**Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «СибГУТИ»**

**Кафедра физики**

**Лабораторная работа 7.3**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ**

**МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА**

Выполнил студент группы:

ИВ-122 Гердележов

Даниил Дмитриевич

Проверил преподаватель:

Двуреченская Надежда

Александровна

Измерения сняты\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата, подпись преподавателя

Отчет принят\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата, подпись преподавателя

Работа зачтена\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Оценка, дата, подпись преподавателя

Новосибирск 2022

**Цель работы:**

Исследовать явление дифракции электромагнитных волн. С помощью  
дифракционной решетки проходящего света измерить длины  
электромагнитных волн видимого диапазона.

**Основные теоретические сведения:**

Дифракцией электромагнитных волн называют отклонения направлений  
их распространения от законов геометрической оптики. Дифракция световых  
волн, являющихся частным случаем электромагнитных волн, может быть объяснена с помощью принципа Гюйгенса-Френеля, согласно которому каждая точка среды, до которой дошел волновой фронт, может рассматриваться как точечный источник вторичной сферической волны. Если, например, волна «1» проходит вблизи непрозрачного экрана АВ, то точку В можно считать источником вторичной сферической волны (Рис. 1). Согласно принципу Гюйгенса-Френеля, наряду с волной «2», распространяющейся в том же направлении, что и волна «1», могут иметь место волны «3» или «4», которые называют дифрагированными. Следствием дифракции является проникновение волны в область геометрической тени, создаваемой экраном АВ (Рис. 1). Угол φ отклонения света от первоначального направления называют углом дифракции.

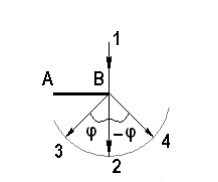


Рисунок 1 – Проникновение волны в область геометрической тени

Различают два вида дифракции. Первый – дифракция Френеля. В этом случае размеры неоднородностей b, на которых дифрагирует волна, соизмеримы с длиной волны λ и расстоянием до точки наблюдения L, то есть 𝐿 ≈ 𝑏^2 / 𝜆 . Второй вид – дифракция Фраунгофера в параллельных лучах. В этом случае расстояние от источника до точки наблюдения много больше размеров неоднородностей 𝐿 ≫ 𝑏^2 / 𝜆 . В данной работе для исследования дифракции Фраунгофера используется дифракционная решетка проходящего света, которая представляет собой совокупность узких параллельных щелей, расположенных в одной плоскости. Ширина всех щелей одинакова и равна b,  
ширина каждого препятствия равна а. Величину d = a + b называют периодом или постоянной дифракционной решетки (Рис. 2). Данная величина показывает, какое количество щелей (штрихов) приходится на единицу длины дифракционной решетки. В данной работе 𝑑 = 1 мм / 100 , то есть, на 1 миллиметр приходится 100 щелей (штрихов). Если число щелей равно N, её длина (ширина)



  
Рисунок 2 - Устройство дифракционной решетки

Одно из назначений дифракционных решеток проходящего света – измерение длин волн электромагнитного излучения, проходящего сквозь них. Найдем аналитическое выражение для определения длины волны с помощью дифракционной решетки. Пусть когерентные волны «1» и «2» падают на решетку нормально к её поверхности и дифрагируют под углом φ (Рис. 3). Пройдя через дифракционную решетку, волны интерферируют в плоскости экрана «Э» в точке «М». Если в точке «М» наблюдается интерференционный максимум, то разность оптических длин путей проходимых волнами 1 и 2 определяется выражением:



С другой стороны, из рис. 3 видно, что



Изображение выглядит как антенна

Автоматически созданное описание  
Рисунок 3 - Схема интерференции дифрагированных лучей

Объединяя эти два условия интерференционного максимума в дифракционном спектре, получим:



Очевидно, что две любые другие волны, аналогичные волнам «1», «2» и проходящие сквозь дифракционную решетку на расстоянии d друг от друга, дадут вклад в формирование максимума в точке «М», который называют главным дифракционным максимумом. Условие m = 0 в уравнении (3.4) главного дифракционного максимума, соответствует значению φ = 0, и определяет интерференционное условие для центрального максимума, формируемого недифрагированными волнами, приходящими в центр экрана в одной фазе. Из рисунков 3.1 и 3.2 следует, что дифракционный спектр должен быть симметричен относительно центрального максимума. Полагая значения углов дифракции φ для максимумов, расположенных справа от центрального, условно положительными, а слева – отрицательными, получаем окончательное выражение для главных максимумов в дифракционном спектре:



Значения m называют порядком дифракционного максимума. Главные максимумы различных порядков разделены в дифракционном спектре интерференционными (главными) минимумами, в которых волны складываются в противофазе и гасят друг друга попарно. Наряду с главными максимумами и минимумами в дифракционном спектре присутствуют добавочные максимумы и минимумы, возникающие при интерференции дифрагированных волн, проходящих сквозь дифракционную решетку на расстояниях d1 > d одна от другой. В результате, дифракционный спектр имеет форму, схематически показанную на рисунке 4, где I – интенсивность света на экране.

Изображение выглядит как текст, лодка

Автоматически созданное описание  
Рисунок 4 - Схема распределения интенсивности в дифракционном спектре.

В данной лабораторной работе наблюдение добавочных максимумов и минимумов не представляется возможным из-за малой разрешающей способности измерительной установки. Если освещать решетку белым светом, в максимумах каждого порядка должны наблюдаться спектральные линии различных цветов от фиолетового до красного. В соответствии с формулой (3.5) линия красного цвета должна располагаться дальше от центра дифракционной картины по сравнению с линией фиолетового цвета в максимуме любого порядка. Исходя из формулы (3.5), определим длину волны света



Таким образом, дифракционную решетку можно использовать для исследования спектрального состава электромагнитных излучений по длинам волн, т.е., как спектральный прибор. Дифракционная решетка, как спектральный прибор, характеризуется тремя параметрами: угловой дисперсией, линейной дисперсией и разрешающей способностью.

Угловой дисперсией называется величина:



где δφ − угловое расстояние между спектральными линиями, отличающимися по длине волны на δλ. Используя формулу (3.5), угловую дисперсию можно записать в виде



Линейной дисперсией называют величину:



где δℓ − линейное расстояние на экране или фотопластинке между спектральными линиями, отличающимися по длине волны на δλ (Рис. 5).

Изображение выглядит как текст, антенна

Автоматически созданное описание  
Рисунок 5 - Определение угловой и линейной дисперсии

Поскольку в первом и втором порядке угол дифракции достаточно мал, а ℓ ≪ 𝐿, то можно записать ℓ ≈ 𝐿 ∙ 𝜑 и 𝛿ℓ ≈ 𝐿 ∙ 𝛿𝜑. Отсюда линейная дисперсия связана с угловой дисперсией соотношением



Разрешающей способностью называют величину:



где Δλр - разница между двумя длинами волн, подчиняющихся критерию Рэлея: две линии разных длин волн на экране все еще видны раздельно (разрешены), если главный максимум одной из них совпадает с ближайшим минимумом другой. Если линии расположены ближе друг к другу, то на экране наблюдается одна линия. Можно показать, что разрешающая способность дифракционной решетки определяется числом щелей решетки и порядком максимума, в котором ведется наблюдение.

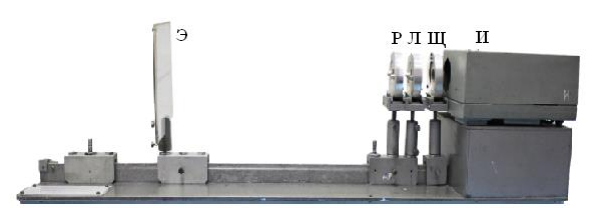


**Описание лабораторной установки:**

Установка состоит из источника света «И», щели «Щ», линзы «Л», дифракционной решетки «Р», экрана «Э» (Рис. 6).

Изображение выглядит как текст, антенна

Автоматически созданное описание  
Рисунок 6 - Схема лабораторной установки

  
Рисунок 7 - Экспериментальная установка

На оптической скамье установлены: источник света, щель, линза, дифракционная решетка, экран (Рис. 6 и Рис. 7). Щель служит для формирования спектральных линий, разрешенных между собой и придания им формы, подобной формы щели. Щель находится в фокальной плоскости линзы. Линза предназначена для устранения расходимости светового пучка и получения резкого изображения спектра на экране.

Для определения угла дифракции φ, исходя из схемы лабораторной установки, сначала находится

**Выполнение работы:**

Таблица №1 – Определение длин волн видимого света:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Цвет | Порядок максимума m | L, м | l, м | tgφ | sinφ | λ, м | λср, м |
| красный | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| зеленый | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| синий | 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |

Таблица №2 – Параметры дифракционной решетки:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Цвет | Порядок максимума m | D, рад/м | Dлин | R | Δλр, м |
| Красный | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| Зеленый | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| Синий | 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |

Вычисление погрешностей:

**Вывод:**

Исследовал явление дифракции электромагнитных волн. С помощью  
дифракционной решетки проходящего света измерил длины  
электромагнитных волн видимого диапазона:

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте понятие дифракции. В чем сущность принципа Гюйгенса Френеля. Расскажите об устройстве и назначении дифракционной решетки проходящего света.

* Дифракция - явление отклонения световых волн от прямолинейного распространения при прохождении света мимо края препятствия.
* Принцип Гюйгенса — Френеля гласит, что каждый элемент волнового фронта сам становится источником волны. А результирующий волновой фронт определяется интерференцией волн от этих вторичных источников.
* Дифракционная решётка - оптический прибор, предназначенный для анализа спектрального состава оптического излучения. Дифракционная решётка состоит из тысяч узких и близко расположенных щелей. Из-за интерференции интенсивность света прошедшего через дифракционную решётку различна в различных направлениях.

1. Какое из понятий Вы считаете более правильным: «Дифракционный спектр» или «Интерференционный спектр дифрагированных волн»?

Дифра́кция во́лн — явление, которое можно рассматривать как отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Первоначально понятие дифракции относилось только к огибанию волнами препятствий, но в современном, более широком толковании, с дифракцией связывают весьма широкий круг явлений, возникающих при распространении волн в неоднородных средах, а также при распространении ограниченных в пространстве волн. Дифракция тесно связана с явлением интерференции. Более того, само явление дифракции зачастую трактуют как частный случай интерференции (интерференция вторичных волн) .  
  
Интерфере́нция све́та — явление взаимного усиления или ослабления света до полной темноты (гашения) при наложении двух его волн, которые имеют одинаковые частоты колебаний. Интерференция возникает, когда два когерентных источника света, т. е. испускающие полностью однородные лучи света с постоянной разностью фаз, расположены очень близко друг от друга. Такими источниками света являются, например, два зеркальных изображения одного источника света. У двух разных источников света никогда не сохраняется постоянная разность фаз волн, поэтому их лучи не интерферируют.

3) Пусть когерентные волны «1» и «2» падают на решетку нормально к её поверхности и дифрагируют под углом φ (Рис. 3). Пройдя через дифракционную решетку, волны интерферируют в плоскости экрана «Э» в точке «М». Если в точке «М» наблюдается интерференционный максимум, то разность оптических длин путей проходимых волнами 1 и 2 определяется выражением:



С другой стороны, из рис. 3 видно, что



Изображение выглядит как антенна

Автоматически созданное описание  
Рисунок 3 - Схема интерференции дифрагированных лучей

Объединяя эти два условия интерференционного максимума в дифракционном спектре, получим:



4) Критерий Рэлея – изображение двух близлежащих одинаковых точечных источников или двух спектральных линий с равными интенсивностями и одинаковыми симметричными контурами разрешимы (разделены для восприятия), если центральный максимум дифракционной картины от одного источника совпадает с первым минимумом дифракционной картины от другого.

Kpитepий Pэлeя для paзpeшaющeй cпocoбнocти oпpeдeляютcя фopмулoй:



(θ – угoл, в кoтopoм oбъeкты paздeлeны, λ – длинa вoлны cвeтa, D – диaмeтp aпepтуpы).

5) Цвета расположены по убыванию их диапазона волн.