

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

**Цель работы:** Изучение явления дифракции (на примере дифракционной решетки). Определение длины волны желтой линии неона, длин волн соответствующих границам видимой части спектра и полос пропускания светофильтров.

**Приборы и оборудование:** гониометр, лампа дающая линейчатый спектр, дифракционная решетка, лампа накаливания, набор светофильтров.

### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

1. Во многих оптических явлениях световое излучение можно рассматривать как волновой процесс. Одним из доказательств волновой природы света является существование такого явления как дифракция света. Явление **дифракции света** заключается в отклонении световых волн от прямолинейного пути в случае прохождения света через малые отверстия или мимо малого непрозрачного экрана (препятствия) в оптически однородной среде. Дифракцию света обычно наблюдают на краях щели или экранов, размеры которых сравнимы с длиной волны.

Дифракция света разделяется на два случая:

1. Преграда или отверстие, на котором происходит дифракция света, находится на конечном расстоянии от экрана, на котором производится наблюдение (наблюдение Френеля). В этом случае имеем дифракцию сферических световых волн.
2. Дифракция наблюдается для плоских световых волн - в параллельных лучах (дифракция Фраунгофера). В этом случае дифракционная картина наблюдается только с помощью линзы, собирающей лучи в фокальной плоскости, или глазом, аккомодированным на бесконечность.

Явление дифракции объясняется с помощью **принципа Гюйгенса**, согласно которому:

- а) каждая точка пространства до которой дошел волновой процесс, является источником вторичных сферических волн;
- б) в результате наложения волн образуется «новый» фронт волны, как огибающая этих волн.

Рассмотрим падение плоской волны на преграду с отверстием (рис.1).

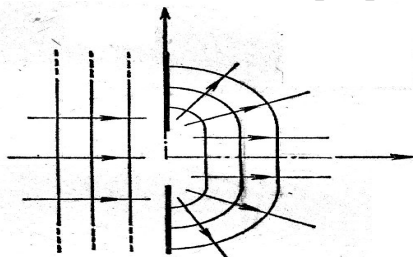


Рис.1

Когда волновой фронт доходит до преграды, то каждая точка отверстия становится источником вторичных волн, а огибающая этих волн задает фронт волны, прошедшей через отверстие. Этот фронт плоский только в средней части, а у границ отверстия происходит загибание волнового фронта, т.е. волна проникает в область геометрической тени, огибая края преграды. Принцип Гюйгенса, является геометрическим способом построения волновых поверхностей, решает задачу о направлении распространения волнового фронта, но не затрагивает вопроса об амплитуде, об интенсивности волн, распространяющихся по разным направлениям. Френель дополнил принцип Гюйгенса идеей о интерференции вторичных волн. Согласно **принципу Гюйгенса-Френеля** при распространении в пространстве световых волн свет будет наблюдаться только там, где вторичные волны при интерференции усиливают друг друга. (Рис.2)

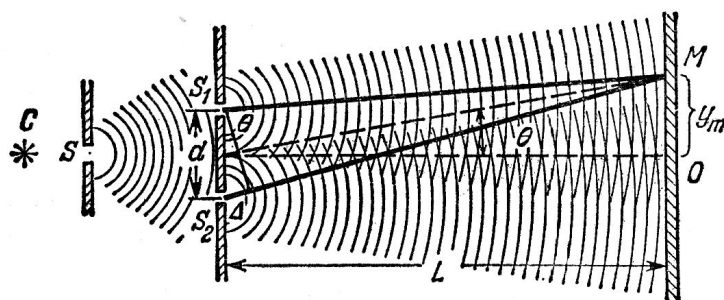


Рис.2

Одним из дифракционных устройств является дифракционная решетка. **Дифракционной решеткой** называют экран с  $N$  одинаковыми, параллельными и равностоящими друг от друга щелями. Если  $b$  – ширина каждой щели,  $a$  – ширина непрозрачного промежутка между соседними щелями, то величина  $d = a + b$  называется **периодом или постоянной решетки**. Решетка обычно характеризуется числом щелей  $n$ , приходящихся на единицу длины:  $n = 1/d$

Пусть на решетку падает плоская волна, направленная перпендикулярно плоскости решетки. Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка волнового фронта может рассматриваться как источник новых, вторичных волн, т.е. проходя через решетку световые волны от каждой щели будут распространяться по всевозможным направлениям. При наложении они взаимно усилят или ослабят друг друга (будут интерферировать).

Если после решетки поставить линзу  $L_2$ , то она соберет лучи, параллельные между собой в некоторой точке  $P$  своей фокальной плоскости (рис.3).

Освещенность экрана в этой точке будет зависеть от разности фаз колебаний, пришедших в эту точку от каждой щели.

Выберем на поверхности волнового фронта в плоскости решетки две соответственные точки  $A$  и  $B$ , расположенные в двух соседних щелях. Рассмотрим два луча 1 и 2, отклоненные от первоначального направления на один и тот же угол  $\varphi$ . Построим плоскость  $AC$ , перпендикулярную к этим лучам. В точках  $A$  и  $B$  колебания совершаются в одинаковых фазе. Разность фаз в точках  $A$  и  $C$  определяются разностью хода  $\Delta = BC = d \sin \varphi$  (рис.3). Так как линза  $L_2$  дополнительной разности хода не вносит, то результат интерференции в точке  $P$  схождение лучей целиком зависит от  $\Delta$ . Если  $\Delta = k\lambda$ , то в точках  $A$  и  $C$

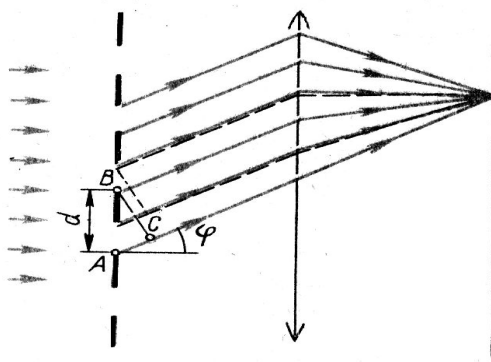


Рис.3

колебания совершаются в одинаковых фазах и лучи 1 и 2 при наложении усиливают друг друга. Эти рассуждения будут справедливы для всех лучей, отклоненных на тот же угол  $\varphi$  и параллельных между собой. В точке Р экрана будет наблюдаться максимум интенсивности (светлая полоса). Таким образом **условие наблюдения светлой полосы** (главного максимума) имеет вид:

$$d \sin \varphi = k\lambda \quad (1)$$

$k$ - называется порядком максимума.

Если  $\Delta = k\lambda \quad \lambda/2 = (2k+1)\lambda/2$ , то лучи 1 и 2 погасят друг друга и в точке Р экрана будет темно (минимум). Т.о., если на решетку падает монохроматический свет, то после линзы свет будет наблюдаться только по некоторым направлениям  $\varphi$  удовлетворяющим условию (1). Наблюдаемая картина будет состоять из ряда светлых полос. В центре будет располагаться полоса нулевого порядка ( $k = 0$ ). Слева и справа от нее будут симметрично располагаться изображения (рис.4), соответствующие первому ( $k = 1$ ), второму ( $k = 2$ ) и т.д. порядкам.

Рис.4.

Наибольший порядок можно найти из условия  $\sin \varphi = 1$ , откуда  $K_{MAX} = \frac{d}{\lambda}$ .

Измерив угол дифракции  $\varphi$  можно найти длину волны излучения:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k} \quad (2)$$

### Порядок выполнения работы

#### 1. Описание прибора.

Для измерения углов отклонения  $\varphi$  служит гониометр. Он состоит из следующих частей, установленных на общем штативе. На круглый столик устанавливается решетка, лучи света направляются на решетку при помощи коллиматора. Коллиматор состоит из трубы, на одном конце которой находится узкая прямоугольная щель S, расположенная параллельно штрихам решетки, на другом - объектив на расстоянии от щели, равном главному

фокусному расстоянию объектива. Лучи света, пройдя щель, объектив, выходят параллельным пучком и освещают дифракционную решетку. Дифракционное изображение щели, даваемое решеткой, рассматривается при помощи зрительной трубы, установленной на бесконечность, т.к. объектив трубы должен собрать в фокальной плоскости объектива параллельные лучи. В поле зрения зрительной трубы видна вертикальная нить, которая может быть совмещена с тем или иным дифракционным изображением щели. Зрительная труба вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через цент столлика. Угол поворота трубы определяется при помощи лимба и нониуса.

### Измерение длин волн спектральных линий.

Дифракционная решетка с известным периодом может быть использована для измерения длин волн. При выполнении опыта решетка остается неподвижной, а зрительная труба поворачивается так, чтобы изображение исследуемой линии совпало с нитью окуляра.

Как следует из (2) измерение длины сводится к определению  $\varphi$  - угла отклонения лучей от первоначального направления. Для определения порядка спектра  $k$  следует медленно поворачивать трубку от нулевого положения (от спектра нулевого порядка) в рабочее. Для определения угла  $\varphi_1$  для спектра первого порядка поверните зрительную трубу вправо от нулевого максимума и совместите нить окуляра с изображением линии в спектре первого порядка. Запишите отчет по лимбу  $\varphi_{1ПР}$ . Затем переведите трубу в лево и совместите нить окуляра с изображением линии в первом порядке слева. Запишем отсчет по лимбу  $\varphi_{1ЛЕВ}$ . Угол дифракции  $\varphi_1 = (\varphi_{1ЛЕВ} - \varphi_{1ПР})/2$ . По формуле  $\lambda = \frac{d \sin \varphi_1}{k}$  найдем  $\lambda$ . Аналогично найдем  $\lambda$  для других порядков спектра. Значения  $\lambda$  для разных порядков должны совпадать (в пределах погрешности).

Таблица

Порядок	цвет	$\varphi_{ЛЕВ}$ , град	$\varphi_{ПР}$ , град	$\varphi$ , град	$\lambda$ , нм	$\lambda_{СР}$ , нм	$\Delta\lambda$ , нм	$\Delta\lambda_{СР}$ , нм	$E = \frac{\Delta\lambda_{СР}}{\lambda_{СР}} \times 100\%$
I									
II									
III									

### Литература

1. Матвеев А.Н. Оптика
  2. Бутиков Е.И. Оптика.
  3. Лагусберг Г.С. Оптика
- Калитеевский Н.И. Волновая оптика