**минобрнауки России**

**Санкт-Петербугский государственный электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» Им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра физики**

**Физика**

**Лабораторная работа № 4 по теме**

**«Дифракционная решётка»**

**Вариант 13**

Выполнил: студент гр. №3586 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сидоров Антон Дмитриевич

Проверила: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Посредник Олеся Валерьевна

Санкт-Петербург

2024

**Содержание**

[1 Общие положения 3](#_Toc179753284)

[1.1 Цель работы 3](#_Toc179753285)

[1.2 Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка) 3](#_Toc179753286)

[2 Основные теоретические положения 5](#_Toc179753287)

[2.1 Общие сведения 5](#_Toc179753288)

[2.2 Ответы на контрольные вопросы 10](#_Toc179753289)

[2.2.1 Вопрос 1 – Вопрос 1 10](#_Toc179753290)

[2.2.2 Вопрос 2 – Вопрос 19 11](#_Toc179753291)

[3 Указания к работе 14](#_Toc179753292)

[3.1 Указания по подготовке к работе 14](#_Toc179753293)

[3.2 Указания по проведению эксперимента 15](#_Toc179753294)

[3.3 Указания по обработке эксперимента 16](#_Toc179753295)

[4 Результаты работы 18](#_Toc179753296)

[4.1 Наблюдения 18](#_Toc179753297)

[4.2 Формулы 18](#_Toc179753298)

[4.3 Расчёты и погрешности 18](#_Toc179753299)

[4.3.1 Угловой коэффициент зелёного света 18](#_Toc179753300)

[4.3.2 Угловой коэффициент жёлтого света 19](#_Toc179753301)

[4.3.3 Угловой коэффициент красного света 20](#_Toc179753302)

[4.4 Результаты расчёта погрешностей 20](#_Toc179753303)

[4.5 Графики зависимости от 20](#_Toc179753304)

[5 Вопросы на защиту 23](#_Toc179753305)

[5.1 Дифракция на щели 23](#_Toc179753306)

[5.2 Характеристики дифракционной решётки. Их определение и физический смысл 24](#_Toc179753307)

[5.2.1 Дисперсия 24](#_Toc179753308)

[5.2.2 Разрешающая способность 25](#_Toc179753309)

[5.3 №41 IdzDifract 26](#_Toc179753310)

[6 Вывод 29](#_Toc179753311)

# **Общие положения**

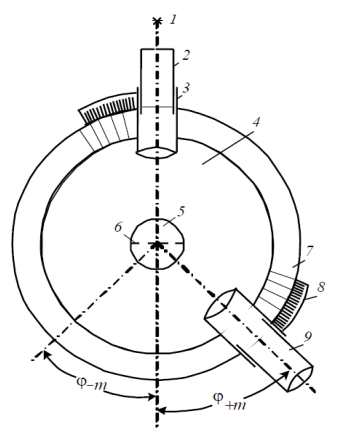
В данном разделе описаны общие положения, связанные с заданием.

## **Цель работы**

Цель данной работы является исследование дифракции света на прозрачной дифракционной решетке; определение параметров решетки и спектрального состава излучения.

## **Приборы и принадлежности (Экспериментальная установка)**

Как показано на рисунке 1, экспериментальная установка состоит из источника света 1 (ртутная лампа), гониометра 4 и дифракционной решетки 6. Излучение лампы освещает щель 2 коллиматора 3 гониометра и дифракционную решетку, установленную в держателе 5 перпендикулярно падающим лучам. Зрительная труба 9 гониометра может поворачиваться вокруг вертикальной оси гониометра. В фокальной плоскости окуляра зрительной трубы наблюдается дифракционный спектр. Угловое положение зрительной трубы определяется по шкале 7 и нониусу 8 лимба гониометра. Цена деления шкалы гониометра , нониуса – . Поскольку начало отсчета по шкале гониометра может не совпадать с направлением нормали к поверхности решетки, то угол дифракции определяется разностью двух углов , где – угол, отвечающий центральному дифракционному максимуму.



1. Схема экспериментальной установки

# **Основные теоретические положения**

В данном разделе представлены теоретические сведения для выполнения работы.

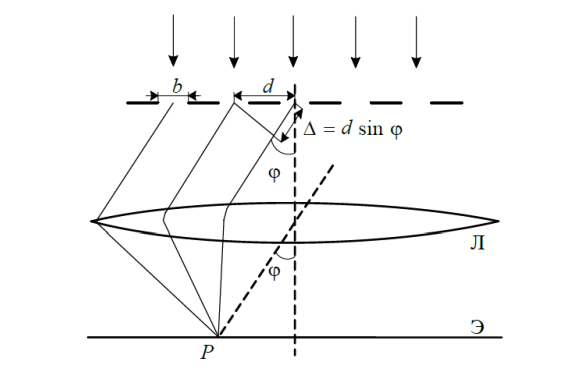
## **Общие сведения**

Дифракцией называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями и связанных с отклонением от законов геометрической оптики. Дифракция, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. Между интерференцией и дифракцией нет существенного физического различия. Оба явления заключаются в перераспределении светового потока в результате суперпозиции волн.

Различают два вида дифракции. Если лучи света, падающие на препятствие, и лучи, идущие в точку наблюдения, образуют практически параллельные пучки, говорят о дифракции Фраунгофера, в противном случае – о дифракции Френеля. Дифракция Фраунгофера возникает, когда источник и точка наблюдения расположены от препятствия очень далеко или при собирании параллельных лучей линзой.

При дифракции на многих однотипных отверстиях в непрозрачном экране проявляется интерференционное взаимодействие дифрагировавших волн.

Прозрачная дифракционная решетка представляет собой пластину из прозрачного материала, на поверхности которой нанесено большое число параллельных равноотстоящих штрихов. Ширина прозрачной полосы (щели) b, расстояние между серединами щелей , общее число щелей . Пусть на решетку нормально падает плоская монохроматическая волна и дифракционная картина наблюдается на экране , установленном в фокальной плоскости линзы , как показано на рисунке 2.



1. Дифракционная решетка

Строгий расчет дифракционной картины производится по принципу Гюйгенса–Френеля интегрированием излучения вторичных источников в пределах щелей решетки и затем суммирования колебаний, прошедших от всех щелей.

Окончательное выражение для интенсивности света, распространяющегося под углом φ к нормали после дифракции на правильной структуре из N щелей, записывается в виде

(1)  
где , . Множитель характеризует распределение интенсивности в результате дифракции плоской волны на каждой щели и представляет собой функцию распределения интенсивности на экране от каждой щели, а множитель учитывает интерференцию между пучками, исходящими от всех щелей.

Значение определяет значение потока энергии, изучаемого в направлении , то есть энергии недифрагированного света.

Первый множитель в (1) обращается в нуль в точках, для которых

, . (2)

В этих точках интенсивность, создаваемая каждой из щелей в отдельности, равна нулю. Распределение интенсивности, обусловленное дифракцией на каждой отдельной щели, изображено на рисунке 3, б.

Второй множитель в (1) принимает значения в точках, удовлетворяющих условию

, (3)

Условие (3) определяет положение максимумов интенсивности, называемых главными. Число m дает порядок главного максимума. Максимум нулевого порядка только один, максимумов 1-го, 2-го и т. д. порядков имеется по два. При выполнении условия (3) амплитуда световой волны за системой из щелей возрастает в раз по сравнению с интенсивностью света, прошедшего через каждую щель, а интенсивность – в .

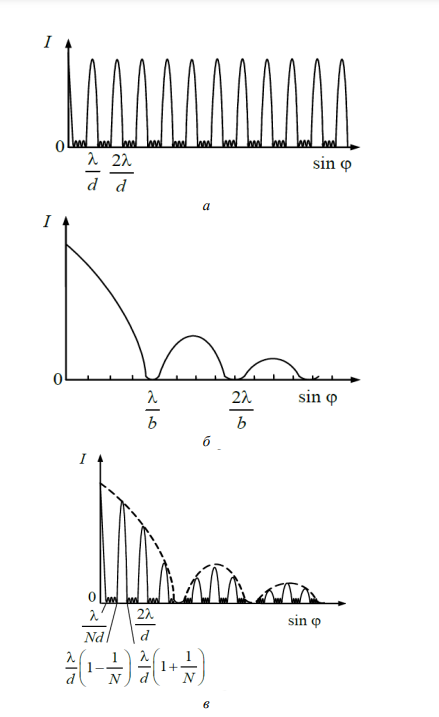
Между двумя главными максимумами (при одновременном выполнении и ) возникает минимум, где , но .

Направление добавочных минимумов определяется условием

(4)

Здесь , при условие (4) переходит (3) и вместо минимума формируется максимум.

Если считать, что щели излучают по всем направлениям одинаково, то интенсивности главных максимумов будут одинаковыми и равными интенсивности нулевого максимума (рисунок 3, а). Ширина главных максимумов определяется числом щелей , а интенсивность каждого из них пропорциональна . Результирующее распределение интенсивности представляет собой распределение интенсивности главных максимумов, промодулированное функцией интенсивности одной щели (рисунок 3, в).



1. Распределения интенсивностей при дифракции света на правильной структуре щелей

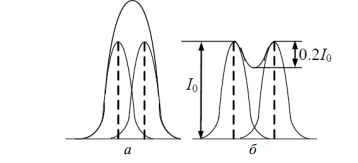
*Дисперсия* и *разрешающая способность* дифракционной решетки. Положение главных максимумов на экране зависит от длины волны, поэтому если излучение содержит различные длины волн, все максимумы (кроме центрального) разложатся в спектр. Таким образом, дифракционная решетка представляет собой спектральный прибор. Важнейшими характеристиками спектральных приборов служат дисперсия и разрешающая сила.

Угловая дисперсия определяется как , где – угол между направлениями на дифракционные максимумы -го порядка, соответствующие излучения с близкими длинами волн и ,

Угловую дисперсию принято выражать в угловых единицах (секундах или минутах) на ангстрем (или нанометр). Из основного уравнения для углов дифракции , получаем

(5)

Возможность разрешения (раздельного восприятия) двух близких спектральных линий зависит не только от расстояния между ними, но и от ширины спектрального максимума. На рисунке 4 показана результирующая интенсивность, наблюдаемая при наложении двух близких максимумов. В случае оба максимума воспринимаются как один. В случае максимумы видны раздельно.



1. Иллюстрация критерия Рэлея: а – линии сливаются; б – линии можно разрешить

Критерий разрешения был введен Рэлеем, предложившим считать две спектральные линии разрешенными в том случае, когда максимум для одной длины волны совпадает с первым побочным минимумом для другой . В этом случае (при равной интенсивности следуемых симметричных максимумов) глубина «провала» составляет

*За меру разрешающей способности (разрешающей силы)* принимают безразмерную величину, равную отношению длины волны , около которой находятся разрешаемые линии, к наименьшему различию в длинах волн , которое удовлетворяет критерию Рэлея: .

Для нахождения разрешающей силы дифракционной решетки необходимо учесть, что угловое положение главного максимума для спектральной линии с длиной волны должно совпадать с таковым для первого левого побочного минимума (в этом случае в (4) ) спектральной линии с длиной волны : . Откуда .

## **Ответы на контрольные вопросы**

В данном подразделе представлены ответы на контрольные вопросы.

### **Вопрос 1 – Вопрос 1**

В чём сущность явления дифракции? При каких условиях дифракционные явления заметны?

Дифракция волн – явление огибания волнами препятствий, в широком смысле любое отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Она представляет собой универсальное волновое явление и характеризуется одними и теми же законами при наблюдении волновых полей разной природы.

Дифракцией называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями и связанных с отклонением от законов геометрической оптики. Дифракция, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. Между интерференцией и дифракцией нет существенного физического различия. Оба явления заключаются в перераспределении светового потока в результате суперпозиции волн.

Условия дифракции:

* размер препятствия – дифракция происходит, когда длина волны сравнивается с размером препятствия. Если длина волны значительно меньше препятствия, дифракция не будет заметна;
* Форма препятствия – препятствие может быть любой формы, но обычно рассматривается как щель или отверстие. Чем больше количество отверстий или щелей, тем сильнее дифракция;
* Количество и ориентация щелей – эти значения также играют важную роль в дифракции. Если щели расположены равномерно, то дифракционная картина будет симметричной;
* длина волны – Она определяет, какие детали дифракционной картины могут быть видны. Чем короче длина волны, тем более детальную картину можно наблюдать;
* расстояние до экрана – расстояние от препятствия до экрана также влияет на дифракционную картину. Чем дальше экран находится от препятствия, тем больше деталей дифракционной картины может быть видно.

Дифракционная картина обычно представляет собой набор ярких и темных полос или пятен, которые возникают из-за интерференции волн, отраженных от различных препятствий. Это явление очень важно для многих областей науки и техники, таких как оптика, радиотехника, акустика и квантовая механика.

### **Вопрос 2 – Вопрос 19**

Найти условие, определяющее направление на главные максимумы при наклонном падении световых волн на решетку, если период решетки , где – -порядок спектра.

Условие наблюдения максимумов:

, (6)

Условие наблюдения минимумов:

, (7)

Период дифракционной решётки ( – количество щелей, – длина):

, , .

В этих направлениях колебания всех щелей совершаются в одной фазе, амплитуда колебаний , следовательно (главные максимумы). В промежутках между соседними главными максимумами имеется добавочных минимумов в направлениях, для которых колебания от щелей взаимно погашают друг друга:

, .

Дифракционная картина представляет собой чередование очень интенсивных и узких дифракционных максимумов (главные ), отделённых друг от друга большими тёмными промежутками – минимумами ().

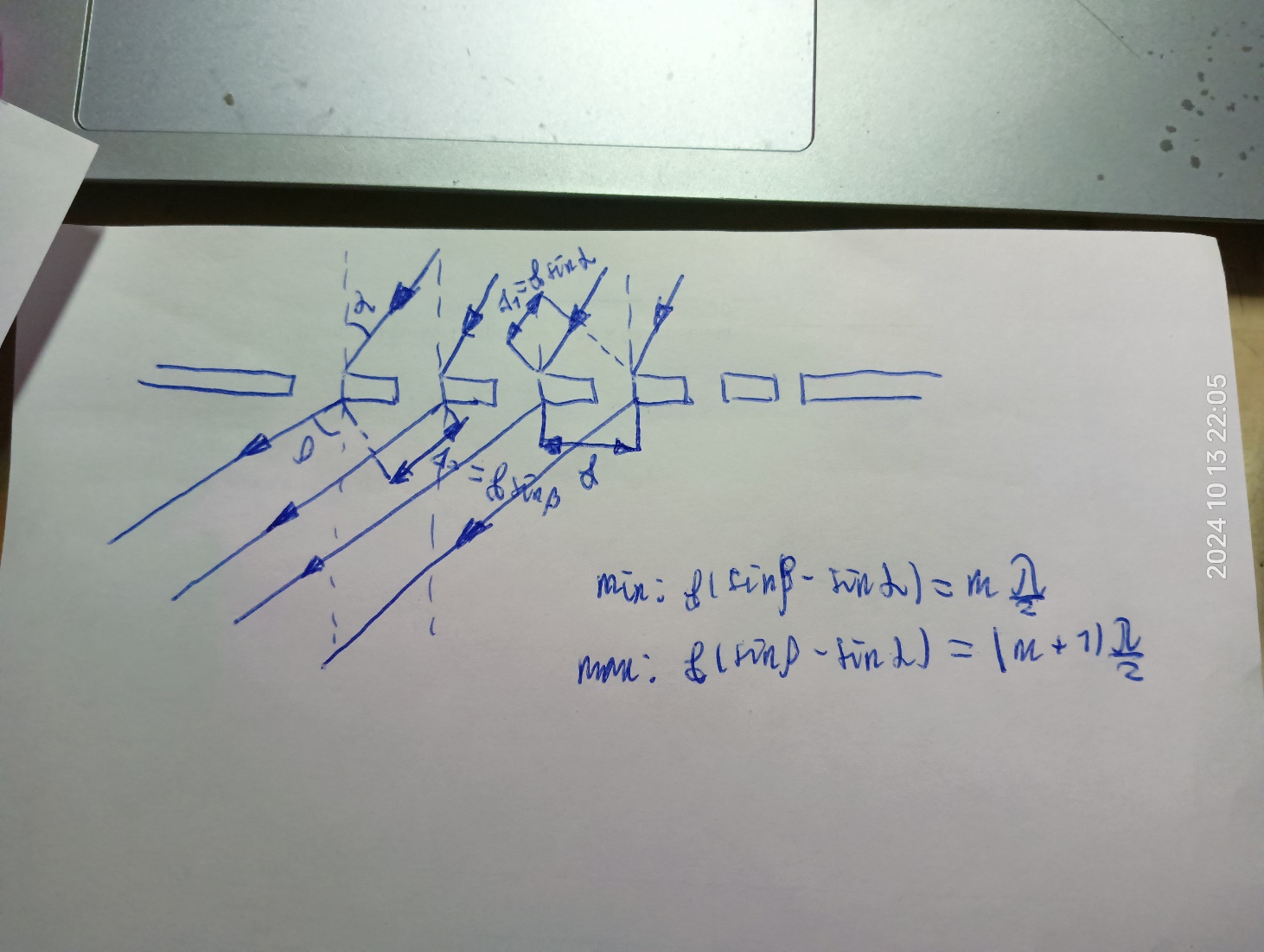
Главные максимумы наблюдаются в направлениях:

Где – порядок главных максимумов.

Всего наблюдается главных максимумов: .

Но! Всё выше сказанное действует только при падении света на дифракционную решётку под прямым углом.

Теперь, разберём случай, когда свет на дифракционную решётку падает под наклоном. Иллюстрация данного случая представлена на рисунке 5.



1. Схема экспериментальной установки

Здесь: – угол падения, – угол преломления, и – разности хода, – периоды дифракционной решётки.

Тогда:

Условие наблюдения максимумов:

, (9)

Условие наблюдения минимумов:

, (10)

При падении света на дифракционную решётку под прямым углом:

(11)

Тогда, если положить , то из (9) получится (6), а из (10) – (7).

# **Указания к работе**

В данном разделе представлены указания для подготовке к работе, проведения работы и обработки результатов эксперимента.

## **Указания по подготовке к работе**

Создайте таблицы (по форме таблиц 1, 2 и 3) для записи параметров установки и результатов наблюдений.

1. Измерение углов дифракции для линий \_\_\_ цвета   
   (В протоколе наблюдений должно содержаться три таких таблицы для линий желтого, зеленого и синего цветов)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Порядок** | **0** | **1** | **2** | **3** |
|  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
| **3**  **2**  **1** | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |

1. Константы эксперимента

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Длина волны зелёного цвета**  **, нм** | **Постоянная решётки**  **, мкм** | **Постоянная решётки**  **, мкм** | **Длина решётки**  **, см** | **Число штрихов на решётке** |
| , нм с |  |  | Теор. 1,5 см |  |
|  |  |  |  |  |

1. Константы эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Цвет спектральной линии** | **Угловой коэффициент** | **Длина волны** | **Порядок спектра,** | , мин/нм |  | **, нм** |
| Жёлтая |  |  | 0 |  |  |  |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| Зелёная |  |  | 0 |  |  |  |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| Синяя |  |  | 0 |  |  |  |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |

## **Указания по проведению эксперимента**

Экспериментальная установка представлена на рисунке 6

Изображение выглядит как зарисовка, диаграмма, рисунок, круг

Автоматически созданное описание

1. Схема экспериментальной установки

Указания по проведению эксперимента:

1. Включить ртутную лампу. Направить коллиматор на ртутную лампу. Наблюдать в зрительную трубу дифракционную картину. Проверить, стоит ли дифракционная решетка перпендикулярно выходящему из коллиматора пучку лучей.
2. Повернуть зрительную трубу против часовой стрелки вокруг оси гониометра, навести зрительную трубу на желтую спектральную линию 3-го порядка, определить угол . Затем поворачивать зрительную трубу по часовой стрелке, последовательно совмещая нить окуляра зрительной трубы с яркими спектральными линиями (желтой, зеленой, синей, белой) порядков (справа от центрального максимума и в центре его). Определить соответствующие углы и записать их значения для каждого цвета в таблицу 1.
3. Продолжать далее поворачивать зрительную трубу по часовой стрелке за центральный максимум, последовательно наводить нить зрительной трубы на синюю, зеленую, желтую линии спектра слева от центрального максимума для . Определить соответствующие углы . Результаты представить в таблице 1.
4. Наблюдения по пп. 2, 3 проделать 3 раза для последующей статистической обработки результатов.

## **Указания по обработке эксперимента**

Указания по обработки результатов:

1. Выведите формулы погрешностей в таблице 1 и, в пп. 5 и 6.
2. Для каждого значения в трёх таблицах по форме 1 рассчитать средние значения углов , и значения параметра (где ). Индекс соответствует жёлтому, – зелёному, – синему цветам спектральных линий.
3. . По полученным выборкам значений i a объема по каждой из таблиц по форме 4.1 найти результат косвенного измерения выборочным методом обработки данных косвенных измерений с доверительной вероятностью . Результаты расчетов занести в таблице 3.
4. В координатах () отметить на миллиметровой бумаге положение совместных значений () для синей, зелёной и жёлтой линии и через полученные совокупности точек провести аппроксимирующие прямые .
5. Используя значение длины волны для зелёной линии в таблице 2 рассчитать методом переноса погрешностей постоянную дифракционной решётки с . Здесь , () и  
    . Результаты расчётов занести в таблицу 2.
6. Используя метод переноса погрешностей, рассчитать длины волн света, соответствующие жёлтому и синему участкам спектра ртутной лампы. Здесь , . Результаты рассчётов занести в таблицу 3.
7. По экспериментальным данным трех таблиц по форме 1 и соотношению (5) определить угловую дисперсию дифракционной решетки для желтого, зеленого и синего участков спектра для . Результаты расчетов представить в таблице 3.
8. Используя значение длины и постоянной решётки (таблица 2), рассчитать число штрихов на решётке. Результат представить в таблице 2.
9. Рассчитать минимальный интервал длин волн двух близких спектральных линий, которые может разрешить данная решетка, для желтого, зеленого и синего участков спектра для . Результаты расчетов представить в таблице 3.

# **Результаты работы**

В данном разделе указаны результаты работы и сведения о них.

Все рассчёты сделаны в Excel.

## **Наблюдения**

Результаты экспериментов представлены в распечатанном протоколе наблюдений.

## **Формулы**

Вывод формул.

(12)

## **Расчёты и погрешности**

В данном подразделе представлен расчёт погрешностей.

### **Угловой коэффициент зелёного света**

Изначальный расчёт погрешностей представлен в таблице 4.

1. Погрешность углового коэффициента

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| 1 | 0,0173 | 1,00 |  |  |  |  | Нет |
| 2 | 0,0182 | 0,50 |  |  |  |  | Нет |
| 3 | 0,0187 | 0,33 |  |  |  |  | Нет |
| 4 | 0,0177 | 1,00 |  |  |  |  | Нет |
| 5 | 0,0178 | 0,50 | - |  |  |  | Нет |
| 6 | 0,0182 | 0,33 |  |  |  |  | Нет |
| **Среднее** | 0,0180 | 0,61 |  |  |  |  |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
| **v(P,N)** | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёты:

, (13)

, (14)

### **Угловой коэффициент жёлтого света**

Изначальный расчёт погрешностей представлен в таблице 5.

1. Погрешность углового коэффициента

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| 1 | 0,0194 | 1,00 | - |  |  |  | Нет |
| 2 | 0,0199 | 0,50 |  |  |  |  | Нет |
| 3 | 0,0199 | 0,33 |  |  |  |  | Нет |
| 4 | 0,0198 | 1,00 |  |  |  |  | Нет |
| 5 | 0,0195 | 0,50 | - |  |  |  | Нет |
| 6 | 0,0196 | 0,33 | - |  |  |  | Нет |
| **Среднее** | 0,0197 | 0,61 |  |  |  |  |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёты:

, (15)

, (16)

### **Угловой коэффициент красного света**

Изначальный расчёт погрешностей представлен в таблице 6.

1. Погрешность углового коэффициента

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** |  |  |  |  |  |  | **Промахи** |
| 1 | 0,0223 | 1,00 |  |  |  |  | Нет |
| 2 | 0,0209 | 0,50 | - |  |  |  | Нет |
| 3 | 0,0194 | 0,33 | - |  |  |  | Нет |
| 4 | 0,0216 | 1,00 |  |  |  |  | Нет |
| 5 | 0,0207 | 0,50 | - |  |  |  | Нет |
| 6 | 0,0205 | 0,33 | - |  |  |  | Нет |
| **Среднее** | 0,0209 | 0,61 |  |  |  |  |  |
| **Сумма** |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6 |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 |  |  |  |  |  |  |
|  | 2,60 |  |  |  |  |  |  |
|  | 1,82 |  |  |  |  |  |  |

Рассчёты:

, (17)

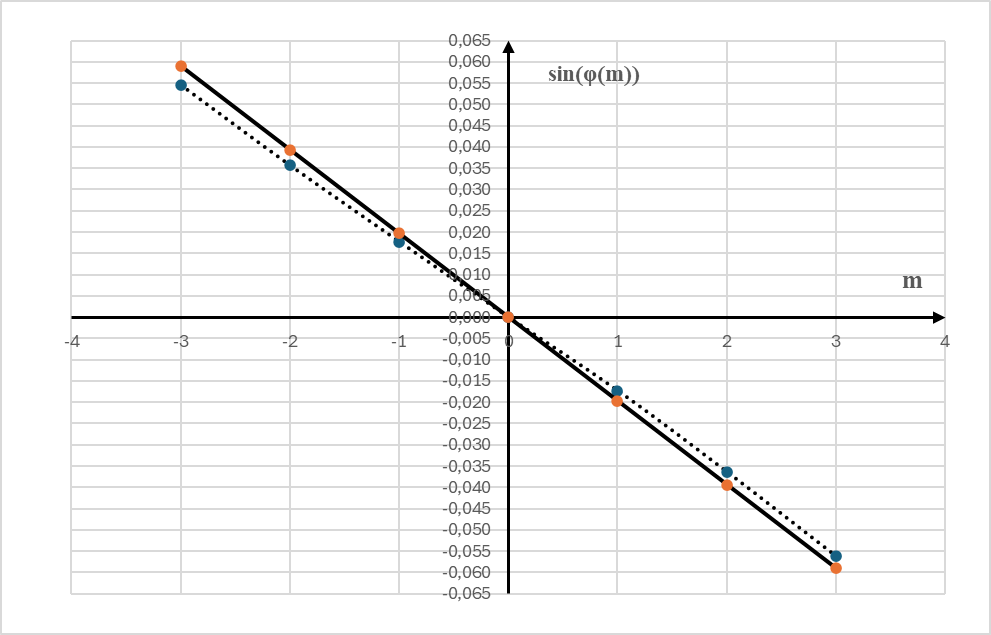
, (18)

## **Результаты расчёта погрешностей**

Результаты представлены в распечатанном протоколе.

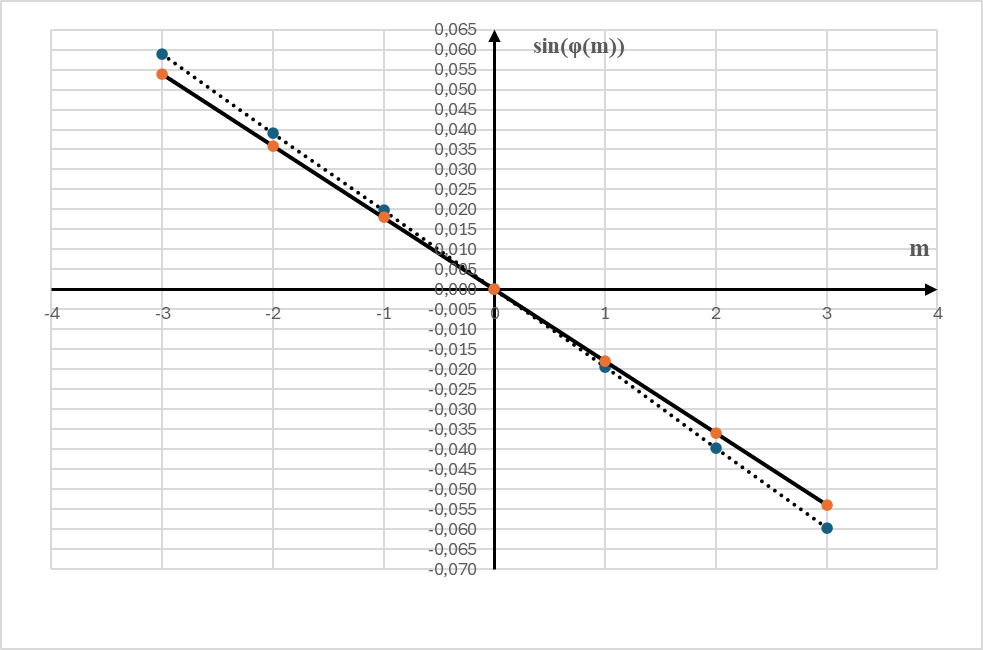
## **Графики зависимости от**

График зависимости для зелёного света представлен на рисунке 7.



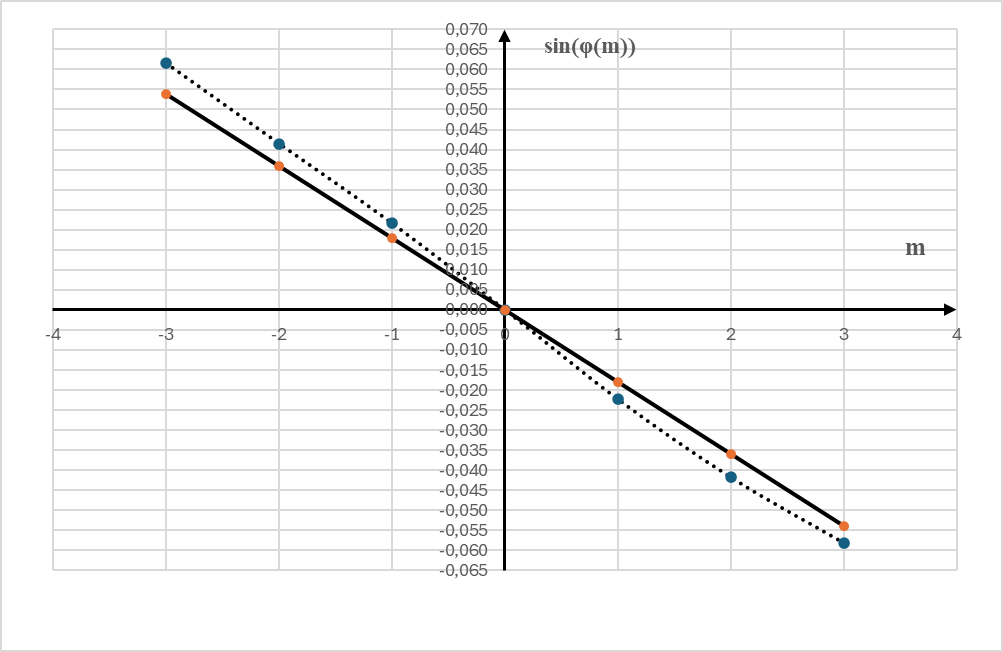
1. График зависимости

График зависимости для жёлтого представлен на рисунке 8.



1. График зависимости

График зависимости для красного представлен на рисунке 9.



1. График зависимости

Между и – линейная зависимость:

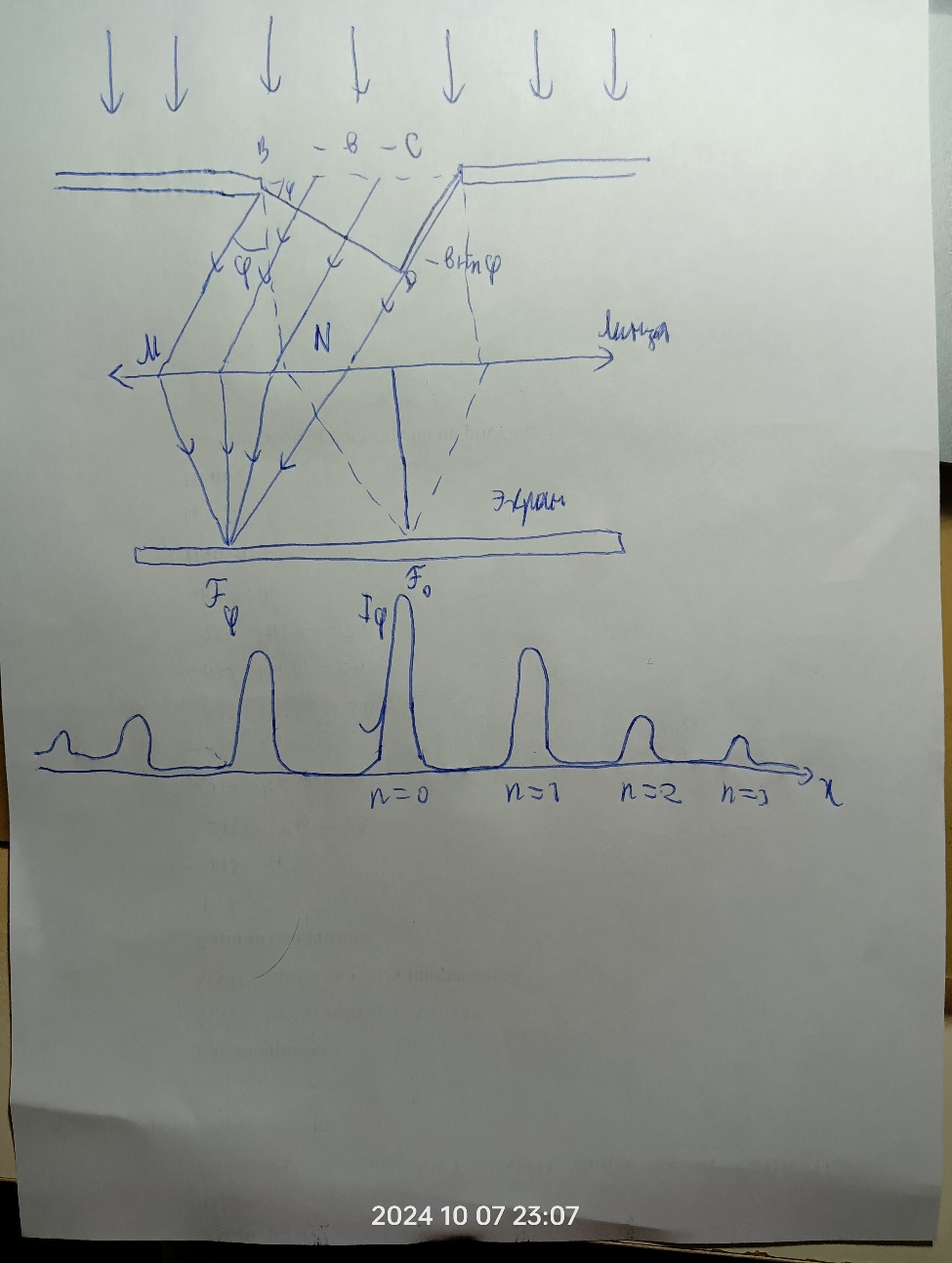
(19)

# **Вопросы на защиту**

В данном разделе представлены ответы на вопросы, заданные на защиту.

## **Дифракция на щели**

Дифракция Фраунгофера на щели представлена на рисунке 10.



1. Дифракция на щели

Волновая поверхность в плоскости щели разбивается на зоны шириной . Если число зон чётное ( – ширина щели), то в наблюдается дифракционный минимум:

, () (20)

Если число зон нечётное, то в наблюдается дифракционный максимум:

, () (21)

, () (22)

В точке щель действует как одна зона, имеет место главный дифракционный максимум.

Зоны Френеля выглядят как полоски, параллельные щели. Ширина зоны Френеля:

(23)

Количество зон Френеля, уложившихся на ширине щели:

; (24)

В точке экрана будут наблюдаться:

* максимумы, если эту точку свет проходит от нечётного числа зон Френеля:

(25)

* минимумы, если свет проходит от чётного числа зон Френеля:

(26)

Условие наблюдения максимумов:

, () (27)

Условие наблюдения минимумов:

, (() (28)

В дифракционной картине максимумы располагаются симметрично по обе стороны относительно центрального нулевого максимума.

## **Характеристики дифракционной решётки. Их определение и физический смысл**

В данном подразделе описаны характеристики дифракционной решётки.

### **Дисперсия**

*Дисперсия* определяет угловое или линейное расстояние между двумя спектральными линиями.

*Дисперсия света* – зависимость показателя преломления и скорости света от частоты световой волны

*Угловая дисперсия* – величина определяющая способность дифракционной решётки отклонять излучение различных длин волн на разные углы.

*Угловая дисперсия* численно равна углу между двумя одного порядка (соседними спектральными линиями), отличающимися по на

(29)

*–* порядок , – период решётки.

*Линейная дисперсия* численно равна расстоянию на экране между двумя одного порядка, отличающихся на на

(30)

*Линейная дисперсия* характеризует расстояние на экране между двумя одного порядка, отличающихся на на

### **Разрешающая способность**

Формула:

(31)

Где – абсолютное значение минимальной разности длин волн двух соседних спектральных линий, при котором линии регистрируются раздельно.

Для дифракционной решётки: , , ;

или (32)

Разрешающая способность дифракционной решётки равна произведению порядка спектра на число щелей :

(33)

– порядок спектра; – число щелей в решётке.

## **№41 IdzDifract**

В спектрографе установлена дифракционная решётка, имеющая   
 штрихов на . Определить, на каком расстоянии друг от друга получатся на фотоплёнке спектральные линии водорода с длинами волн и в спектре первого порядка, если фокусное расстояние линзы камеры спектрографа равно . Решётка установлена перпендикулярно пучку лучей, выходящих из коллиматора.

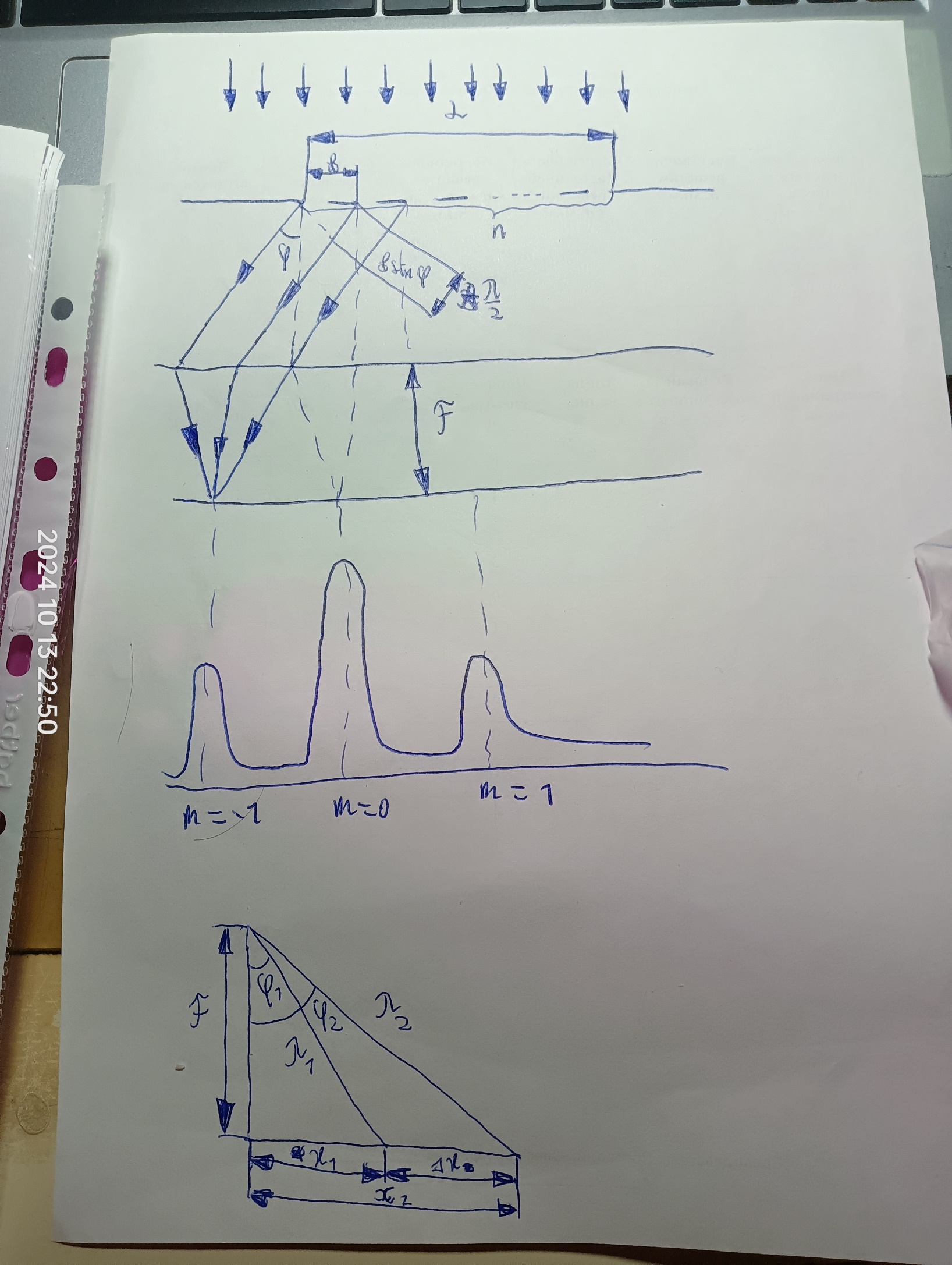
**Дано:**

,

**Найти:**

**Решение:**

Иллюстрация задачи представлена на рисунке 11.



1. Иллюстрация данной задачи

,

,

,

,

,

**Ответ**

# **Вывод**

В ходе данной работы было изучено рассеивание света на дифракционной решётке, а также были рассчитаны длина волны, угловые коэффициенты для световых полос, которые представлены в таблице

1. Рассчитанные значения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Цвет спектральной линии** | **Угловой коэффициент** | **Длина волны**  **, нм** | **, %** |
| Жёлтая | 0,02±0,002 | 660±100 | 15,97% |
|
| Зелёная | 0,0163±0,0018 | 546±5 | 0,92% |
|
| Красная | 0,0218±0,0012 | 730±90 | 12,30% |
|