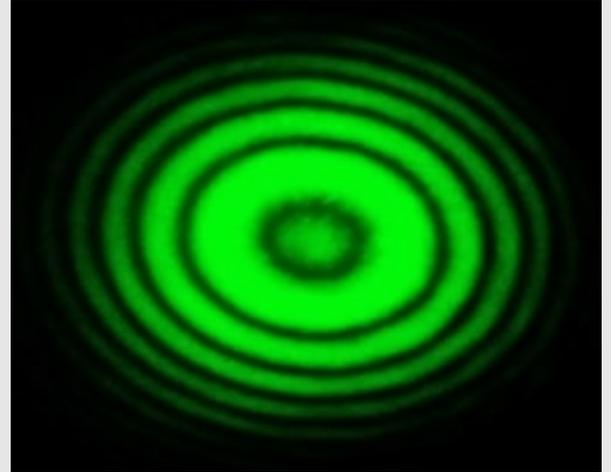
Размещение линзы наблюдения

- Путем осторожной настройки можно получить интерференционную картину в виде концентрических окружностей. Вторая линза, расположенная между интерферометром и экраном, увеличит интерференционное изображение на экране и поможет с этой корректировкой.

## Выполнение работы

PHYWE

- Для измерения длины волны винт микрометра поворачивают в любое исходное положение, при котором центр окружностей темный. После этого винт микрометра поворачивают в том же направлении и подсчитывают созданные темные и светлые полосы.
- Считайте на винте микрометра расстояние, пройденное зеркалом и разделите на десять (уменьшение рычага 1:10).
- Выполните корректировку, если центральная точка окружностей переместится за пределы зоны светового пятна..



Интерференционные кольца с помощью интерферометра Микельсона.

## Оценка (1/3)

PHYWE

№	d, мм	m	$\lambda$ , нм
1			
2			
3			
4			

$$\bar{\lambda} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Определение длины волны падающего лазерного луча

При нахождения длины волны необходимо подсчитать большое количество изменений кольца (например, 500) и измерить соответствующее смещение зеркала. Затем длину волны лазера можно определить с помощью уравнения (4).

Выясните взаимосвязь между изменением положения зеркала, количеством сдвигов полос в интерференционной картине и длиной волны света. Рассчитайте длину волны и неопределенность.

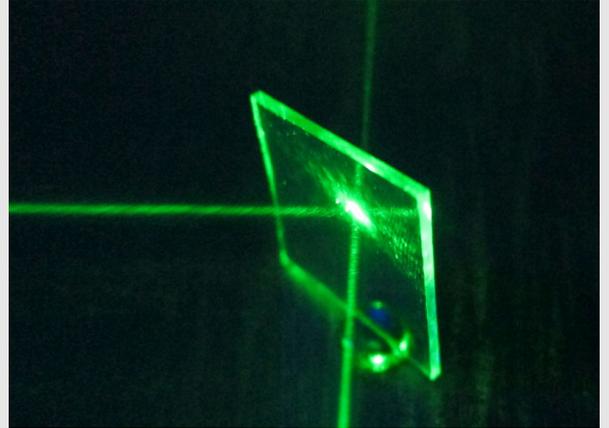
## Оценка (2/3)

PHYWE

Каково назначение полусеребряного зеркала?

- Свет отражается и разделяется на два луча
- Свет отражается при 90 градусах
- Он создает интерференционную картину

Проверить



Светоделитель с алюминиевым покрытием

## Оценка (3/3)

PHYWE

Опишите, как работает интерферометр Микельсона

На полупрозрачном посеребренном зеркале падающий световой луч разделяется на две отдельные волны с одинаковой [input type="text"]. Отраженный и преломленный лучи проходят по разным [input type="text"]. Когда зеркало в одном плече интерферометра перемещается на расстояние [input type="text"], разность хода изменяется на [input type="text"], и каждая полоса в интерференционной картине перемещается в положение, ранее занимаемое соседней полосой.

оптическим путям

$\lambda_0$

$\lambda/2$

амплитудой

Проверить

Слайд	Оценка/ Всего
Слайд 17: полуразрушенное зеркало	0/1
Слайд 18: интерферометр Michelson	0/4

Общий балл  0/5

 Показать решения

 Вспомнить