

# Определение длины волны лазера с оптической решеткой



Если лазерный луч падает на решетку, то за ней в результате интерференции образуются минимумы и максимумы интенсивности, и по их положению можно определить длину волны лазерного излучения. В этом эксперименте длина волны лазера определяется с помощью оптической решетки.

Физика

Свет и оптика

Волновые свойства света

Физика

Свет и оптика

Лазерная оптика



Уровень сложности

средний



Размер группы

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

20 Минут

**PHYWE**  
excellence in science

## Общая информация

### Описание

**PHYWE**  
excellence in science

Экспериментальная установка

Если лазерный луч падает на решетку, то за ней в результате интерференции образуются минимумы и максимумы интенсивности, и по их положению можно определить длину волны лазерного излучения.

Интерференция - это фундаментальное явление волновой оптики, которое имеет множество важных применений в физике. Например, при создании телескопов и микроскопов необходимо учитывать интерференционные явления.

При измерении гравитационных волн изменение длины в пространстве обнаруживается с помощью интерференции двух лазерных лучей, проходящих очень большие расстояния.

## Дополнительная информация (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Предварительные знания



Для понимания этого эксперимента учащиеся должны быть знакомы с волновым поведением света. Кроме того, необходимо знать принцип Гюйгенса. Для наглядности можно заранее продемонстрировать интерференцию волн воды.

### Принцип



Световые волны лазера падают на решетку. Щели решетки можно рассматривать как начальные (отправные) точки элементарных волн.

Световые волны попадают на экран, где, в зависимости от местоположения, они либо усиливаются, либо гасятся. Это создает минимумы и максимумы интенсивности.

## Дополнительная информация (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Цель



Если лазерный луч падает на решетку, за ней в результате интерференции образуются минимумы и максимумы интенсивности, и по расстоянию между ними можно определить длину волны лазерного излучения.

Если уменьшить расстояние между штрихами решетки, расстояние между максимумами увеличивается, и они становятся более резкими.

### Задачи



- Наблюдайте за интерференционной картиной на экране (при необходимости подойдите вперед).
- Наблюдайте за зависимостью интерференционной картины от постоянной
- Вычислите длину волны лазера.

## Инструкции по технике безопасности

**PHYWE**  
excellence in science



Необходимо избегать смотреть прямо на лазерное излучение.

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

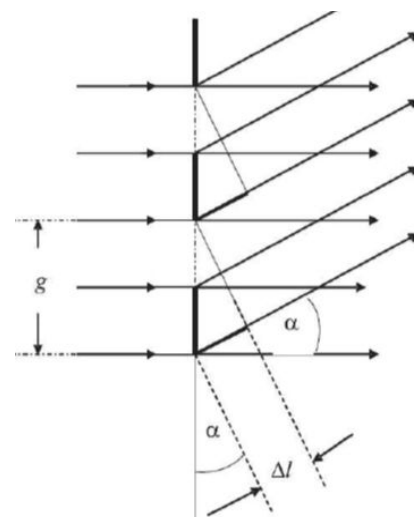
## Теория

**PHYWE**  
excellence in science

Согласно принципу Гюйгенса, периодические структуры оптической решетки действуют как центры возбуждения элементарных волн, которые интерферируют друг с другом. В интерференционной картине при освещении монохроматическим светом следует ожидать максимумов интенсивности, если разность хода  $\Delta l$  парциальных лучей является целым кратным длины волны  $\lambda$ .

Если расстояние между решеткой и экраном намного больше, чем постоянная решетки  $g$ , то отдельные лучи, которые исходят из разных щелей и встречаются на экране, приблизительно параллельны друг другу. Тогда применяется следующее:

$$\sin \alpha = \frac{\delta l}{g} = \frac{k * \lambda}{g}; k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$



## 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	3
5	Держатель пластин для 3 объектов	09830-00	1
6	Дифракционная решетка, 50 линий/мм	08543-00	1
7	Решетка, 80 линий/ мм	09827-00	1
8	Экран, металл., 300x300 мм	08062-00	1
9	Рулетка, l=2 м	09936-00	1

## Дополнительные материалы

**PHYWE**  
excellence in science

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

**PHYWE**  
excellence in science

## Подготовка и выполнение работы

## Подготовка

**PHYWE**  
excellence in science



Сначала на скользящие опоры устанавливаются лазер и держатель пластины, а затем в конце оптической скамьи вставляется экран. Первая решетка вставляется в держатель пластин.

Остальная часть эксперимента проводится, как показано на рисунке.

Отметка (линия) на скользящей опоре с диодным лазером находится на расстоянии 2 см, а отметка на скользящей опоре с решеткой - на расстоянии 11 см.

Экран в конце оптической скамьи находится на расстоянии 98 см.

## Выполнение работы

**PHYWE**  
excellence in science



Прикрепите лист белой бумаги к экрану с помощью скотча.

Фломастером отметьте максимумы нескольких дифракционных порядков решетки, вставленной в держатель пластины.

Повторите эксперимент со второй решеткой.

Определите с помощью рулетки расстояние  $r$  между решеткой и экраном.

С помощью линейки или штангенциркуля определите с точностью до 0,5 см расстояние  $2x$  между различными максимумами интенсивности  $\pm k$ -ого порядка.



# Оценка

## Оценка (1/3)

Пример записанных данных:

$\pm k$	$2x$ , мм для $g = 0,02\text{мм}$	$2x$ , мм для $g = 0,0125\text{мм}$
1	55,0	87,5
2	110,0	177,5
3	166,0	268,0
4	222,0	

$r = 865\text{мм}$

С помощью записанных данных длину волны лазера можно рассчитать следующим образом:

Как уже было показано в теории, к углу  $\alpha$  применимо следующее:

$$\sin \alpha = \frac{k * \lambda}{g}; k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Используя теорему Пифагора, для длины волны  $\lambda$  получаем следующую формулу:

$$\lambda = \frac{x_k * g}{k * \sqrt{x_k^2 + r^2}}$$



## Оценка (2/3)

PHYWE  
excellence in science

Рассчитанные длины волн на основе данных примера:

$\pm k$	$\lambda$ , мм для $g = 0,02_{\text{мм}}$	$\lambda$ , мм для $g = 0,0125_{\text{мм}}$
1	635,5	631,4
2	634,6	637,9
3	636,8	637,9
4	636,4	

Что означает постоянная решетки  $g$ ?

Плотность расстояний между штрихами решетки (количество расстояний на длину).

Количество штрихов решетки.

Расстояние между штрихами решетки.

Ширина штриха решетки.

## Оценка (3/3)

PHYWE  
excellence in science

Какого цвета используется лазер в примере?

Красный

Зеленый

Голубой

Проверьте

Что необходимо выполнить, чтобы использованная формула была верной?

постоянная  $g$  должна быть намного меньше, чем расстояние между экраном и решеткой.

Длина волны света должна быть не менее 450 нм.

Лучи света из соседних промежутков, которые встречаются на экране, должны проходить примерно параллельно.

Проверьте

Слайд	Оценка/Всего
Слайд 14: Постоянная решетки	0/2
Слайд 15: Множественные задачи	0/3

Общий балл  0/5

 Показать решения

 Повторите