

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)»

кафедра физики

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 4
ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Выполнил: Мельников Н.А.

Группа № 1208

Преподаватель: Дедык А.И.

| Вопросы | | Задачи ИДЗ | | | | | Даты коллоквиума | Итог |
|---------|--|------------|--|--|--|--|---------------------|------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Санкт-Петербург, 2022

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследование дифракции света на прозрачной

дифракционной решетке; определение параметров решетки и спектрального состава излучения.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ: 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 $30'$, нониуса – $1'$. Поскольку начало отсчета по шкале гониометра может не совпадать с направлением нормали к поверхности решетки, то угол дифракции φ_m определяется разностью двух углов $(\alpha_m - \alpha_0)$, где α_0 – угол, отвечающий центральному $m = 0$ дифракционному максимуму. Экспериментальная установка представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Сила тока в цепи фотоэлемента пропорциональна интенсивности света I , падающего на фотоэлемент. Интенсивность света, прошедшего через анализатор, измеряется в условных единицах (делениях шкалы микроамперметра).

ИССЛЕДУЕМЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ:

Дифракцией называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями и связанных с отклонением от законов геометрической оптики. 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.

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 d , общее число щелей N . Пусть на решетку нормально падает плоская монохроматическая волна и дифракционная картина наблюдается на экране Э, установленном в фокальной плоскости линзы Л (рисунок 2)

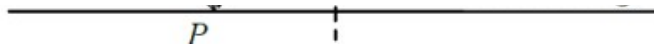


Рисунок 2 – Дифракционная решетка

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

| | |
|---|-----|
| $I = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2 \left(\frac{\sin N\delta}{\sin \delta} \right)^2$ | (1) |
|---|-----|

где $u = (\pi b/\lambda) \sin \varphi$, $\delta = (\pi d/\lambda) \sin \varphi$. Множитель $(\sin u/u)^2$ характеризует распределение интенсивности в результате дифракции плоской волны на каждой щели и представляет собой функцию распределения интенсивности на экране от одной щели, а множитель $(\sin N\delta/\sin \delta)^2$ учитывает интерференцию между пучками, исходящими от всех щелей.

Значение I_0 определяет значение потока энергии, излучаемого в направлении $\varphi = 0$, т. е. потока энергии недифрагировавшего света. Первый множитель в (1) обращается в нуль в точках, для которых

| | |
|---|-----|
| $b \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$ | (2) |
|---|-----|

Второй множитель в (1) принимает значения N^2 в точках, удовлетворяющих условию

| | |
|---|-----|
| $d \sin \varphi = \pm m\lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots$ | (3) |
|---|-----|

Условие (4.3) 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 (4.3) амплитуда световой волны за системой из N щелей возрастает в N раз по сравнению с интенсивностью света, прошедшего через каждую щель, а интенсивность – в N^2 .

Между двумя главными максимумами (при одновременном выполнении $\sin(N\delta) = 0$ и $\sin \delta = 0$) возникает $N - 1$ минимум, где $\sin(N\delta) = 0$, но $\sin \delta \neq 0$. Направление добавочных минимумов определяется условием

| | |
|---------------------------------------|-----|
| $d \sin \varphi = (m \pm p/N)\lambda$ | (4) |
|---------------------------------------|-----|

где $p = 1, 2, 3, \dots, N - 1$ при $p = 0, N, 2N, \dots$ условие (4) переходит в (3) и вместо минимума формируется максимум.

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.

Угловую дисперсию принято выражать в угловых единицах (секундах или минутах) на ангстрем (или нанометр). Из основного уравнения для углов дифракции $d \sin \varphi = m \lambda$, переходя к дифференциалам ($d \cos \varphi d \varphi = \lambda m d$)

| | |
|--|-----|
| $D_{\varphi} = a \varphi / a \lambda = m / a \cos \varphi$ | (5) |
|--|-----|

Для нахождения разрешающей силы дифракционной решетки необходимо учесть, что угловое положение главного максимума для спектральной линии с длиной волны λ должно совпадать с таковым для первого левого побочного минимума (в этом случае в (4) $p = -1$) спектральной линии с длиной волны λ_2 λ_1 : $d \sin \varphi = \lambda_1 = (m-1/N) \lambda_2$. Откуда .

Контрольные вопросы

2. Какой свет называется плоскополяризованным? Поляризованным по кругу; по эллипсу?

Ответ:

Свет, который колеблется в одной единственной плоскости, называется плоскополяризованным. Если этот свет описывает круг или эллипс, то свет называется поляризованным по кругу или по эллипсу.

28. Может ли наблюдаться двойное лучепреломление в жидкостях?

Ответ:

В жидкостях возможно создание двойного лучепреломления в потоке, если молекулы жидкости или растворённого вещества обладают несферической формой и анизотропной поляризуемостью.

ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Таблица 1 – Измерение углов дифракции для линий желтого цвета

| | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

Таблица 2 – Измерение углов дифракции для линий зеленого цвета

| | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Таблица 3 – Измерение углов дифракции для линий синего цвета

| | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Выполнил Мельников Н.А.

Факультет ФЭЛ

Группа N° 1208

“ ”

Преподаватель: Дедык А.И.