

## ГЛАВА IV ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

### § 24. Явление дифракции. Опыт Френеля

Геометрическая оптика основана на принципе прямолинейности распространения света в однородной среде. Кроме того, принималось как совершенно самоочевидное, что световой пучок можно всегда разбить на любое число бесконечно тонких лучей и рассматривать распространение каждого из этих лучей отдельно.

При рассмотрении интерференции мы также пользовались все время представлением бесконечно тонких световых лучей, прямолинейно распространяющихся в однородной среде. Уточнение по сравнению с геометрической оптикой состояло лишь в том, что эти лучи рассматривались как направления распространения световых колебаний.

Однако ряд фактов показывает, что необходимо дальнейшее уточнение наших представлений о процессе распространения световых колебаний. Необходимость такого уточнения возникает сразу при первой же, самой простой попытке получить на опыте достаточно узкий световой луч, т. е. при попытке осуществить на опыте те практически бесконечно узкие световые лучи, представлением о которых мы так широко пользовались в предыдущих разделах.

Проще всего получить узкий световой луч, взяв достаточно маленький источник света  $S$ , поместив на некотором расстоянии от него непрозрачный экран  $K$  с небольшим отверстием. Диаметр светлого пятна  $ab$ , получающегося на экране  $E$ , помещенном за экраном  $K$ , будет характеризовать ширину получающегося светового пучка (рис. 81).

Согласно геометрической оптике следует ожидать, что чем меньше будет отверстие в экране  $K$ , тем меньше будет диаметр светлого пятна на экране  $E$  или, иными словами, тем уже будет световой луч. При достаточно малых размерах источника  $S$ , делая отверстие в экране сколь угодно малым, мы должны получить сколь угодно малое пятно на экране или сколь угодно узкий луч.

Однако опыт дает совершенно неожиданный результат: начиная с определенной величины отверстия, дальнейшее его уменьшение

вызывает не уменьшение пятна на экране  $E$ , а увеличение. При этом пятно уже теряет свою резкость, становится расплывчатым и освещенным неравномерно; на нем появляется ряд колец, заполняющих область  $a'b'$ , значительно более широкую, чем это следует из геометрических соображений. Расширению пятна соответствует, конечно, и расширение светового луча. Таким образом, попытка получить сколь угодно узкий луч света терпит неудачу.

Описанное явление носит название *дифракции*<sup>1)</sup>. Оно заключается в том, что *световые волны уклоняются от прямолинейного пути распространения*. Это свойство присуще всем волнам независимо от их природы.

Мы можем рассматривать все явление так, как будто световые лучи искривляются у краев отверстия и вместо точек  $a$  и  $b$  попадают в точки  $a'$  и  $b'$ .

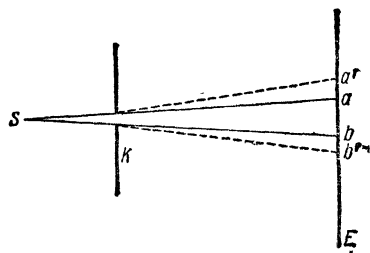


Рис. 81. Дифракция света.

Сторонники корпускулярной теории света пытались объяснить это искривление световых лучей тем, что частицы света притягиваются краями экрана. Любопытно отметить, что основатель волновой теории света Гюйгенс вообще игнорировал явление дифракции, а Ньютон считал, что дифракция противоречит волновым представлениям о природе света и подтверждает корпускулярную точку зрения. Но тогда искривление лучей должно было бы зависеть от формы краев отверстия и от материала экрана; Френель произвел опыт, убедительно показывающий, что это не так. Вот как Френель описывает свой опыт:

«Я покрыл кусок непросеребренного стекла слоем китайской туши и тонким листом бумаги, которые, вместе взятые, имели толщину в одну десятую миллиметра; провел острием перочинного ножа две параллельные линии и между двумя получившимися чертами тщательно удалил бумагу и китайскую тушь, прилипшую к поверхности стекла. Я измерил это отверстие с помощью микрометра и образовал другое отверстие такой же ширины, поставив рядом друг с другом два массивных медных цилиндра, диаметр которых был приблизительно полтора сантиметра; они были помещены рядом с зачерченным стеклом и на таком же расстоянии от светящейся точки. Наблюдая и измеряя микрометром расширение светового пучка, прошедшего через эти два отверстия, я его нашел совершенно одинаковым в том и другом случае. Однако по отношению к массе и природе краев отверстия трудно представить себе обстоятельства, более не сходные: в одном случае дифракция производилась одними

<sup>1)</sup> От лат. diffractus — преломленный.

краями простого слоя китайской туши, нанесенной на тонкий лист бумаги, так как стекло, на которое накладывались тушь и бумага, покрывало отверстие так же, как и остальную часть экрана; в другом случае свет изгибался двумя медными цилиндрами. Таким образом, доказано, что ни природа тел, ни масса их, ни толщина краев не имеет заметного влияния на отклонение световых лучей, проходящих в их соседстве, и в равной мере очевидно, это этот замечательный факт не может совмещаться с теорией испускания. Волновая теория, наоборот, его объясняет и дает даже средства для вычисления всех явлений дифракции».

## § 25. Принцип Гюйгенса — Френеля

Гюйгенс рассматривал распространение световых волн как последовательное возмущение точек эфира, в котором распространяется свет. Каждая точка волновой поверхности (т. е. поверхности с одинаковой фазой световых колебаний) является самостоятельным источником вторичных волн, распространяющихся со скоростью света. Френель весьма существенно дополнил принцип Гюйгенса тем, что учел интерференцию колебаний, исходящих из этих когерентных источников.

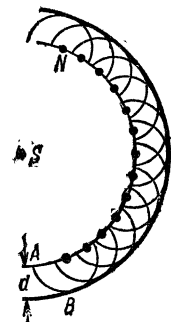


Рис. 82. Образование волнового фронта.

Рассмотрим распространение света в изотропной среде, в которой скорость света по всем направлениям одинакова. Пусть в некоторый момент времени волновая поверхность, или «фронт» волны, находилась в положении  $A$  (рис. 82). Все точки поверхности  $A$  начинают одновременно посылать колебания со скоростью света  $c$  (эти вторичные волны представлены на чертеже малыми окружностями).

Как показал Кирхгоф, интенсивность этих вторичных волн будет наибольшей в направлении нормали к волновой поверхности, т. е. излучение вторичных источников, «вспыхивающих» на поверхности волны, носит резко направленный характер. В результате через время  $t$  колебания распространятся на расстояние  $d = ct$ , что, очевидно, будет соответствовать перемещению всего фронта в положение  $B$ , отстоящее от  $A$  на то же расстояние  $d$ . Фронт волны  $B$ , по определению, должен проходить через все точки пространства, находящиеся в одной фазе; следовательно, он касается всех сфер радиуса  $d$ , представляющих вторичные волновые поверхности через время  $t$ . *Волновой фронт является, таким образом, поверхностью, огибающей поверхности вторичных волн, возникающих в пространстве, в котором распространяется свет.*