Если свет — это волна, то наряду с интерференцией должна наблюдаться и дифракция света. Ведь дифракция — огибание волнами краёв препятствий — присуща любому волновому движению. Но наблюдать дифракцию света нелегко, так как волны отклоняются от прямолинейного распространения на заметные углы только на препятствиях, размеры которых сравнимы с длиной волны, а длина световой волны, как мы с вами знаем, очень мала (~10~7 м).

Пропуская тонкий пучок света через маленькое отверстие, можно наблюдать нарушение закона прямолинейного распространения света: светлое пятно на экране против отверстия будет иметь большие размеры, чем размеры пучка.

Опыт Юнга. В 1802 г. Т. Юнг, открывший интерференцию света, поставил классический опыт по дифракции (рис. 7.53). В непрозрачной ширме он проколол булавкой два маленьких отверстия В и С на небольшом расстоянии друг от друга. Эти отверстия освещались узким световым пучком, прошедшим через малое отверстие А в другой ширме. Именно эта деталь (наличие двух отверстий), до которой очень трудно было додуматься в то время, решила успех опыта. Интерферируют ведь только когерентные волны. Возникшая в соответствии с принципом Гюйгенса сферическая волна от отверстия А возбуждала в отверстиях В и С когерентные колебания. Вследствие дифракции от отверстий В и С выходили два световых конуса, которые частично перекрывались. В результате интерференции этих двух световых волн на экране появлялись чередующиеся светлые и тёмные полосы. Закрывая одно из отверстий, Юнг обнаружил, что интерференционные полосы исчезали. Именно с помощью этого опыта впервые Юнгом были измерены длины волн, соответствующие световым лучам разного цвета, причём весьма точно.

Теория Френеля. Исследование дифракции было завершено в работах Огюстена Френеля. Френель не только более детально исследовал различные случаи дифракции на опыте, но и разработал на основе принципа Гюйгенса количественную теорию дифракции, позволяющую в принципе рассчитать дифракционную картину, возникающую при огибании светом любых препятствий. Им же было впервые объяснено прямолинейное распространение света в однородной среде на основе волновой теории.

Этих успехов Френель добился, объединив принцип Гюйгенса с идеей интерференции вторичных волн. Согласно идее Френеля каждая точка волнового фронта является источником вторичных волн, причём все вторичные источники когерентны (принцип Гюйгенса—Френеля).

Применим принцип Гюйгенса—Френеля для определения амплитуды колебаний в точке В, возбуждённых источником S (рис. 7.54). Считаем, что в момент времени t фронт волны имеет радиус R. Проведём из точки В сферические поверхности радиусами и т. д. Весь фронт волны таким образом будет разделён на кольцевые зоны 1, 2, 3 и т. д., называемые зонами Френеля. При этом колебания, вызываемые вторичными источниками, находящимися в двух соответствующих точках соседних зон (например, в точках М4 и М5), происходят в противофазе и частично гасят друг друга.

Если первая зона вызывает в точке В колебания с амплитудой Аи вторая — с амплитудой А2 и т. д., то амплитуда колебаний в точке В будет определяться формулой.

Так как, то можно показать, что амплитуда колебаний, вызванных в точке В i-й зоной, равна:

Любопытный случай произошёл на заседании Французской академии наук в 1818 г. С. Пуассон , присутствовавший на заседании, обратил внимание на то, что из теории Френеля вытекают факты, явно противоречащие здравому смыслу, а именно: за маленьким непрозрачным диском всегда должно находиться светлое пятно в центре тени. Каково же было удивление учёных, когда поставленные эксперименты доказали, что так и есть на самом деле! Светлое пятно в центре дифракционной картины от круглого диска называют пятном Пуассона.

Мы получили, что амплитуду колебаний и соответственно освещённость в точке В определяет половина первой зоны, размеры которой порядка долей миллиметра. Следовательно, свет распространяется от точки S к точке В практически прямолинейно.

Дифракционные картины от различных препятствий. Расчёты, сделанные Френелем, полностью были подтверждены экспериментом. Из-за того что длина световой волны очень мала, угол отклонения света от направления прямолинейного распространения невелик. Поэтому для отчётливого наблюдения дифракции нужно либо использовать очень маленькие препятствия, либо не располагать экран далеко от препятствий. При расстоянии между препятствием и экраном порядка метра размеры препятствия не должны превышать сотых долей миллиметра. Если же расстояние до экрана достигает сотен метров или нескольких километров, то дифракцию можно наблюдать на препятствиях размерами в несколько сантиметров и даже метров.

На рисунке 7.55, а—в схематично показаны дифракционные картины от различных препятствий: а — от тонкой проволочки; б — от круглого отверстия; в — от круглого экрана.

Вместо тени от проволочки видны светлые и тёмные полосы. В центре дифракционной картины от отверстия появляется тёмное пятно, окружённое светлыми и тёмными кольцами (изме- Рис. 7.55

няя диаметр отверстия, можно в центре дифракционной картины получить и светлое пятно, окружённое тёмными и светлыми кольцами). В центре тени, образованной круглым экраном, видно светлое пятнышко, а сама тень окружена тёмными концентрическими кольцами.