

Тема: Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Понятие о голографии.

### Теоретическая справка.

#### 19.5. Дифракция света

**Дифракция.** Свет представляет собой волновой процесс и для него при определенных условиях должно наблюдаться явление **дифракции** (отклонение от

первоначального направления). Например, свет, идущий от небольшого яркого источника через отверстие (рис. 19.7, *а*), по правилам геометрической оптики должен дать на экране резко ограниченное светлое изображение отверстия на темном фоне. Но если расстояние от отверстия до экрана значительно превосходит размеры отверстия (в несколько тысяч раз), то в результате дифракции света на экране образуется более сложная картина, которая состоит из совокупности светлых и темных полос или линий, форма которых зависит от формы отверстия. На рис. 19.7, *б, в* показаны дифракционные картины для случаев, когда диаметр отверстия сравним с расстоянием до экрана и когда диаметр отверстия в тысячи раз меньше расстояния до экрана.

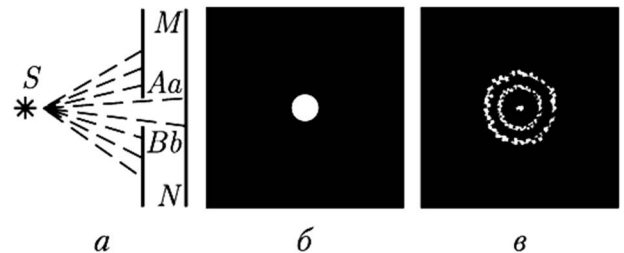


Рис. 19.7

Точно так же при освещении непрозрачных предметов, когда расстояние между предметом такого рода и экраном значительно превосходит размеры предмета, наблюдается явление дифракции света — на экране вместо тени получается сложная картина. Края тени окаймляются рядом светлых и темных полос, а внутри тени могут наблюдаться области, куда свет заходит.

Явления, рассмотренные выше, могут быть объяснены с помощью метода, предложенного О. Френелем, с применением принципа Гюйгенса – Френеля.

**Принцип Гюйгенса – Френеля.** Согласно принципу Гюйгенса, каждую точку фронта волны можно рассматривать как самостоятельный источник колебаний. Френель дополнил этот принцип, введя представления о том, что волновое возмущение в любой точке пространства можно рассматривать как результат интерференции вторичных волн от фиктивных источников, на которые разбивается волновой фронт. Френель впервые высказал предположение, что

эти фиктивные источники когерентны и могут интерферировать в любой точке пространства, в результате чего элементарные волны могут гасить или усиливать друг друга.

## 19.6. Дифракция на щели в параллельных лучах

**Изучение дифракции на узкой щели.** Пусть на узкую щель, расположенную в плоской непрозрачной преграде  $MN$ , нормально падает плоская монохроматическая световая волна (рис. 19.8),  $AB = a$  — ширина щели. За щелью поместим собирающую линзу  $L$ , в фокальной плоскости которой расположен экран  $\mathcal{E}$  для наблюдения дифракционной картины.

В соответствии с принципом Гюйгенса – Френеля освещенную щель можно рассматривать как множество точечных когерентных источников света, так что от каждой точки щели распространяются световые когерентные волны по всем направлениям.

Выберем сначала направление, параллельное главной оптической оси линзы и совпадающее с первоначальным направлением лучей. Линза соберет лучи этого направления в своем главном фокусе  $F$ . Все эти лучи до точки  $F$  проходят одинаковые оптические пути, поэтому сюда они придут в одинаковой фазе и, интерферируя, усилят друг друга. Следовательно, в главном фокусе линзы всегда наблюдается максимум света, который имеет вид ярко освещенной полосы, идущей параллельно щели.

Рассмотрим теперь лучи, идущие под углом  $\varphi$  к первоначальному направлению распространения. Эти лучи линза соберет в своем побочном фокусе  $P$ . Лучи когерентны, поэтому они интерферируют.

Чтобы узнать, каков результат интерференции вторичных волн, произведем следующие построения. Проведем перпендикуляр  $AC$  к направлению распространения вторичных волн (см. рис. 19.8). Он является новым фронтом волны, и от этого фронта до рассматриваемой точки  $P$  вторичные волны не наберут разности хода, так как оптические пути вторичных волн одинаковы (линза не вносит добавочной разности фаз между вторичными волнами). На самом деле вторичные волны, распространяясь от щели  $AB$  под рассматриваемым углом  $\varphi$ , наберут определенную разность хода. Между лучами, идущими от крайних точечных источников  $A$  и  $B$ , образуется разность хода  $\delta = BC$ . Из рис. 19.8 следует, что

$$BC = a \sin \varphi. \quad (19.7)$$

**Зоны Френеля.** Воспользуемся методом зон Френеля. Для определения числа зон Френеля поступим следующим образом:

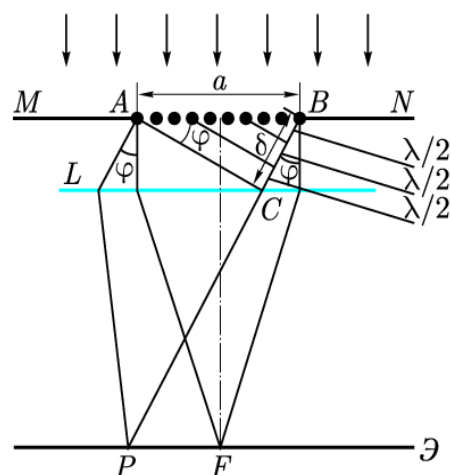


Рис. 19.8

на  $BC = \delta$  отложим отрезки, равные половине длины волны, и через эти точки проведем плоскости, параллельные  $AC$ . Эти плоскости разделят щель на зоны Френеля, которые в данном случае представляют собой полосы, параллельные краям щели. Из такого построения ясно, что разность хода лучей, идущих от двух соседних зон Френеля, равна  $\lambda/2$ .

Число зон, укладывающихся в щели, зависит от длины волны и угла  $\varphi$ . В направлениях, которым соответствует четное число зон Френеля, укладывающихся в щели, имеет место минимум света. Вторичные волны, идущие от двух соседних зон, погасят друг друга, так как разли-

чаются по фазе на  $\pi$ . Следовательно, условие минимумов интенсивности света имеет вид

$$BC = a \sin \varphi = 2k(\lambda/2),$$

или

$$a \sin \varphi = k\lambda, \quad (19.8)$$

где  $a = 1, 2, 3, \dots$

В направлениях, которым соответствует нечетное число зон Френеля, укладывающихся в щели, наблюдаются максимумы света, так как действие одной зоны остается нескомпенсированным. Следовательно, условие максимумов имеет вид

$$BC = a \sin \varphi = (2k + 1)\lambda/2, \quad (19.9)$$

где  $k = 1, 2, 3$ .

При неизменной ширине щели максимумы света различной длины волны приходятся на различные углы. Если щель освещается белым светом, то нулевой (центральный) максимум — белый. По обе стороны от нулевого максимума располагаются цветные максимумы первого порядка. Действительно, согласно формуле (19.9), красный свет ( $\lambda = 0,76$  мкм) отклонится на больший угол, чем фиолетовый ( $\lambda = 0,4$  мкм). Между ними расположатся остальные цвета спектра.

## 19.7. Дифракционная решетка

**Дифракционная решетка.** Обратимся теперь к случаю, когда имеется очень большое число одинаковых очень узких щелей, расположенных на одинаковых весьма малых расстояниях (рис. 19.9, *a*). Такую систему называют **дифракционной решеткой**. Назовем щель и расположенную рядом с ней непрозрачную

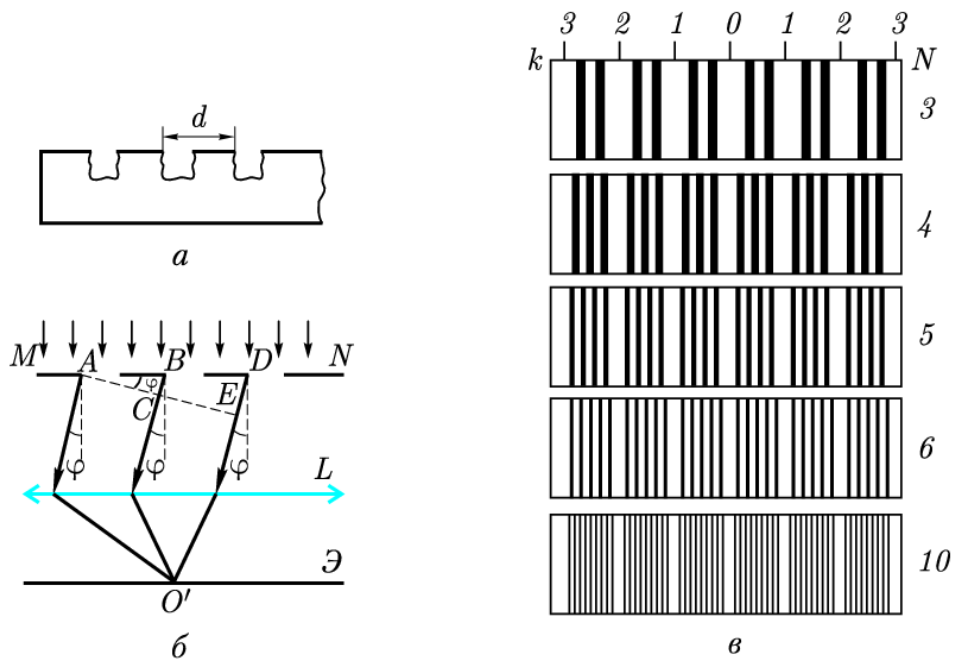


Рис. 19.9

часть элементом решетки. Ширину  $d$  одного элемента решетки называют **постоянной решетки**. Наличие многократно повторяющихся в строгом порядке элементов решетки вносит в явление дифракции новые качества. Дифракционные картины, образуемые отдельными щелями, накладываются друг на друга на экране. Если каждая из налагающихся дифракционных картин имеет в данном месте экрана минимум, то и суммарная картина, очевидно, тоже имеет минимум. Если каждая из налагающихся дифракционных картин имеет в данном месте экрана некоторую освещенность, то в суммарной картине может быть и большая освещенность, и полное ее отсутствие.

Пусть на решетку  $MN$  падает плоскопараллельный пучок когерентных волн (рис. 19.9, б). Выберем некоторое направление вторичных волн под углом  $\varphi$  относительно нормали к решетке. Лучи, идущие от крайних точек  $A$  и  $B$  двух соседних щелей, имеют разность хода  $\delta = BC$ . Такая же разность хода и у вторичных волн, идущих от соответственно расположенных пар точек соседних щелей. Если эта разность хода кратна целому числу длин волн, то при интерференции возникнут главные максимумы, для которых выполняется условие  $BC = k\lambda$ , или

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (19.10)$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots$  — порядок главных максимумов. Они расположатся симметрично относительно центрального максимума ( $k = 0, \varphi = 0$ ). Между главными максимумами образуются минимумы, число которых зависит от числа  $N$  всех щелей решетки. Чем больше  $N$ , тем более резки главные максимумы. На рис. 19.9, в представлены дифракционные спектры, полученные от решеток с разным числом щелей, но с одинаковыми значениями  $d$ .

Все проведенные рассуждения относятся к случаю, когда на решетку падает монохроматический свет. При освещении дифракционной решетки белым светом происходит его разложение в спектр. Только центральные полосы, или нулевые максимумы ( $k = 0$ ), остаются белыми, остальные максимумы имеют радужную окраску и располагаются симметрично относительно центрального. Как следует из (19.10), лучи разных длин волн образуют максимумы в различных направлениях. Например, при  $k = 1$  в двух первых максимумах, расположенных симметрично по обе стороны от центрального, происходит разложение белого света в спектр, который обращен к центральному (белому) максимуму фиолетовым концом. Это свидетельствует о том, что дифракционная решетка разлагает белый свет в спектр по длине волн, т. е. лучи с большей длиной волны отклоняются на больший угол. Длина волны фиолетовых лучей равна  $0,38$  мкм, красных —  $0,76$  мкм.

## 19.8.\* Понятие о голографии

**Голография.** Термин **«голография»** происходит от двух греческих слов: «графо» — пишу, «олос» — полный, что значит «полная запись». В данном случае речь идет об особом методе регистрации на фотопластинке волнового фронта излучения, идущего от предмета, и затем восстановления этого фронта для получения мнимого или действительного изображения предмета. Для этого фотографируют интерференционную картину двух частей волны, которые когерентны между собой. Одна часть волны поступает на фотопластинку непосредственно и называется **опорной волной**, а другая часть направляется для освещения изучаемого объекта и после отражения от него поступает на ту же пластинку. Эту часть волны называют **предметной волной**.

## Задание!!!

1. Прочитать и изучить тему.
2. Составить опорный конспект.
3. Скрины прислать на эл почту.

**vasilijj-korabelnikov@rambler.ru**