

Лекция 11. Дифракция

Дифракция в оптике — это совокупность явлений, связанных с отклонением света от прямолинейного пути распространения. Особенно ярко дифракционные эффекты проявляются при прохождении света мимо непрозрачных препятствий, хотя дифракция может возникать и при взаимодействии света с прозрачными объектами. В узком смысле дифракция — это огибание волнами препятствий, что характерно для всех типов волн, включая световые.

Принцип Гюйгенса утверждает: каждая точка среды, до которой дошла волна, становится источником вторичных сферических волн. Огибающая этих волн определяет форму волнового фронта в следующий момент времени.

Френель развил этот принцип, сделав его более количественным и применимым к объяснению дифракции:

- Все вторичные источники на волновом фронте когерентны между собой, если исходная волна была когерентной.
- Равные по площади участки фронта излучают равные по мощности вторичные волны.
- Излучение каждого вторичного источника направлено преимущественно вдоль нормали к фронту.
- Действует принцип суперпозиции: волны от разных участков фронта складываются независимо. Если часть фронта экранируется, остальные участки продолжают излучать, как если бы экрана не было.

На основе этих положений формулируется принцип Гюйгенса–Френеля: каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения, излучающего сферические волны. Амплитуда в некоторой точке P определяется суперпозицией всех таких волн.

Амплитуда сферической волны, приходящей в точку P от малого элемента поверхности ΔS , зависит от расстояния r до точки P , угла θ между нормалью к ΔS и направлением r , и пропорциональна ΔS :

$$E_P = \int_S K(\theta) \frac{E_0}{r} \cos(kr + \varphi_0) dS$$

Здесь $K(\theta)$ — коэффициент, зависящий от угла, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ — волновое число, E_0 — амплитуда первичной волны, φ_0 — её начальная фаза.

Дифракция Френеля — это дифракция сферических волн, когда источник и экран находятся на конечном расстоянии. Если же свет представлен параллельными пучками, и источник и экран расположены на бесконечности (или фокусируются линзой), говорят о дифракции Фраунгофера.

Волновая поверхность сферической волны симметрична относительно оси SP . Френель предложил разбивать волновую поверхность на шаровые зоны так, чтобы разность хода между волнами от границ соседних зон была равна $\lambda/2$. Вклад от каждой последующей зоны идёт с

чередующейся фазой, и суммарная амплитуда зависит от числа таких зон.

Рассмотрим дифракцию плоской волны на бесконечно длинную щель шириной b . Пусть плоская волна падает на щель под углом θ . Тогда оптическая разность хода между волнами, идущими от противоположных краёв щели, будет:

$$\Delta = b \sin \theta$$

Если $\Delta = k \frac{\lambda}{2}$, где k — целое число, то волны от краёв щели интерферируют, и картина зависит от того, сколько зон Френеля укладывается в ширину щели:

- если число зон чётное — волны взаимно гасятся, и в точке наблюдается минимум;
- если число зон нечётное — центральная зона не компенсирована, и наблюдается максимум.

В направлении $\theta = 0$ вся щель действует как одна зона Френеля. Это даёт центральный максимум — он самый яркий и широкий.