

**Лабораторная работа № 70**  
**Изучение дифракции света**  
**с использованием отражательной дифракционной решётки**  
**и оптического квантового генератора (ОКГ)**

**Цель работы:** Определить длину волны излучения ОКГ с разными длинами волн с помощью отражательной дифракционной решётки.

**Оборудование:** лазеры с разными длинами волн, CD- и DVD-диски на рейтере, оптическая скамья, измерительная лента, линейка с отверстием на штативе.

### Теоретическое введение

#### I. Дифракция

Дифракция<sup>1</sup> – в первоначальном узком смысле – огибание волнами препятствий, в современном, более широком – любое отклонение при распространении волн от законов геометрической оптики.

Дифракция наблюдается для любых видов волн. Но наиболее красиво она проявляется при оптических явлениях, связанных с распространением световых (электромагнитных) волн.

Дифракция неразрывно связана с явлением интерференции. Иногда само явление дифракции зачастую трактуют как случай интерференции ограниченных в пространстве волн (интерференция вторичных волн).

Общим свойством всех явлений дифракции является зависимость степени её проявления от соотношения между длиной волны  $\lambda$  и размером ширины волнового фронта, либо непрозрачного экрана на пути его распространения, либо неоднородностей структуры самой волны.

#### II. Отражательная дифракционная решётка

Дифракционная решётка – оптический прибор, действие которого основано на использовании явления дифракции света. Представляет собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесённых на некоторую поверхность. Дифракционные решётки бывают двух видов: прозрачные и отражательные.

Краткая теория прозрачной дифракционной решётки приведена в описании к лабораторной работе № 6.



Рис. 7.0.1. Отражательная дифракционная решётка

---

<sup>1</sup> От лат. diffractus – разломанный, преломлённый.

Отражательной дифракционной решёткой называется совокупность большого числа одинаковых, отстоящих друг от друга на одно и то же расстояние зеркальных полос. Расстояние между серединами соседних полос называется постоянной или периодом решетки  $d$ .

Теория отражательной дифракционной решётки практически совпадает с теорией прозрачной дифракционной решётки.

Условие главных максимумов для отражательной решётки аналогично прозрачной решётке

$$d \sin(\varphi_m) = m\lambda . \quad (7.0.1)$$

### III. Оптический квантовый генератор (ОКГ)

Действие ОКГ (лазеров) основано на генерации и усилении света с помощью вынужденного (индуцированного) излучения.

Краткая теория ОКГ приведена в лабораторной работе № 7.

Таблица 70.1

Некоторые характеристики лазеров

		ЛГН-208Б	Danger	Danger	Danger
1	цвет	красный	красный	зелёный	фиолетовый
2	Длина волны, нм	632,8±1	650±10	532±10	405±10
3	Мощность, мВт	1,6	< 5	< 5	< 5
4	Диаметр пучка, мм	1,4	1,1	1,1	1,1
5	Тип	He-Ne	диод	диод	диод
6	Размер, мм	35x280	14x155	14x155	14x155

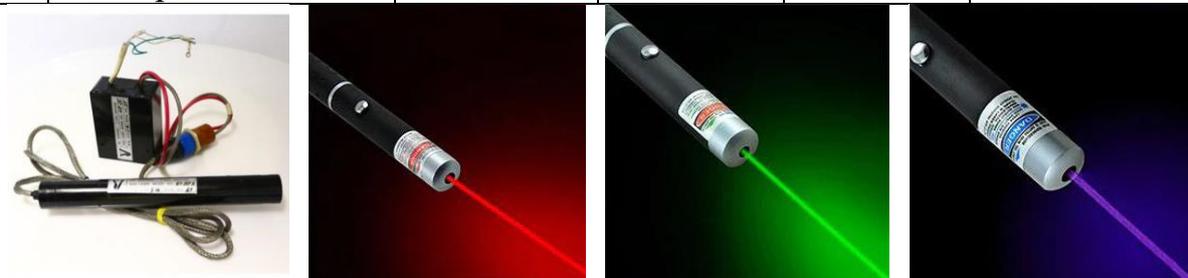


Рис.7.0.2. Разные лазеры

### IV. CD- или DVD-диск

Одним из простейших и распространённых в быту примеров отражательных дифракционных решёток является компакт-диск.

На поверхности CD-диска нанесена дорожка в виде спирали с шагом 1,60 мкм между витками. Треть ширины (0,5 мкм) дорожки занята углублением (записанные данные), рассеивающим падающий на него свет, две трети (1,0 мкм) – нетронутая



Рис. 7.0.3. DVD-диск

подложка, отражающая свет. Таким образом, компакт-диск – это отражательная дифракционная решётка с периодом  $d = 1,60$  мкм по ГОСТ.

Такой же отражательной дифракционной решёткой являются и пустые CD-R диск и DVD-диск, поскольку на них имеется спиральная дорожка для направления луча лазера при записи информации.

Период решётки для DVD-диска –  $0,74$  мкм.

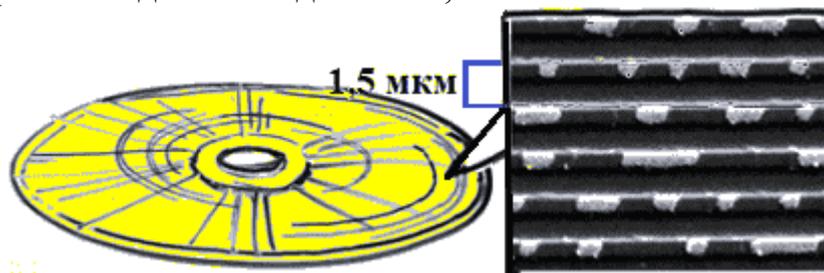


Рис.7.0.4. CD-диск как отражательная дифракционная решетка

### V. Описание установки

Все детали располагаются на оптической скамье 1. Источником света является лазер 2. Перед лазером на отдельном штативе располагается длинная линейка 3 с отверстием, напротив на рейтере закреплены диски 4.

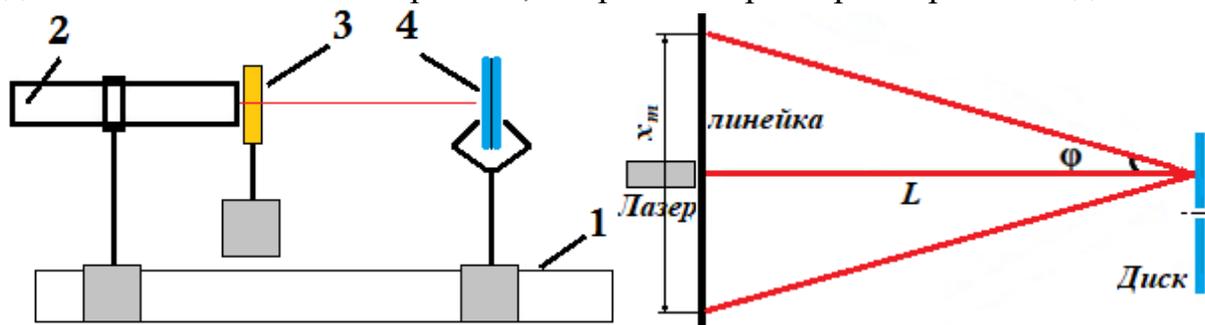


Рис.7.0.5. Схема установки. Вид сбоку и сверху



7.0.6. Общий вид установки

## Методика выполнения работы

*Внимание! Работа проводится в тёмном помещении!*

*Поверхности дисков руками не трогать!*

### I. Определение длины волны излучения красного лазера с помощью CD-диска

1. На оптической скамье установить лазер, линейку (на штативе) и CD-диск. Плоскости линейки и диска должны быть перпендикулярны скамье.

2. Включить лазер и направить луч параллельно оптической скамье через отверстие в линейке на диск. Луч должен попасть практически на горизонтальный диаметр диска справа или слева от его центра (рис. 7.0.7). При правильном расположении элементов установки отражённый от диска луч также попадает в отверстие на линейке. На линейке получается симметричная относительно отверстия дифракционная картина, состоящая из чётких максимумов (рис. 7.0.6).

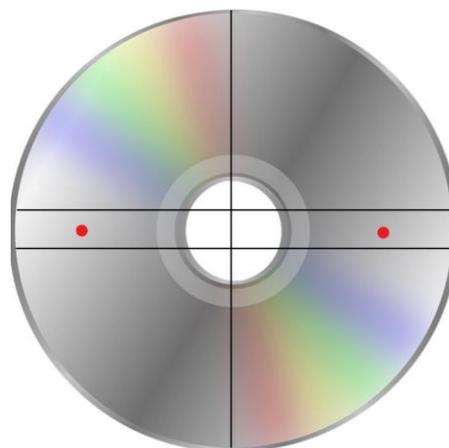


Рис. 7.0.7. Луч на диске

3. Подобрать расстояние  $L$  от диска до экрана так, чтобы на экране были видны максимумы до 2-го порядка включительно. Измерить это расстояние и внести в таблицу. Измерение проводится с помощью измерительной ленты, размещённой вдоль оптической скамьи.

4. Используя линейку, определить расстояния  $x_m$  между центрами главных дифракционных максимумов  $\pm 1$ ,  $\pm 2$  порядков (рис. 7.0.5). Результаты внести в таблицу 1. Выключить лазер.

5. Рассчитать  $\operatorname{tg} \varphi_m$  и  $\sin \varphi_m$  по формулам (7.0.2).

$$\operatorname{tg} \varphi_m = \frac{x_m}{2L}, \quad \sin \varphi_m = \frac{\operatorname{tg} \varphi_m}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_m}}, \quad \text{или} \quad \sin \varphi_m = \sin \operatorname{arctg} \frac{x_m}{2L}. \quad (7.0.2)$$

6. Считая период решётки известным для данного типа диска, рассчитать длину волны лазера по формуле, полученной из геометрии и (7.0.1) для каждого порядка максимумов.

$$\lambda = \frac{d}{m} \sin \operatorname{arctg} \frac{x_m}{2L} = \frac{d}{m} \frac{x_m}{\sqrt{4L^2 + x_m^2}}. \quad (7.0.3)$$

8. Вычислить среднее значение длины волны. Оценить погрешности.

9. Сравнить результат с паспортным значением. Сделать выводы.

10<sup>2</sup>. Для каждого максимума рассчитать погрешности длины волны как для косвенных измерений.

<sup>2</sup> Дополнительное задание для студентов физических специальностей

## **II. Определение длины волны излучения красного лазера с помощью DVD-диска**

Установить вместо CD-диска DVD-диск и повторить пункты задания I.

## **III. Определение длины волны излучения зелёного лазера с помощью CD-диска**

Установить вместо красного лазера зеленый, вместо DVD-диска CD-диск и повторить пункты задания I.

## **IV. Определение длины волны излучения зелёного лазера с помощью DVD-диска**

Установить вместо CD-диска DVD-диск и повторить пункты задания I.

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Какое явление называют дифракцией света? Приведите примеры дифракционных явлений.
3. В чем состоит различие между дифракцией Френеля и Фраунгофера?
4. Какое наибольшее число дифракционных максимумов можно получить с помощью CD-диска? DVD-диска?
- 5. Нужны ещё вопросы и эти уточнить!**

### **Некоторые сведения о компакт-дисках**

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм и диаметром 120 мм, покрытую тончайшим слоем металла (алюминий, золото, серебро и др.), защищённого слоем лака, на который обычно наносится графическое представление содержания диска. Диаметр пучка на внешней поверхности диска составляет порядка 0,7 мм, что повышает помехоустойчивость системы к пыли и царапинам. Кроме того, на внешней поверхности имеется кольцевой выступ высотой 0,2 мм, позволяющий диску, положенному на ровную поверхность, не касаться этой поверхности. В центре диска расположено отверстие диаметром 15 мм (диаметр пальца человека). Масса диска составляет ~15,7 г.

Ёмкость в 650 Мбайт соответствует скорости 1,41 м/с и расстоянию между дорожками, 1,7 мкм, а ёмкость в 800 Мбайт — скорости в 1,39 м/с и расстоянию между дорожками в 1,5 мкм. Среднее расстояние между дорожками  $1,60 \pm 0,1$  мкм. Для DVD-диска от 0,74 до 0,8 мкм.

### **Дополнительная литература**

1. Межгосударственный стандарт. компакт-диск параметры и размеры. // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200016488>.
2. Структура информационной дорожки CD-диска. // URL: <https://cyberpedia.su/23x850e.html>

**Лабораторная работа № 70. Лист отчёта**  
**Изучение дифракции света**  
**с использованием отражательной дифракционной решётки**  
**и оптического квантового генератора (ОКГ)**

Выполнил студент \_\_\_\_\_  
 Факультет \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_  
 Проверил \_\_\_\_\_  
 Показания сняты \_\_\_\_\_  
 Зачтено \_\_\_\_\_

Погрешности измерительных приборов.  $\alpha =$  \_\_\_\_\_ %.

Измерительный прибор	$\omega$ – цена деления	$\Delta_{\text{окр}}$ – округления	$\Delta_{\text{пр}}$ – приборная	$\Delta_{\text{суб}}$ – субъективная	Единицы измерения
Измерит лента	1			2	мм
Линейка	1			2	мм

*Примечание: большая субъективная погрешность связана с субъективным определением положения максимума.*

**I. Определение длины волны излучения красного лазера с помощью CD-диска**

$L = ( \quad \pm \quad )$  мм,  $\varepsilon_L =$  \_\_\_\_\_ %

$d = ( \quad \pm \quad )$  мкм,  $\varepsilon_d =$  \_\_\_\_\_ %

Таблица 1

$m$	$x_m$ , мм	$\text{tg}(\varphi_m)$	$\sin(\varphi_m)$	$\lambda$ , нм	$\Delta\lambda$ , нм
1					
2					
$\bar{\lambda} =$					
$\varepsilon_{\bar{\lambda}} =$					

$\varepsilon_x$	$\varepsilon_\lambda$	$\Delta\lambda$ , нм

Сравнение:  $\lambda = ( \quad \pm \quad )$  нм,  $\varepsilon_\lambda =$  \_\_\_\_\_ %.  
 $\lambda_{\text{расч}} = ( \quad \pm \quad )$  нм,  $\varepsilon_\lambda =$  \_\_\_\_\_ %.

**II. Определение длины волны излучения красного лазера с помощью DVD-диска**

**III. Определение длины волны излучения зелёного лазера с помощью CD-диска**

**IV. Определение длины волны излучения зелёного лазера с помощью DVD-диска**

Таблицы и расчёты для заданий II – IV аналогичны.