НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1930

МЭИ

Дифракция света
Лекция 2

__.09.2020

Тарасов Александр Евгеньевич

Старший преподаватель кафедры Физики

Содержание

2.1. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля

Дифракция - совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями, размеры которых сравнимы с длиной волны, и связанных с отклонениями от законов геометрической оптики.

Дифракция света - огибание лучами препятствий; проникновение света в область геометрической тени.

Принципа Гюйгенса - каждая точка, до которой доходит волна, служит центром вторичных волн, а огибающая этих волн задает положение волнового фронта в следующий момент времени.

Принцип Гюйгенса

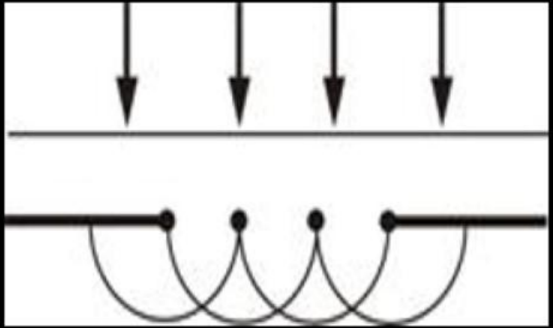


Рис. 2.1. Принцип Гюйгенса

Пусть плоская волна нормально падает на отверстие в непрозрачном экране. Каждая точка участка волнового фронта, выделенного отверстием, служит источником вторичных волн

Огибающая вторичных волн (в некоторый момент времени):
фронт волны заходит в область геометрической тени, т.е. волна огибает края отверстия

Дополнения Френеля

· *Все вторичные источники фронта волны, исходящей из одного источника, когерентны между собой.*

· *Равные по площади участки волновой поверхности излучают равные интенсивности .*

· *Каждый вторичный источник излучает свет преимущественно в направлении внешней нормали к волновой поверхности в этой точке. Амплитуда вторичных волн в направлении, составляющем угол α с нормалью, тем меньше, чем больше угол α, и равна нулю при $\alpha \geq {}^{\pi}/_{2}$.*

· *Для вторичных источников справедлив принцип суперпозиции: излучение одних участков волновой поверхности не влияет на излучение других*

2.2. Метод зон Френеля

Метод зон Френеля

- метод разбиения волновой поверхности *S* на зоны.

Границей первой (центральной) зоны служат точки поверхности S, находящиеся на расстоянии $l+\lambda/2$ от точки М (рис. 2.2). Точки сферы S, находящиеся на расстояниях $l+2\cdot\lambda/2$, $l+3\cdot\lambda/2$, и т.д. от точки М, образуют 2, 3 и т.д. зоны Френеля. Колебания, возбуждаемые в точке М между двумя соседними зонами, противоположны по фазе, так как разность хода от этих зон до точки М равна $\lambda/2$

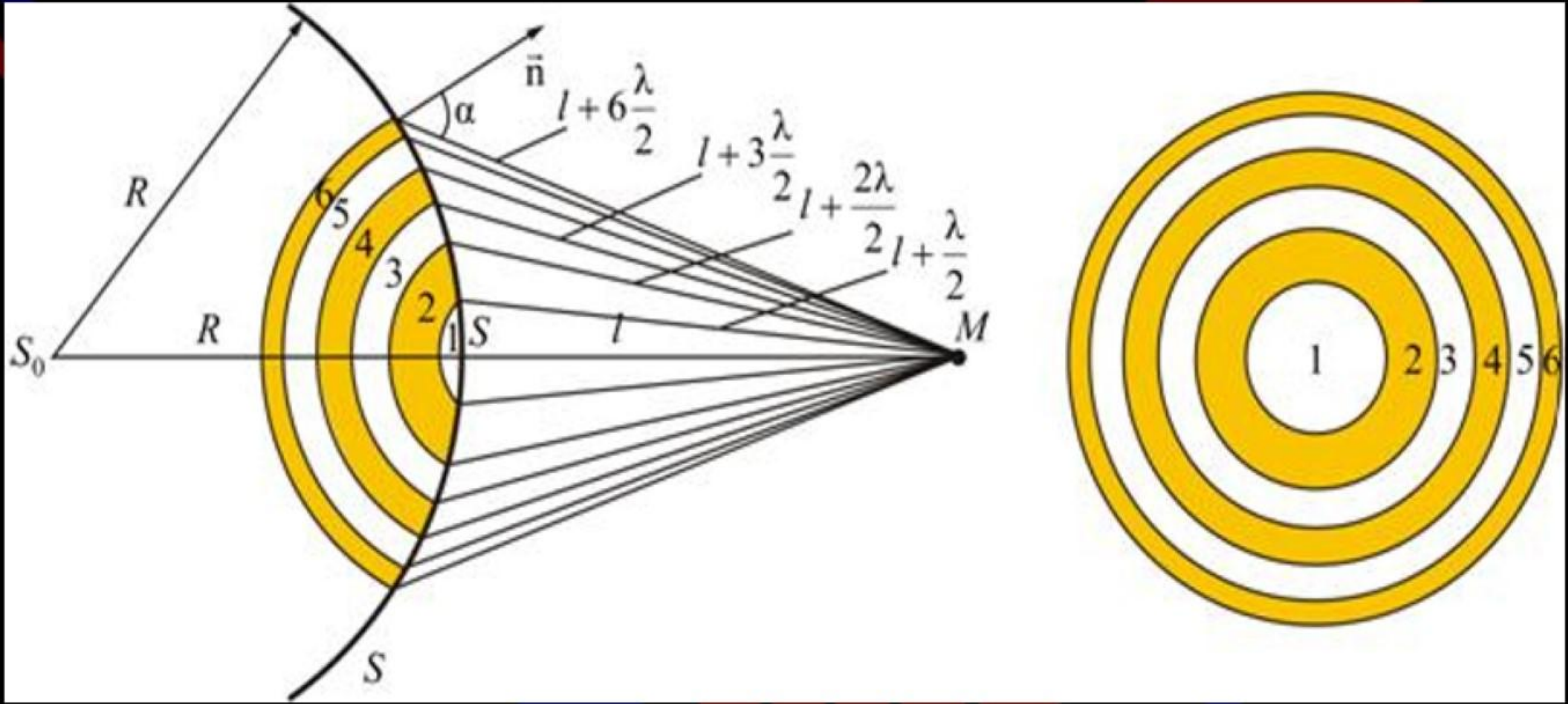


Рис. 2.2. Метод зон Френеля

Метод зон Френеля

Величины этих амплитуд монотонно убывают

$$A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > \cdots > A_i \,, \qquad (2.1)$$

где *A* - амплитуда результирующего колебания, A_i - амплитуда колебаний, возбуждаемая *i*-й зоной Френеля.

Допустимое приближение:

$$A_{\mathrm{k}} = \frac{\boldsymbol{A_{k-1} + A_{k+1}}}{\mathbf{2}} \qquad (2.2)$$

Метод зон Френеля

Полная амплитуда волны, приходящнй в т. М, равна сумме амплитуд, создаваемых каждой отдельной зоной. При этом амплитуды от всех четных зон надо считать с одинаковым знаком (например, с положительным), а от волн нечетны зон (приходящих в противоположной фазе) – с обратным знаком.

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \cdots A_i \,, \qquad (2.3)$$

где A – амплитуда результирующего колебания, A_i -амплитуда колебаний, возбуждаемая i-й зоной Френеля.

Метод зон Френеля

Используя приближение (2.2):

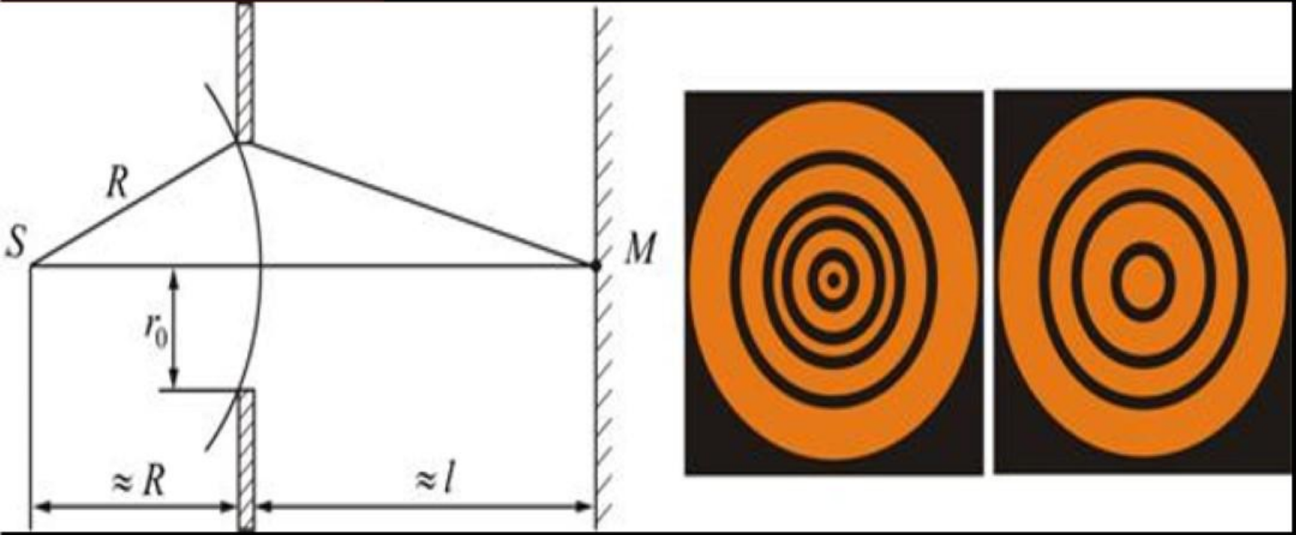
$$A = \frac{A_0}{2} + \left(\frac{A_0}{2} - A_1 + \frac{A_2}{2}\right) + \left(\frac{A_2}{2} - A_3 + \frac{A_4}{2}\right) + \cdots \qquad (2.4)$$

или

$$A \sim \frac{A_0}{2} \qquad (2.5)$$

2.3. Дифракция Френеля от простейших преград

Дифракция от круглого отверстия



R – ?
S – источник
M – точка
r_0 – радиус круглого отверстия

Рис. 2.3. Дифракция от круглого отверстия

Вид дифракционной картины зависит от числа зон Френеля, открываемых отверстием. Амплитуда результирующего колебания, возбуждаемого в точке M всеми зонами.

Дифракция от круглого отверстия

$$\mathrm{A} = \begin{cases} \frac{1}{2}(A_1 + A_m)(m - \text{нечетное}), \\ \frac{1}{2}(A_1 - A_m)(m - \text{четное}) \end{cases} \qquad (2.6)$$

Когда отверстие открывает нечетное число зон Френеля, то амплитуда (интенсивность) в точке M будет больше, чем при свободном распространении волны; если четное, то амплитуда (интенсивность) будет равна нулю, как показано на рис. 2.3.

Если $r_0 \gg \lambda$, то никакой дифракционной картины не будет.

2.4. Дифракция в параллельных лучах (дифракция Фраунгофера)

Дифракция Фраунгофера

Дифракция Фраунгофера -тип дифракции, при котором дифракционная картина образуется *параллельными пучками.*

Параллельные лучи проявятся, если источник и экран находятся в бесконечности. Практически используется две линзы: в фокусе одной - источник света, а в фокусе другой - экран.

2.5. Дифракция света на одной щели

Дифракция света на одной щели

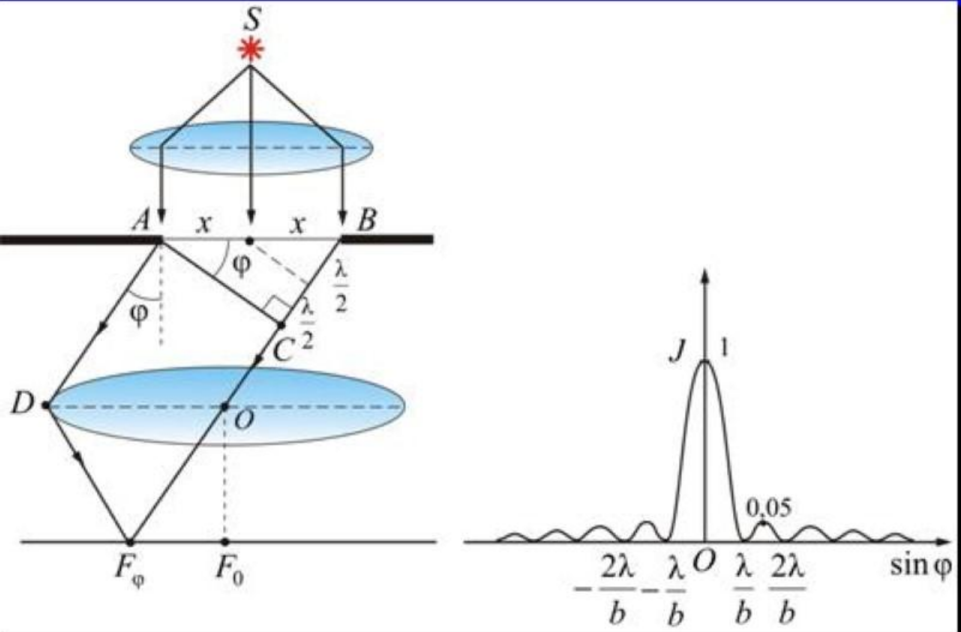


Рис. 2.5. Дифракция света на одной щели

В непрерывном экране есть щель, ширина щели AB = *b*, длина щели (перпендикулярно плоскости листа) *l* >> *b*.

В плоскости щели *AB* амплитуды и фазы падающих волн одинаковы.

Разобьем щель на зоны Френеля так, чтобы оптическая разность хода между лучами, идущими от соседних зон, была равна λ /2.

Дифракция света на одной щели

Если на ширине щели укладывается четное число таких зон, то в точке F_φ (побочный фокус линзы) будет наблюдаться минимум интенсивности, а если нечетное число зон, то максимум интенсивности:

$b\sin\varphi = \pm 2m\frac{\lambda}{2}$ – условие минимума интенсивности (2.7)

$b\sin\varphi = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}$ – условие максимума интенсивности (2.8)

Картина будет симметричной относительно главного фокуса точки F0.
Знак плюс и минус соответствует углам, отсчитанным в ту или иную сторону.
Интенсивность света $J \sim A^2$, центральный максимум по интенсивности превосходит все остальные

Дифракция света на одной щели

Влияние ширины щели

условие минимума имеет вид $b \sin \varphi = \pm m\lambda$

$$\sin \varphi = \frac{m\lambda}{b} \qquad (2.9)$$

С увеличением ширины щели *b* положения минимумов сдвигаются к центру, центральный максимум становится резче.

При уменьшении ширины щели *b* вся картина расширяется, расплывается, центральная полоска тоже расширяется, захватывая все большую часть экрана, а интенсивность ее уменьшается.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!