

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящий лабораторный практикум содержит руководства к пяти экспериментальным работам, дополняющим теоретический материал по курсу «Оптические материалы, компоненты и основы проектирования оптических приборов и систем». Каждая практическая задача составлена по определенному плану. Вначале формулируется цель исследования, затем приводится рисунок, на котором дана принципиальная схема лабораторной установки, изображен ход лучей в оптической схеме. Далее следует подробное изложение задания для выполнения экспериментальной и расчетной частей лабораторной работы. Для выполнения этого задания студентам необходимо знать физическую сущность изучаемых явлений, работу оптической схемы, последовательность проведения измерений и иметь представление об ожидаемых результатах.

Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать схему установки и пояснения к ней, результаты измерений, их обработку в виде таблиц, графиков и т.п., выводы в виде обсуждения полученных результатов, сравнения их с теорией.

## Лабораторная работа 1

### Измерения фокусных расстояний собирающих и рассеивающих линз

**Цель работы:** Изучить конструкции собирающих и рассеивающих линз, научиться собирать и настраивать простейшую оптическую установку и проводить измерения фокусных расстояний линз, рассчитать оптическую силу линзы.

Линза представляет собой прозрачное тело, ограниченное криволинейными поверхностями. Простейшая линза – сферическая. Преломление лучей при прохождении их через линзу строго определяется законами преломления. Расчеты, проводимые на основании этих законов, показывают, что линзы можно разделить на два типа: *собирающие и рассеивающие*.

На рисунке 1 показаны условные обозначения тонкой собирающей и рассеивающей линз.

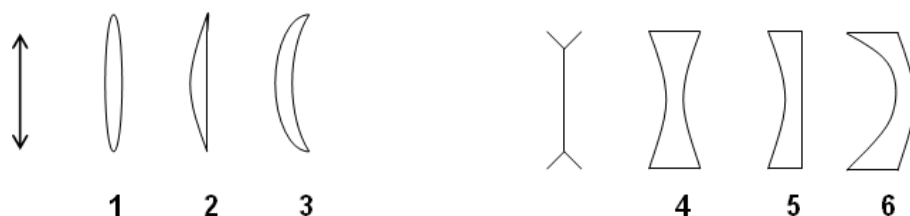


Рис.1 Линзы 1-3 будут собирать падающий на них параллельный пучок лучей, линзы 4-6 – рассеивать.

До начала выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с основными понятиями физической оптики, в частности, иметь твердое представление о смысле терминов: *тонкая линза, главная оптическая ось, радиусы кривизны, фокус, фокальная плоскость, оптический центр, фокусное расстояние, мнимое и действительное изображение, оптическая сила линзы*.

Во время выполнения лабораторной работы необходимо:

1. Ознакомиться с конструкциями собирающих и рассеивающих линз.
2. Измерить фокусные расстояния собирающих линз.
3. Измерить фокусные расстояния рассеивающих линз.

#### 4. Рассчитать оптическую силу линз.

Порядок выполнения лабораторной работы:  
Собрать установку для измерения фокусных расстояний по схеме (Рис.2).

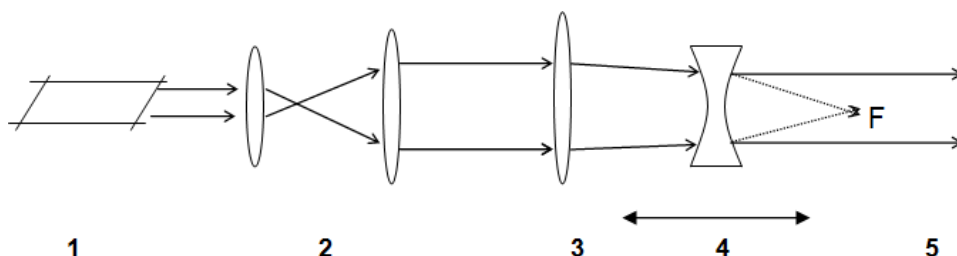


Рис.2 Схема лабораторной установки для измерения фокусных расстояний

1. He-Ne лазер
2. коллиматор
3. собирающая линза
4. рассеивающая линза
5. экран

Для измерения фокусных расстояний **собирающих линз** необходимо собрать следующую схему лабораторной установки: лазер, коллиматор, собирающая линза, экран. Перемещая экран относительно измеряемой линзы добиться минимального размера светового пятна на экране. Измерить расстояние от измеряемой линзы до экрана (расстояние измерять от центральной плоскости линзы, а не от сферической поверхности).

Для измерения фокусных расстояний **рассеивающих линз** в уже собранную лабораторную установку необходимо установить рассеивающую линзу (Рис.2). Перемещением линзы 4 вдоль оптической оси системы подбирается такое ее положение, когда на выходе оптической системы формируется параллельный пучок лучей, т.е. при перемещении экрана относительно линзы 4 диаметр светового пятна на экране не будет изменяться. Фокусным расстоянием рассеивающей линзы будет разность фокусного расстояния собирающей линзы и расстояния между линзами 3 и 4.

Рассчитать радиусы кривизны поверхностей исследуемых линз, используя полученные значения фокусных расстояний, с помощью формулы:

$$1/f = (n-n_{cp}) / n * (1/R_1 - 1/R_2), \quad \text{где}$$

$n$  – показатель преломления вещества линзы,

$n_{cp}$  – показатель преломления среды,

$R_1, R_2$  – радиусы кривизны передней и задней поверхностей линзы.

Необходимо отметить, что радиус кривизны  $R$  считается положительным, если центр кривизны находится справа от сферической поверхности, и отрицательным, если центр кривизны находится слева от сферической поверхности.

Расчет радиуса кривизны плоско-выпуклой линзы.

Измерьте с помощью штангенциркуля высоту  $L$  и толщину  $H$  плоско-выпуклой линзы (Рис.3). Самостоятельно выведите формулу для расчета радиуса кривизны исследуемой линзы.

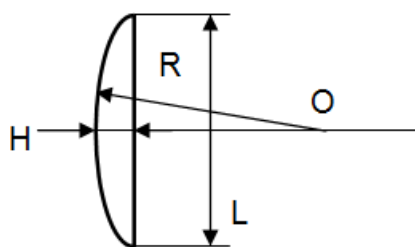


Рис.3

### Контрольные вопросы:

1. Как изменится прохождение лучей через собирающую (рассеивающую) линзу, помещенную в среду с большей оптической плотностью.
2. Показать зависимость расстояния от оптического центра до изображения от расстояния от оптического центра до предмета для собирающей линзы.
3. Показать зависимость расстояния от оптического центра до изображения от расстояния от оптического центра до предмета для рассеивающей линзы.
4. Какими параметрами определяется фокусное расстояние линзы?
5. Какое изображение формирует собирающая линза?

6. Какое изображение формирует рассеивающая линза?

## **Лабораторная работа 2**

### **Исследование конструкции стереоскопического микроскопа МСБ-10**

**Цель работы:** Изучить устройство и принцип действия оптического прибора – микроскопа МСБ-10, овладеть техникой настройки стереоскопического микроскопа МСБ-10 и работы на нем.

Микроскоп МСБ-10 предназначен для наблюдения как объемных предметов, так и тонких пленочных и прозрачных объектов. Наблюдение может производиться как при искусственном, так и при естественном освещении в отраженном и проходящем свете. Область применения: ботаника, биология, медицина, машиностроение, приборостроение и другие области науки и техники.

Технические характеристики:

- увеличение в пределах 3,3-100,8 крат,
- линейное поле зрения 39-2,4 мм,
- рабочее расстояние не менее 95 мм,
- масса прибора 8 кг.

Во время выполнения лабораторной работы необходимо:

1. Изучить оптическую схему микроскопа;
2. Изучить конструкцию микроскопа;
3. Получить практические навыки работы с микроскопом.

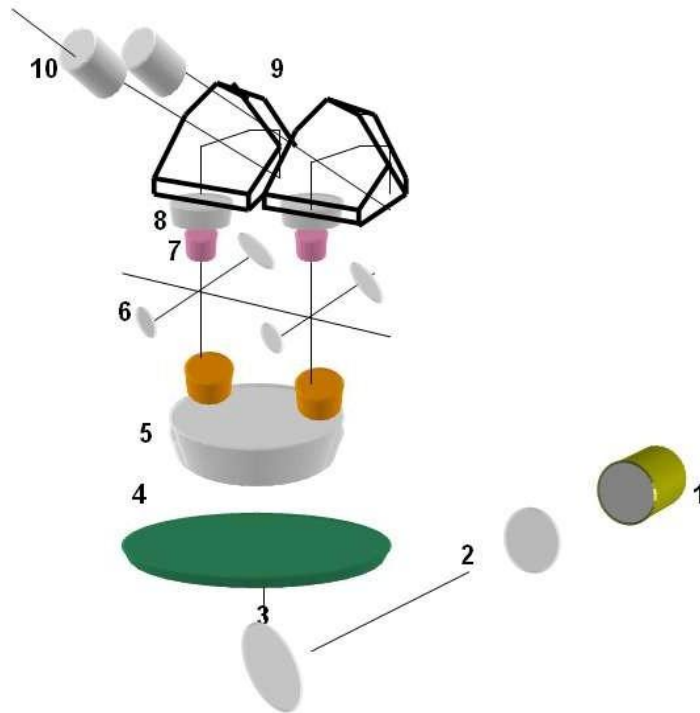


Рис.1 Оптическая схема микроскопа

- 1-электролампа
- 2-конденсор
- 3-отражательная пластинка
- 4-предметное стекло
- 5-объектив  $F=90$  мм
- 6 и 7- системы Галилея
- 8-объектив  $F=180$  мм
- 9-призмы Шмидта
- 10-окуляр

Изображение предмета, полученное с помощью объектива 5 и двух систем Галилея 6 и 7, поочередно включаемых в ход лучей, фокусируется объективами 8 в фокальную плоскость окуляров 10. Системы Галилея работают в прямом и обратном ходе, давая в сочетании с объективами 5 и 8 четыре варианта увеличений объективной части микроскопа. Пятый вариант увеличения получается при выключенных из хода лучей системах Галилея.

|   |       |      |   |   |      |
|---|-------|------|---|---|------|
| Линейное увеличение системы Галилея, крат         | 1/3,5 | 1/2  | - | 2 | 3,5  |
| Общее линейное увеличение объективной части, крат | 0,57  | 1,01 | 2 | 4 | 7,05 |

К микроскопу прилагаются три пары сменных окуляров с увеличением (крат): 5,85; 8,16; 14,3 и один окуляр 8-х со сменными шкалой и сеткой и диоптрийной наводкой, с помощью которых рассматривается изображение, даваемое объективной частью микроскопа. Округленные значения увеличений окуляров нанесены на их корпуса. Увеличения микроскопа с каждой парой сменных окуляров приведены в таблице 1 (крат).

Таблица 1

|                                    | Увеличение окуляра,<br>крат |       |        |
|------------------------------------|-----------------------------|-------|--------|
| Увеличение объективной части, крат | 5,85                        | 8,16  | 14,3   |
| 0,57                               | 3,33                        | 4,65  | 8,15   |
| 1,01                               | 5,90                        | 8,21  | 14,40  |
| 2,00                               | 11,71                       | 16,35 | 28,67  |
| 4,00                               | 23,32                       | 32,55 | 57,09  |
| 7,05                               | 41,20                       | 57,50 | 100,80 |

Призмы Шмидта 9 дают прямое изображение предмета и позволяют изменять межзрачковое расстояние прибора от 56 до 72 мм в соответствии с базой глаз наблюдателя.

Описание конструкции, основные части:

1. Барабан в корпусе
2. Бинокулярная насадка
3. Предметный столик
4. Осветитель со шнуром

Системы Галилея размещены в барабане, находящемся в корпусе. При вращении рукояток, которые крепятся на оси барабана, происходит смена

увеличения. Округленные значения увеличений объективной части микроскопа нанесены на рукоятках (7; 4; 2; 1; 0,6).

**ВНИМАНИЕ! Вращать рукоятки во взаимно противоположных направлениях не следует.**

К корпусу с помощью байонета крепится объектив  $F=90$  мм. Фокусировка объектива на объект осуществляется перемещением его в вертикальном направлении с помощью рукоятки.

**ВНИМАНИЕ! Вращать рукоятки фокусировки во взаимно противоположных направлениях не следует.**

В бинокулярной насадке установлены объективы 8 и призмы 9. Изменение межзрачкового расстояния от 56 до 72 мм осуществляется за счет поворота призм Шмидта 9 во взаимно противоположном направлении с помощью винтового механизма (рукоятка на бинокулярной насадке).

**ВНИМАНИЕ! Изменение межзрачкового расстояния путем сведения и разведения окулярных трубок вручную категорически запрещается, т.к. это может привести к поломке прибора.**

Сменные окуляры устанавливаются в окулярные трубки. На левой окулярной трубке имеется механизм диоптрийной наводки, осуществляемой в пределах 5 диоптрий вращением кольца.

В верхней части стола имеется круглое окно, в которое устанавливается предметная пластина, два отверстия для прижимов. В основании стола имеется поворотное зеркало с рукояткой вращения. В задней стенке основания стола имеется гнездо для установки осветителя при работе в проходящем свете. В боковых стенках основания стола имеются ниши с гнездами для установки подлокотников.

При работе в отраженном свете осветитель устанавливается в гнезде кронштейна. Регулировку освещенности можно осуществлять изменением напряжения питания лампы.

Порядок выполнения работы:

Изучение конструкции микроскопа должно происходить в следующем порядке:

1. Изучение бинокулярной насадки, для этого:
  - 1.1. Снять окуляры из окулярных трубок.



1.2. Ослабить винты бинокулярной насадки и снять ее.

2. Работа с окуляром 8-х:

Окуляр имеет механизм диоптрийной наводки. В фокальной плоскости окуляра можно установить либо шкалу, либо сетку, имеющиеся в комплекте прибора.

Шкала и сетка представляют собой плоскопараллельные круглые пластинки. На одной из них нанесена шкала с ценой деления 0,1 мм, на другой – сетка с ценой деления стороны квадрата 1,0 мм. Для приближенной оценки линейных размеров или площадей участков объекта следует в одну из окулярных трубок прибора вставить окуляр 8-х с измерительной шкалой (Таблица 2).

Таблица 2

| Увеличения, нанесенные на рукоятках барабана, крат | Соответствует величине на объекте |                         |
|--|-----------------------------------|-------------------------|
|  | Одно деление шкалы (0,1 мм)       | Сторона квадрата (1 мм) |
| 0,57   | 0,17                              | 1,70                    |
| 1,01   | 0,10                              | 1,00                    |
| 2,00   | 0,05                              | 0,50                    |
| 4,00   | 0,025                             | 0,25                    |
| 7,05   | 0,014                             | 0,14                    |

Смену шкалы (или сетки) следует проводить следующим образом:

- а) Вывернуть из корпуса окуляра оправу шкалы, которая расположена в нижней его части.
- б) Отвернуть гайку, крепящую шкалу (или сетку), и осторожно вынуть шкалу из оправы.
- в) Установить сетку в оправу и завернуть гайку.
- г) Ввернуть оправу в окуляр.

3. Подготовка изделия к работе:

3.1. Установить бинокулярную насадку. Установить барабан в положение, когда через гнездо под бинокулярную насадку будут видны отверстия в барабане без оптики, а по обеим сторонам этих отверстий оправы с малой оптикой барабана. Индекс, нанесенный на кольцо, должен совпадать с цифрой 2 на рукоятке барабана.

3.2. Установить оптическую головку прибора на стойке и надежно затянуть зажимной винт

3.3. Настроить освещенность

- 3.4. Выбрать пару окуляров нужного увеличения
- 3.5. Установить наглазники, имеющиеся в комплекте к прибору
- 3.6. Сфокусировать микроскоп на объект
- 3.7. Установить межзрачковое расстояние прибора в соответствии с базой глаз наблюдателя.

3.8. Диоптрийную наводку следует использовать после того, как микроскоп сфокусирован на объект по правой ветви, которая не имеет диоптрийной наводки.

**ВНИМАНИЕ! Работы с оптическими деталями микроскопа проводить крайне осторожно! Никогда не следует касаться пальцами или твердыми предметами поверхностей оптических деталей во избежание нарушения просветляющих покрытий.**

Задание: С помощью измерительного окуляра провести измерение линейных размеров предложенной микросхемы, помещающейся в поле зрения микроскопа. Измерения провести при различных значениях увеличения микроскопа.

#### Контрольные вопросы:

1. Из каких основных систем линз состоит микроскоп
2. Чем отличаются оптическая и механическая длина тубуса микроскопа?
3. Увеличение микроскопа? От чего зависит увеличение микроскопа?
4. Основные требования, предъявляемые к объективу микроскопа?
5. Основные требования, предъявляемые к окуляру?
6. Чем определяется минимальный размер объекта, различимого микроскопом.

### **Лабораторная работа 3**

#### **Исследование спектра излучения ртутной лампы с помощью универсального монохроматора УМ-2**

**Цель работы:** Изучить устройство и принцип действия оптического прибора – монохроматора УМ-2, овладеть методикой измерения спектров с помощью монохроматора УМ-2.

Монохроматором называется прибор, в котором, путем поворота диспергирующего элемента, можно сканировать спектр излучения относительно выходной щели, чтобы осуществить регистрацию спектра.

Монохроматор УМ-2 выделяет монохроматические участки спектра в видимой и ближней инфракрасной областях.

Технические характеристики:

- Рабочий диапазон 380 нм – 1000 нм
- Фокусное расстояние объективов 280 мм
- Цена деления барабанчика щели 0,01 мм
- Пределы раскрытия щелей 0-4 мм
- Преломляющий угол призмы 60 град.
- Градуировка барабана длин волн указана в таблице 3.

Таблица 3

| Длина волны, нм | Отсчет по шкале барабана длин волн |
|-----------------|------------------------------------|
| 690,7           | 2888                               |
| 585,2           | 2480                               |
| 577,0           | 2437                               |
| 546,1           | 2255                               |
| 491,6           | 1834                               |
| 435,8           | 1164                               |
| 404,6           | 612                                |

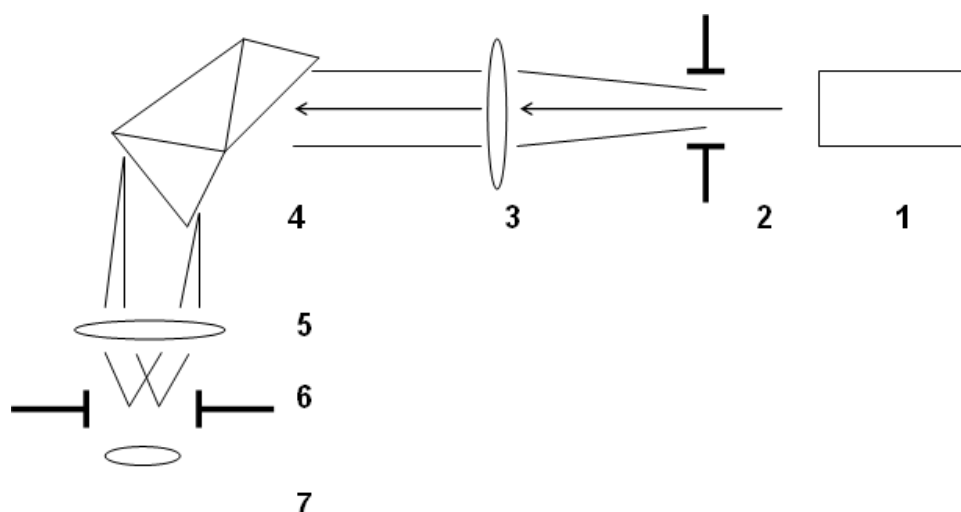


Рис. 1 Оптическая схема монохроматора

1. источник света
2. входная щель
3. объектив входного коллиматора
4. диспергирующая призма, призма Аббе, состоит из трех призм  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , где  $P_1$  и  $P_3$  являются спектральными, приклеенными к граням равнобедренной прямоугольной отражательной призмы  $P_2$ . Такая система обеспечивает угол отклонения 90 градусов для лучей, проходящих призму.
5. объектив зрительной трубы
6. съемная выходная щель
7. окуляр

Свет через входную щель попадает на объектив коллиматора и параллельным пучком проходит диспергирующую призму. Под углом 90 градусов к падающему пучку света помещается выходная труба монохроматора.

Комплектность:

Монохроматор УМ-2

Монокулярная головка

Пульт питания монохроматора

Ртутная лампа

Лампа накаливания К-12 (12 В, 30 Вт)

Лампа неоновая ТН-0,3

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. **Исследование спектра излучения лампы накаливания.** Для этого, устанавливают лампу накаливания перед входной щелью монохроматора. В объектив выходной трубы монохроматора наблюдают сплошной спектр излучения.
2. **Исследование спектра излучения неоновой лампы.** Для этого, устанавливают неоновую лампу перед входной щелью монохроматора. Ширину входной щели устанавливают 0,01-0,02 мм. В объектив выходной трубы монохроматора наблюдают спектральные линии излучения неоновой лампы. Произвести отсчеты по шкале барабана длин волн для каждой спектральной линии.
3. **Исследование спектра излучения ртутной лампы.** Для этого, устанавливают ртутную лампу перед входной щелью монохроматора. Ширина входной щели 0,01-0,02 мм. Необходимо отцентрировать источник света, чтобы объектив коллиматора был равномерно заполнен светом. В объектив выходной трубы монохроматора наблюдают спектр в виде чередования цветных полос. Произвести отсчеты по шкале барабана длин

волн для каждой спектральной линии.

Определить длину волны каждой спектральной линии, пользуясь таблицей 4.

Таблица 4

| Длина волны, А | Отсчет по шкале барабана длин волн |
|----------------|------------------------------------|
| 8400           | 3275                               |
| 6907           | 2888                               |
| 5852           | 2480                               |
| 5770           | 2437                               |
| 5461           | 2235                               |
| 4916           | 1834                               |
| 4358           | 1104                               |
| 4046           | 612                                |

Обратить внимание на желтый дуплет в спектре излучения ртутной лампы. Определить длины волн желтых спектральных линий.

При выполнении работы следует учесть:

Пульт питания монохроматора обеспечивает нормальную работу ртутной лампы. **Эта лампа мощный источник света.** Во время работы в лампе развивается давление до  $30 \text{ кгс/см}^2$ , поэтому **обращаться с ртутной лампой следует осторожно.** Ртутная лампа используется в различных оптических приборах для получения узкого пучка света большой интенсивности ( $1000 \text{ Мкд/м}^2$ ). Излучение лампы имеет линейчатый спектр с непрерывным фоном. **Недостатком лампы является длительное время разгорания (2-5 мин.) и остывания после выключения для повторного зажигания. Требуется повышенное напряжение для поджига.**

От этого же пульта подается напряжение питания 12 В на лампу накаливания и 3,5 В на лампочки освещения шкал прибора. На передней панели пульта имеются выключатели сети и лампы накаливания, а также пусковая кнопка и выключатель ртутной лампы.

Неоновая лампа ТН-0,3 включается в сеть 220 В.

При вращении барабана, призмный столик может поворачиваться на различные углы относительно падающего пучка света. Т.о. получают в выходной щели свет различной длины волны, проходящий через призму в минимуме отклонения.

На барабане длин волн нанесены относительные деления – градусы. Отсчет читается против индекса, скользящего по спиральной канавке.

### Контрольные вопросы:

1. Поясните понятие “спектр излучения”.
2. Какие вы знаете дисперсионные спектральные элементы?
3. Что такое угловая и линейная дисперсия спектрального прибора?
4. Как объяснить понятие «нормальной» ширины входной щели спектрального прибора?

### **Лабораторная работа 4**

#### **Исследование характеристик пропускающей и отражательных дифракционных решеток**

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкциями дифракционных решеток, изучить роль, которую играют дифракционные решетки в работе оптических приборов, научиться измерять углы дифракции света и рассчитывать основные характеристики дифракционных решеток.

Дифракционные решетки – это оптические устройства, обеспечивающие

периодическую пространственную модуляцию падающей световой волны по амплитуде или по фазе или по амплитуде и по фазе одновременно. В соответствии с данным определением различают амплитудные дифракционные решетки, фазовые дифракционные решетки и амплитудно-фазовые решетки. По форме рабочей поверхности дифракционные решетки делят на плоские и вогнутые, а по особенностям дифракции – на пропускающие и отражательные.

В частности, пропускающая дифракционная решетка (Рис.1) может представлять собой совокупность строго параллельных щелей, разделенных непрозрачными промежутками.

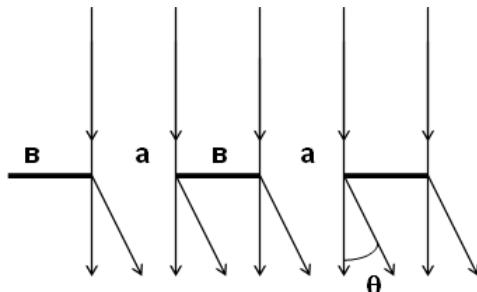


Рис.1 Схема пропускающей дифракционной решетки.

$a$  – ширина щели  
 $b$  – величина непрозрачного промежутка  
 $d = a + b$  – период решетки.

Угол дифракции  $\theta_m$ , при нормальном падении света, определяется длиной волны излучения -  $\lambda$ , периодом решетки -  $d$  и может быть рассчитан по формуле:

$$\theta_m = \arcsin (m \lambda / d), \quad (1)$$

где  $m$  – номер порядка дифракции  $m = 0; \pm 1; \pm 2 \dots$

Отражательные дифракционные решетки могут представлять собой, в частности, совокупность штрихов – канавок, расположенных на определенном расстоянии друг от друга (Рис. 2). Отражающим свет элементом служит отражающая грань. Наклон грани к общей плоскости решетки определяет угол «блеска» решетки. Использование решеток с блеском позволяет получить высокую дифракционную эффективность.

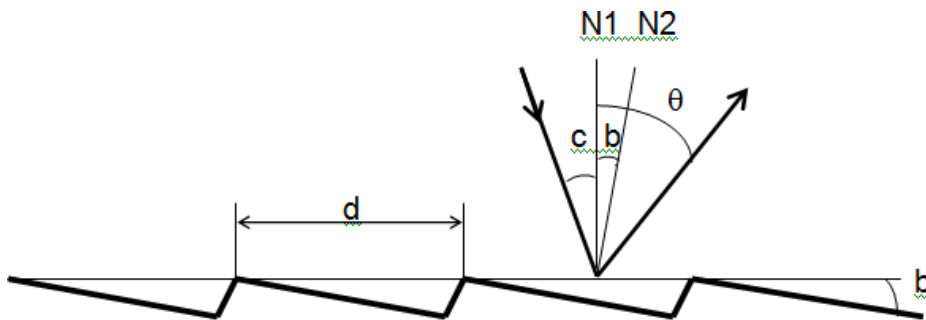


Рис.2 Профиль отражательной дифракционной решетки

- N1 – нормаль к общей поверхности решетки
- N2 – нормаль к отражающей грани решетки
- $d$  – период решетки
- $c$  – угол падения лучей на поверхность решетки
- $b$  – угол “блеска” дифракционной решетки
- $\theta$  – угол дифракции

Уравнение, описывающее дифракцию на решетке, можно записать в виде:

$$m\lambda = d ( \sin \theta + \sin c ) \quad (2)$$

Для получения максимальной дифракционной эффективности должно выполняться условие:

$$c + b = \theta - b \quad (3)$$

Порядок выполнения работы:

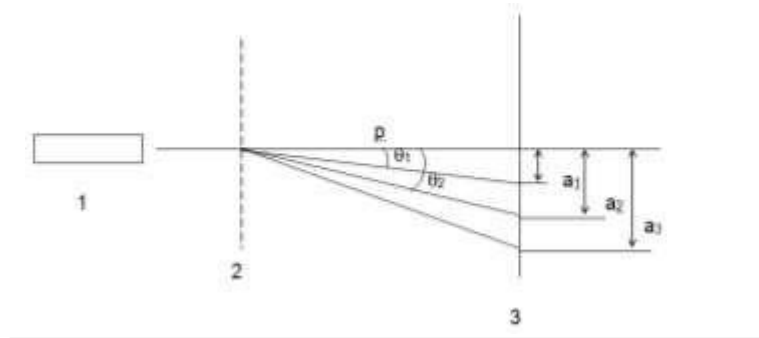


Рис.3 Схема лабораторной установки для исследования пропускающей амплитудной решетки.

- 1 – He-Ne лазер,  $\lambda=0,63\text{мкм}$
- 2 – дифракционная решетка
- 3 – экран
- p – расстояние от дифракционной решетки до экрана

Исследование амплитудной пропускающей дифракционной решетки. Для этого - собрать установку Рис.3. Измерить углы дифракции первого, второго и третьего порядков ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ) для амплитудной пропускающей дифракционной решетки. Для определения углов дифракции необходимо измерить расстояния между центрами световых пятен на экране от пучков нулевого порядка до первого, второго и третьего порядков соответственно ( $a_1, a_2, a_3$ ), а также расстояние от решетки до экрана (p). Углы дифракции рассчитываются по формуле:

$$\text{arctg } \theta_m = a_m / p, \text{ где } m=1,2,3,\dots \quad (4)$$

Исследование отражательных фазовых решеток. Для этого – собрать установку Рис.4. В ходе эксперимента необходимо измерить расстояния a,



$f$ ,  $p$ . Вычислить угол падения света на дифракционную решетку ( $\alpha = \beta$ ), угол дифракции света ( $\theta$ ). Провести измерения углов дифракции для всех дифракционных решеток, предложенных в лабораторной работе.

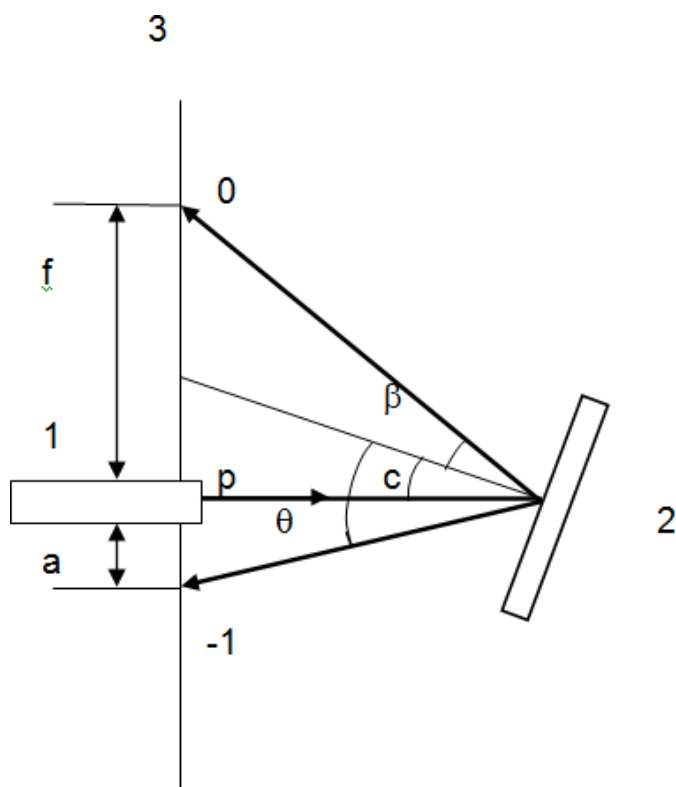


Рис.4 Схема лабораторной установки для исследования отражательных фазовых дифракционных решеток

1- He-Ne лазер

2 - дифракционная решетка

3 - экран

$\alpha$  - угол падения света

$\beta$  - угол отражения света (нулевой дифракционный порядок)

$\theta$  - угол дифракции (минус первый дифракционный порядок)

$p$  - расстояние от решетки до экрана

$a, f$  - расстояния на экране до световых пятен, соответствующих минус первому и нулевому дифракционным порядкам

Используя полученные экспериментальные значения углов дифракции, рассчитать пространственные частоты дифракционных решеток (число штрихов на миллиметр). Сравнить экспериментальные данные со значениями, указанными в паспортных данных на дифракционные решетки.

### Контрольные вопросы:

1. Опишите принцип работы амплитудных и фазовых дифракционных решеток.
2. Напишите и объясните основное уравнение дифракционной решетки.
3. Объясните понятие “разрешающая способность спектрального прибора”.

### **Лабораторная работа №5**

#### **Исследование конструкции и принципа действия монохроматора на основе дифракционной решетки**

**Цель работы:** изучить принцип действия решеточного монохроматора, получить навык работы с измерительным прибором «fotec m», рассчитать разрешающую способность монохроматора.

До начала выполнения работы необходимо изучить схему лабораторной установки Рис.1.

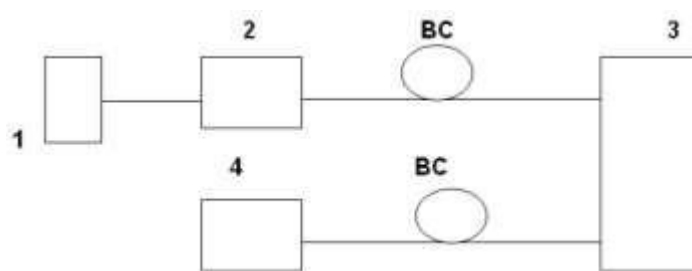


Рис.1 Схема лабораторной установки

1. Блок питания источника излучения
  2. Полупроводниковый СИД
  3. Монохроматор решеточный «zondas»
  4. Измерительный прибор «fotec m»
- ВС- волоконный световод

Излучение со светоизлучающего диода ИЛПН – 110 ( $\lambda \approx 0,85$  мкм) по волоконному световоду поступает на входное отверстие монохроматора. Далее свет дифрагирует на вогнутой дифракционной решетке. Микропозиционером осуществляется поворот дифракционной решетки, т.о. на выходном отверстии монохроматора формируется «изображение» дифракционной картины. С выходного отверстия по волоконному световоду световой поток поступает на измеритель мощности «fotec m», который может работать в двух режимах (dBm и  $\mu$ W). Оптическая схема монохроматора приведена на рис.2

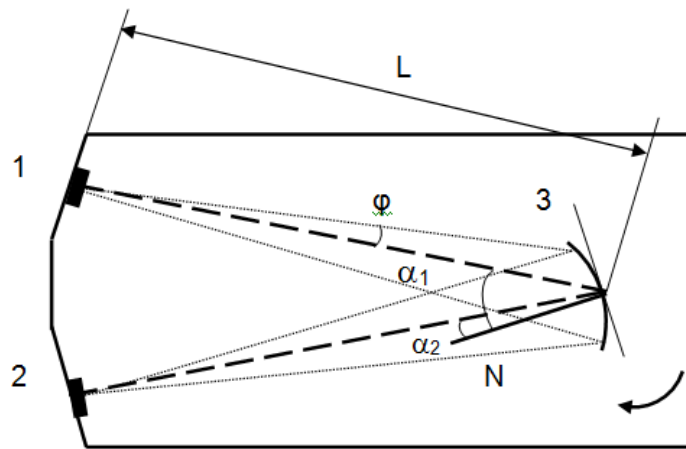


Рис.2 Оптическая схема монохроматора на основе дифракционной решетки

- 1 – входное отверстие монохроматора
- 2 – выходное отверстие монохроматора
- 3 – вогнутая дифракционная решетка
- L – расстояние от входного (выходного) отверстия до дифракционной решетки
- $\varphi$  – угол, соответствующий числовой апертуре ВС
- $\alpha_1$  – угол падения света на дифракционную решетку (относительно нормали N)
- $\alpha_2$  – угол дифракции света (относительно нормали N)

Дифракция на решетке в первом порядке описывается формулой:

$$\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 = \lambda/d, \quad (1)$$

$\lambda$  – длина волны источника,  $\lambda = 0,85$  мкм

$d$  – период дифракционной решетки

Порядок выполнения работы:

1. Включить блок питания
2. Поворотом микропозиционера настроить установку на первый дифракционный максимум.
3. Вращая винт микропозиционера в сторону больших длин волн, провести измерения начального участка второго порядка спектра (до 1,6 мкм включительно). Измерения прибором «fotec m» провести в двух режимах (dBm и  $\mu$ W)

**По результатам измерений построить зависимость спектра излучения от длины волны. По графику определить ширину спектра излучения по уровням 0,707 и 0,1.**

Расчет разрешающей способности монохроматора.

Один из критериев разрешающей способности, предложенный Релеем, заключается в том, что изображения двух точечных источников света считаются разрешенными, если центральный максимум дифракционного изображения от одного источника совпадает с первым минимумом дифракционного изображения другого источника (рис.1).

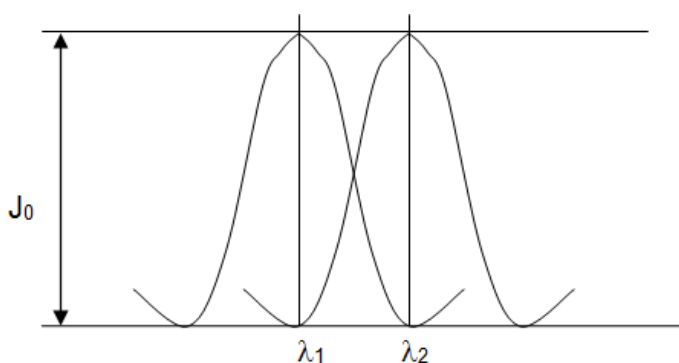


Рис.3 Пояснение критерия Релея

При расчете разрешающей способности спектральных приборов ее величина определяется отношением длины волны  $\lambda$ , соответствующей среднему значению длин волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , находящихся на пределе разрешения к величине  $\delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$ , т.е. разрешающая способность (R)

$$R = \lambda / \delta\lambda \quad (2)$$

Разрешающая способность монохроматора зависит от многих параметров, в частности, от ограничения светового пятна на решетке и размеров входного и выходного отверстий.

1. Рассчитать разрешающую способность решетки монохроматора, ограниченную конечным размером светового пятна на решетке для первого порядка спектра.

Разрешающая способность дифракционной решетки определяется общим числом штрихов попадающих в пятно излучения на поверхности решетки и порядком спектра, т.о.

$$R_p = m * K, \quad (3)$$

$m$  – порядок спектра  
 $K$  – общее число штрихов, попадающих в пятно излучения на поверхности решетки ( $NA = 0,2$ ;  $L = 100$  мм)

2. Рассчитать разрешающую способность монохроматора, ограниченную конечными размерами входного и выходного отверстий по формуле

$$R = \lambda / \delta\lambda$$

Чтобы учесть влияние конечных размеров входного и выходного отверстий необходимо взять дифференциал от соотношения (1):

$$\delta\alpha_{1,2} * \cos\alpha_{1,2} = \delta\lambda_{1,2}/d \quad (4)$$

$$\delta\alpha_{1,2} = \delta X_{1,2}/L \quad (5)$$

$d$  – период дифракционной решетки,  $d = 1/N$ ,  $N = 600$  штрихов на миллиметр в центре решетки.

$\alpha_1$  – угол падения света на дифракционную решетку,  $\alpha_1 = 32^\circ$

$\alpha_2$  – угол дифракции света,  $\alpha_2 = 2^\circ$

$L$  – расстояние от входного (выходного) отверстия до дифракционной решетки,  $L = 100$  мм

$\delta X_1, \delta X_2$  – диаметры входного и выходного отверстий в случае использования многомодового волокна,  $\delta X_1 = \delta X_2 = 50$  мкм

Суммарное значение  $\delta\lambda$  может быть вычислено по формуле:

$$\delta\lambda = \sqrt{\delta\lambda_1^2 + \delta\lambda_2^2} \quad (5)$$

3. Рассчитать разрешающую способность решетки монохроматора в случае использования одномодового волокна (см. п.2).

Диаметр сердцевины одномодового волокна  $\delta X_1 = \delta X_2 = 8$  мкм

Контрольные вопросы:

1. Дайте понятие вогнутой отражательной дифракционной решетки.
2. Чем определяется разрешающая способность оптического прибора с дифракционной решеткой?
3. Чем определяется спектральный диапазон измеряемого излучения в приборах с дифракционными решетками?
4. Сравнить результаты расчета по п.1, п.2, п.3. Объяснить полученные результаты.