

***Дифракция света.
Дифракция Фраунгофера
(Постникова Екатерина Ивановна)***

Дифракция. Дифракция света

Дифракция — отклонение распространения волн от законов геометрической оптики вблизи препятствий (огибание волнами препятствий).

Оно наблюдается, когда размер препятствия или отверстия соизмерим с длиной волны, и проявляется для волн любой природы, включая свет, звук и радиоволны.

Дифракция неизбежно связана с интерференцией. После огибания препятствий волны накладываются друг на друга (интерферируют), создавая устойчивую картину чередующихся максимумов и минимумов интенсивности.

Дифракция света была впервые описана итальянским физиком и астрономом *Фраческо Гримальди* в **1632 году**. Ученый заметил, что когда свет проходит через узкие щели или отверстия, он создает цветные полосы на экране, расположенные в зависимости от размера щели. Эти полосы представляют собой интерференционную картину, созданную светом, который обошел края отверстий.

Дифракция звука была открыта английским физиком *Томасом Юнгом* в **1800 году**. Он провел эксперимент, в котором он использовал два узких отверстия в стене, через которые пропусклся звук камертона. Юнг заметил, что звук усиливается, когда два отверстия находятся на определенных расстояниях друг от друга, и уменьшается, когда они находятся ближе или дальше друг от друга. Это было связано с тем, что звук, обошедший края отверстий, создавал интерференцию с прямым звуком.

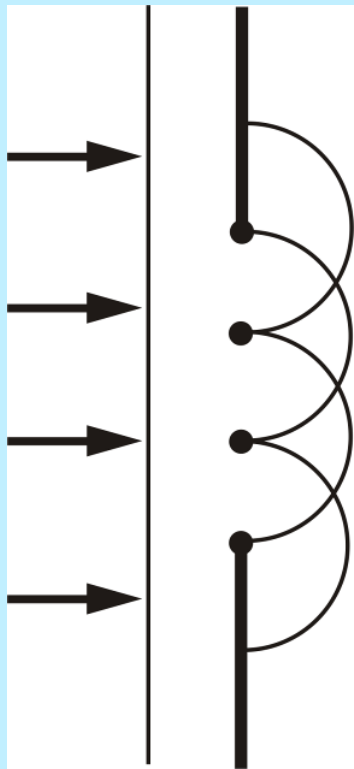
Дифракция электронов была открыта американскими физиками *Дэвидом Лоуренсом* и *Клинтоном Дэвиссоном* в 1927 году.

Дифракция нейтронов была открыта в 1936 году американским физиком *Лоуренс Брэгг* и его сыном *Уильямом Лоуренсом Брэггом*.

Каждый вид дифракции имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретной задачи. Например, для изучения распространения света в оптических системах используется метод Френелевой дифракции.

Принцип Гюйгенса-Френеля

Принцип Гюйгенса - Френеля является фундаментальным принципом геометрической оптики и волновой теории, который используется для описания распространения и дифракции света. Он был сформулирован в 17 веке голландским физиком Христианом Гюйгенсом и расширен французским физиком Огюстеном Френелем в 19 веке.



Дифракция объясняется с помощью **принципа Гюйгенса**: каждая точка, до которой доходит волна, служит *центром вторичных волн*, а огибающая этих волн задает положение волнового фронта в следующий момент времени.

Это объяснение *не дает никакой информации об амплитуде (интенсивности) волн*, распространяющихся в различных направлениях.

Френель дополнил **принцип Гюйгенса** представлением об *интерференции вторичных волн*. Учет фаз и амплитуд вторичных волн позволяет определить амплитуду результирующей волны во всех точках пространства.

Принцип Гюйгенса-Френеля: световая волна, возбуждаемая источником света, может быть представлена как результат суперпозиции когерентных вторичных волн, «излучаемых» фиктивными источниками (бесконечно малыми элементами любой замкнутой поверхности, охватывающей источник света).

Если эта поверхность — волновая поверхность, то все фиктивные источники действуют синфазно. Следовательно, волны, распространяющиеся от источника света, являются результатом интерференции всех когерентных вторичных волн, т.е. учет амплитуд и фаз вторичных волн позволяет найти амплитуду результирующей волны в любой точке пространства. 8

Метод зон Френеля

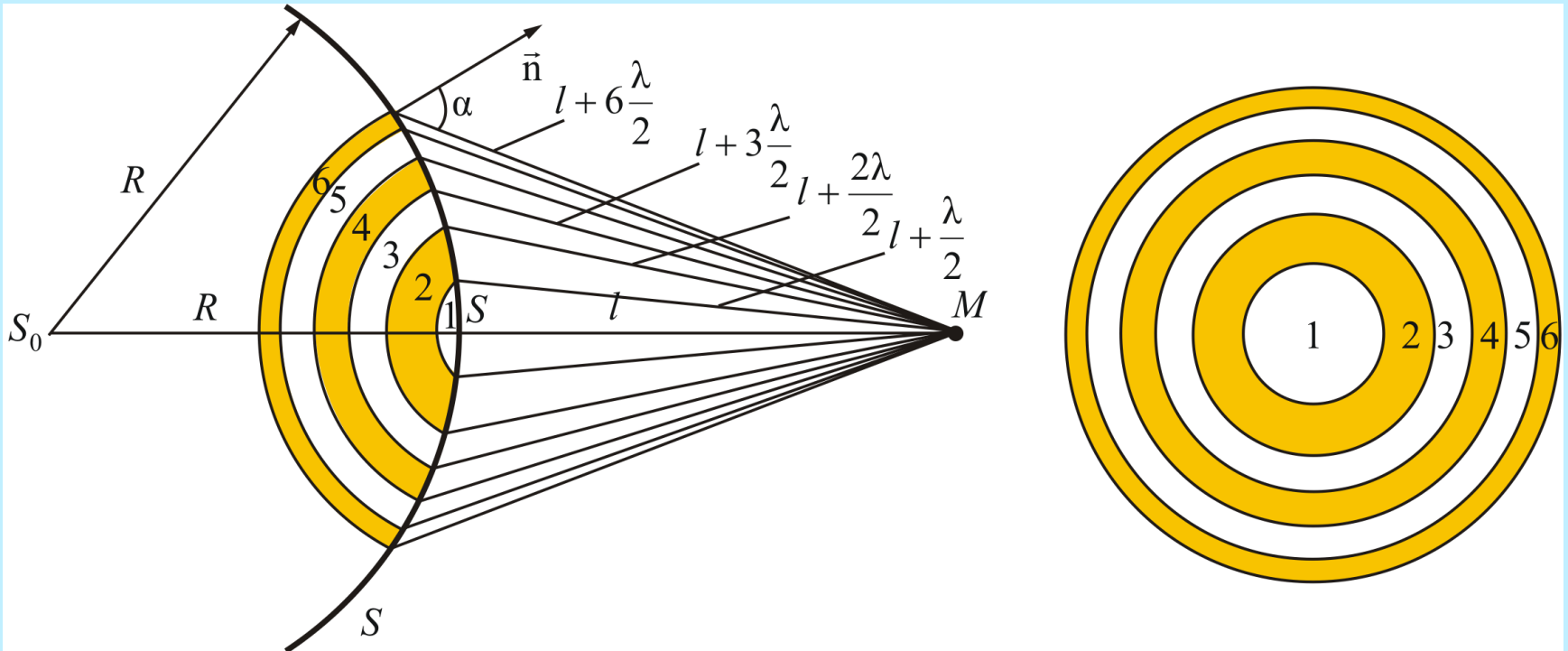
В основе метода лежит идея о том, что свет распространяется не в виде непрерывной волны, а в виде дискретных зон или областей, каждая из которых создает свою часть световой волны.

Не учитывает эффекты поляризации света и не может быть использован для описания распространения света в среде с дисперсией.

С помощью этого метода можно объяснить такие явления, как радуга или цветные полосы на крыльях бабочек, которые возникают из-за дифракции света.

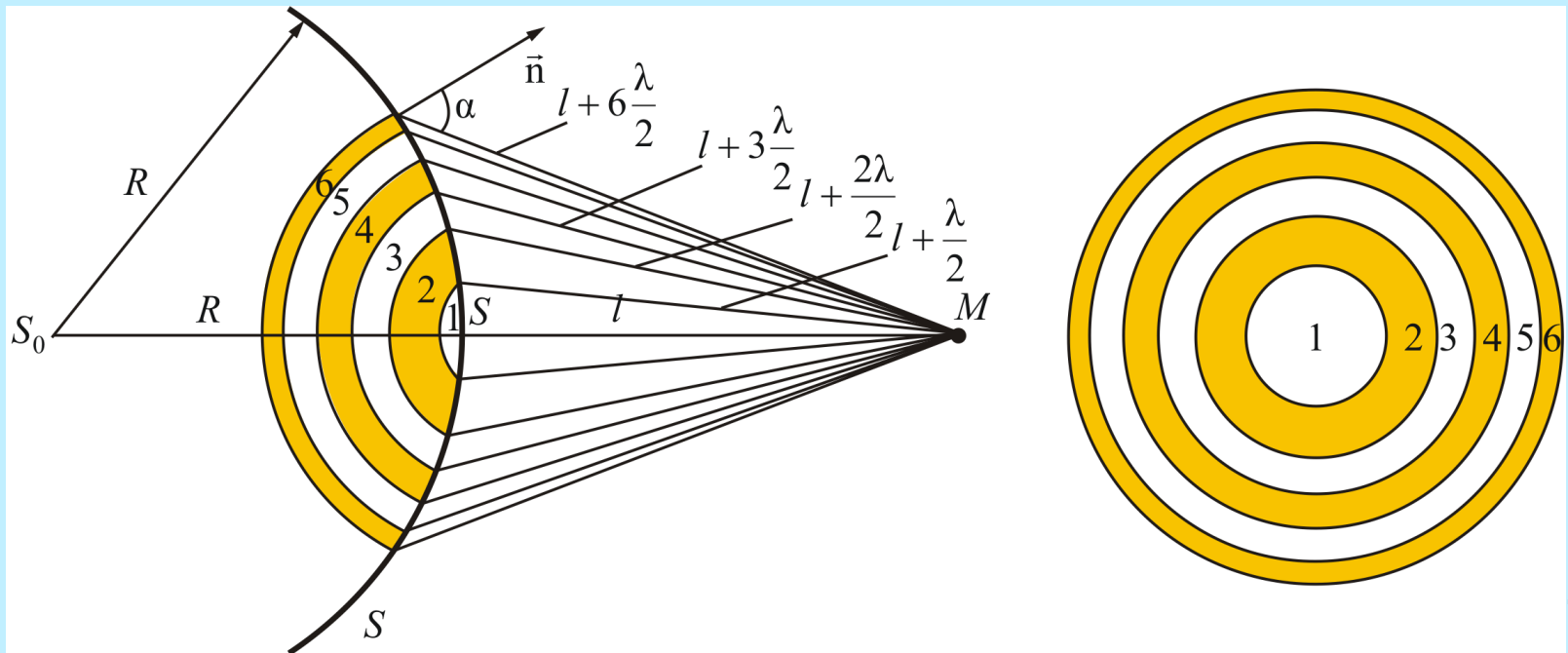
Метод зон Френеля

Зоны Френеля — кольцевые зоны на волновой поверхности, расстояния от краев которых до точки М, в которой определяется амплитуда световой волны от точечного источника S , отличается на $\frac{\lambda}{2}$.



Для соседних зон результирующее колебание, создаваемое каждой из зон, отличается по фазе на π . Следовательно, амплитуда результирующего светового колебания (от всех зон) в точке M :

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots$$

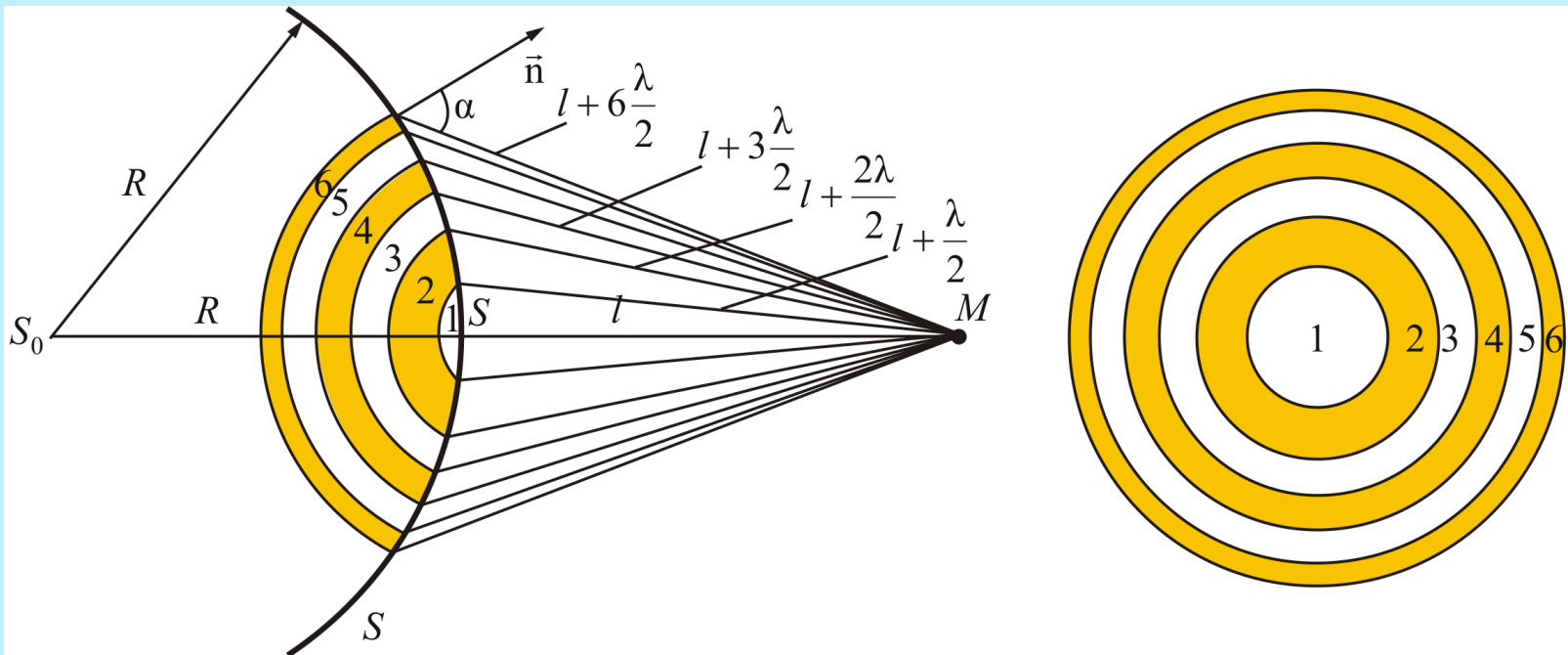


С ростом порядкового номера зоны (m), интенсивность излучения в направлении точки M уменьшается:

$$A_1 > A_2 > A_3 > A_4 \dots$$

Т.к. количество зон велико, то амплитуду колебаний от m зоны можно записать как

$$A_m = \frac{A_{m-1} + A_{m+1}}{2}.$$



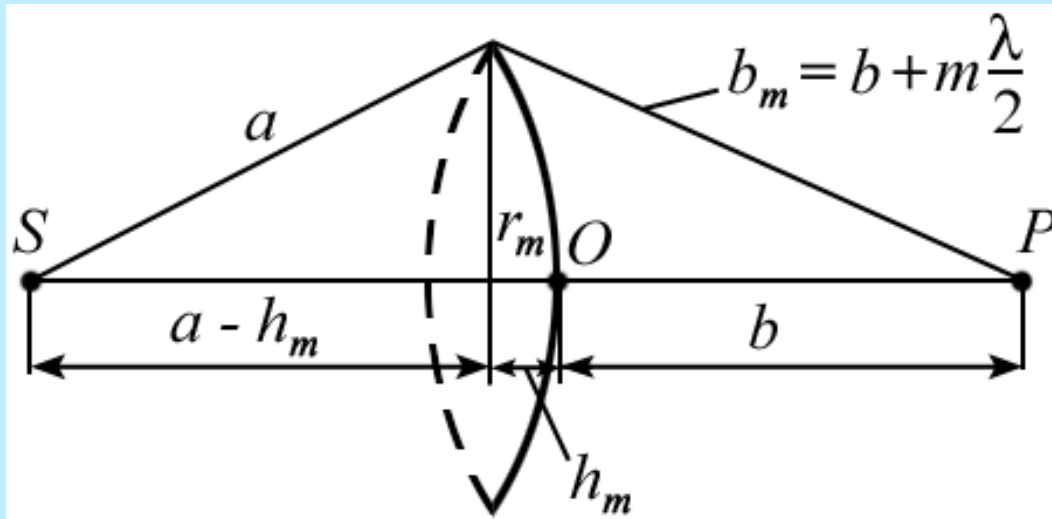
Получаем

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\underbrace{\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2}}_{=0, \frac{A_1}{2} + \frac{A_3}{2} = A_2} \right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2} \right) + \dots = \frac{A_1}{2},$$

т.е. амплитуда результирующего колебания в произвольной точке M определяется действием только половины центральной зоны Френеля. Действие всей волновой поверхности сводится к действию её малого участка меньшего центральной зоны.

При конечном числе зон: $A = \frac{A_1}{2} \pm \frac{A_m}{2}.$

Если расстояние a до источника света S и расстояние b до точки наблюдения P много больше размеров зон Френеля, то (для небольших m):



$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda}$$

- радиус внешней границы m -й зоны

Площадь m -й зоны:

$$\Delta S_m = \frac{\pi ab}{a+b} \lambda$$

- не зависит от m , т.е. **при небольших m площади зон Френеля примерно одинаковы.**

Для первой зоны $m = 1$ легко вычислить r_1 . Он оказывается малым.

$$a = b = 10\text{см}, \quad \lambda = 0,16\text{мкм}, \Rightarrow r_1 = 0,16\text{нм}.$$

Т.е. с учетом $A = \frac{A_1}{2}$ можно сказать, что

распространение света от S к P происходит так, как будто световой поток амплитудой $\frac{A_1}{2}$

распространяется вдоль SM внутри узкого канала, другими словами, *прямолинейно*.

✓ Дифракция на диске, закрывающем m зон Френеля.

Амплитуда результирующего колебания $A = \frac{A_{m+1}}{2}$.

В центре экрана наблюдается интерференционный максимум равный $\frac{1}{2}$ амплитуды первой открытой зоны Френеля.

«Пятно Пуассона»



Амплитуда
результатирующего
колебания

$$A = \frac{A_{m+1}}{2}.$$

«Пятно Пуассона»

