



Дифракция света

Лекция 2

___.09.2020

Тарасов Александр Евгеньевич

Старший преподаватель кафедры Физики

Содержание



2.1. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.

2.2. Метод зон Френеля.

2.3. Дифракция Френеля от простейших преград.

2.4. Дифракция в параллельных лучах (дифракция Фраунгофера).

2.5. Дифракция света на одной щели



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

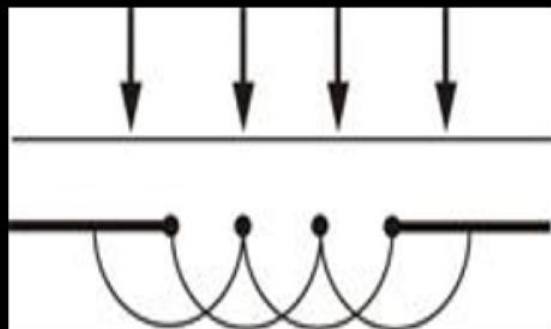


Рис. 2.1. Принцип Гюйгенса

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

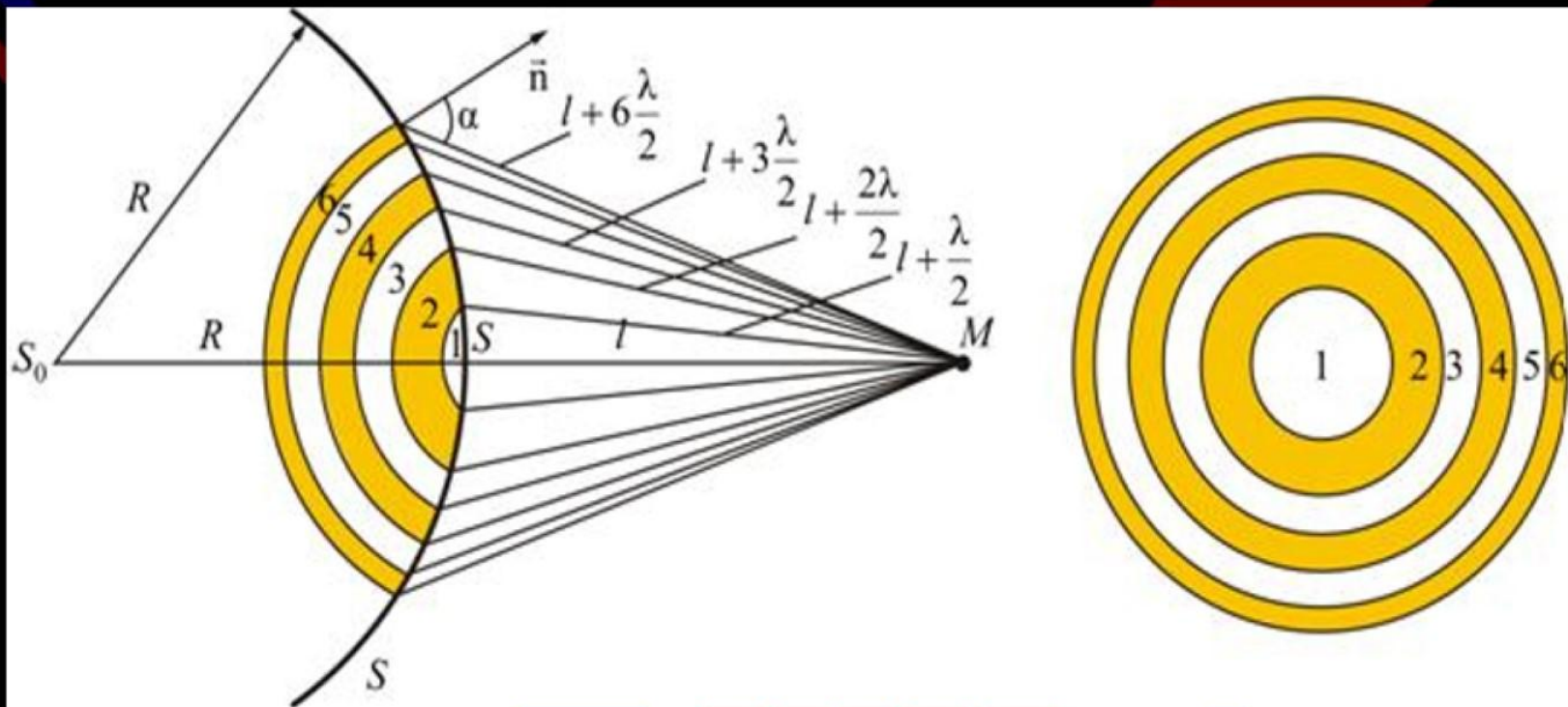


Рис. 2.2. Метод зон Френеля

Метод зон Френеля

Величины этих амплитуд монотонно убывают

$$A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > \dots > A_i, \quad (2.1)$$

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

Допустимое приближение:

$$A_k = \frac{A_{k-1} + A_{k+1}}{2} \quad (2.2)$$

Метод зон Френеля

Полная амплитуда волны, приходящей 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 нечетных зон (приходящих в противоположной фазе) - с обратным знаком.

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots A_i, \quad (2.3)$$

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

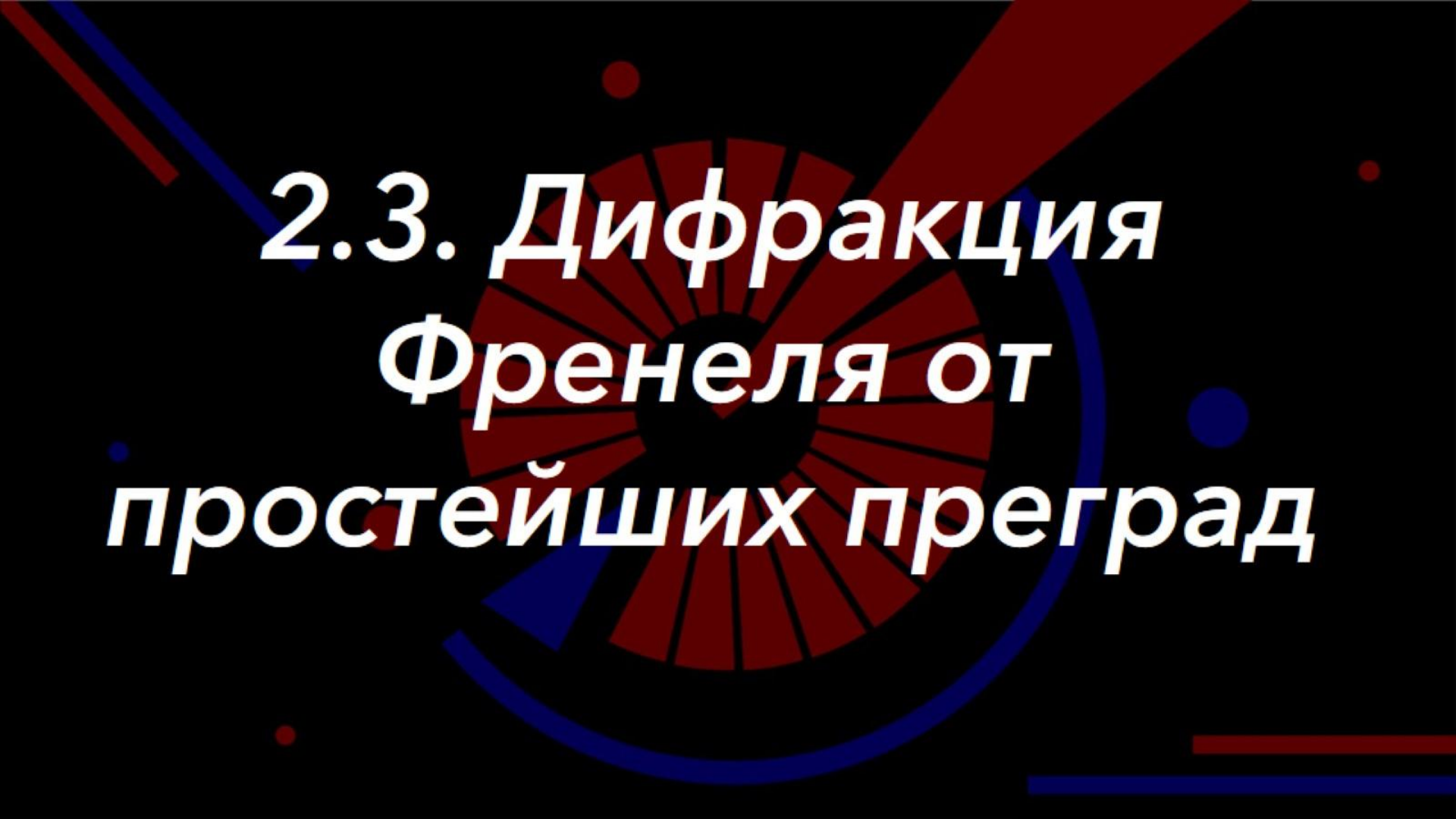
Метод зон Френеля

Используя приближение (2.2):

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

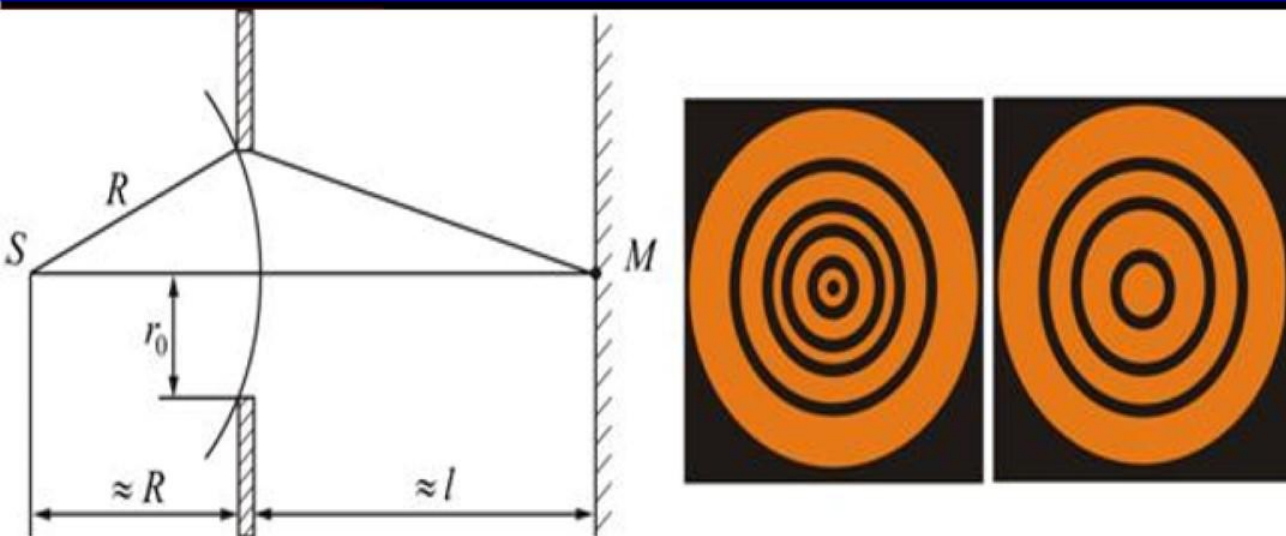
или

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



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

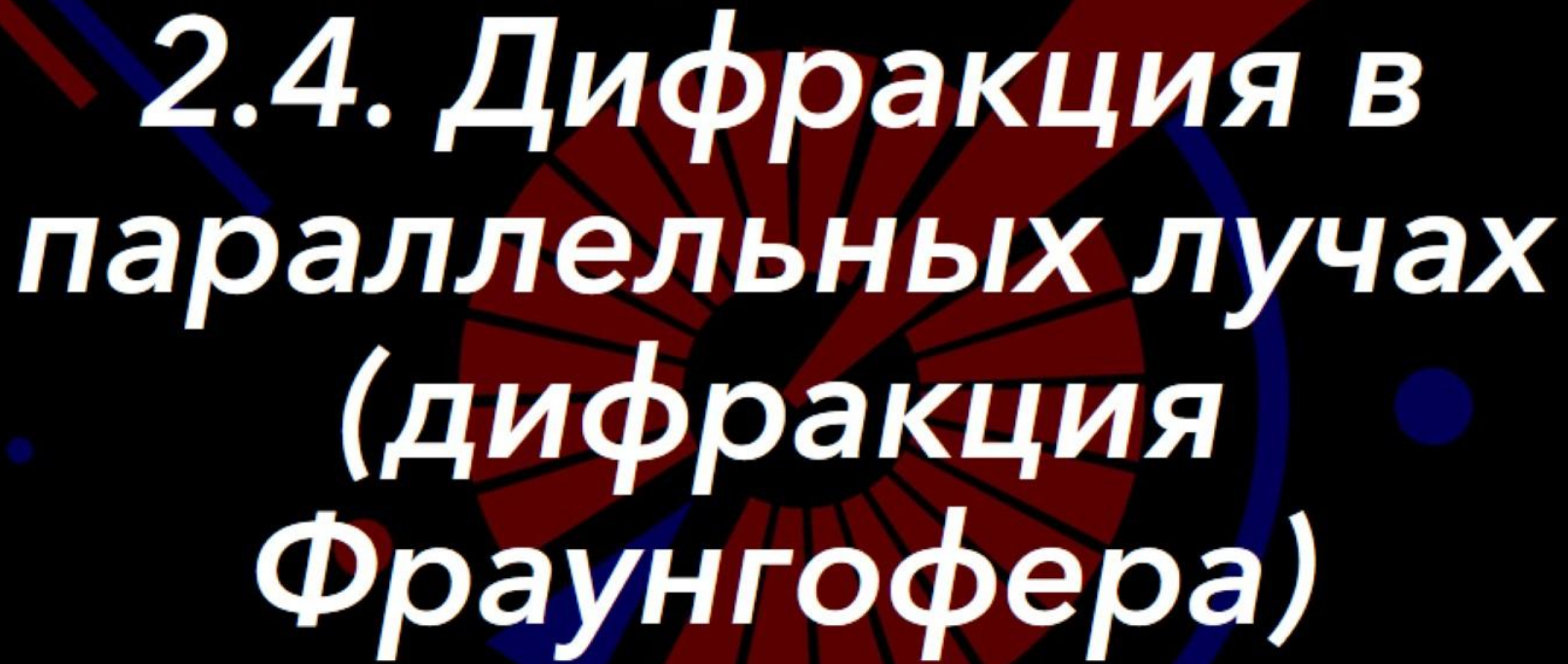
Вид дифракционной картины зависит от числа зон Френеля, открываемых отверстием. Амплитуда результирующего колебания, возбуждаемого в точке M всеми зонами.

Дифракция от круглого отверстия

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

Когда отверстие открывает нечетное число зон Френеля, то амплитуда (интенсивность) в точке М 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

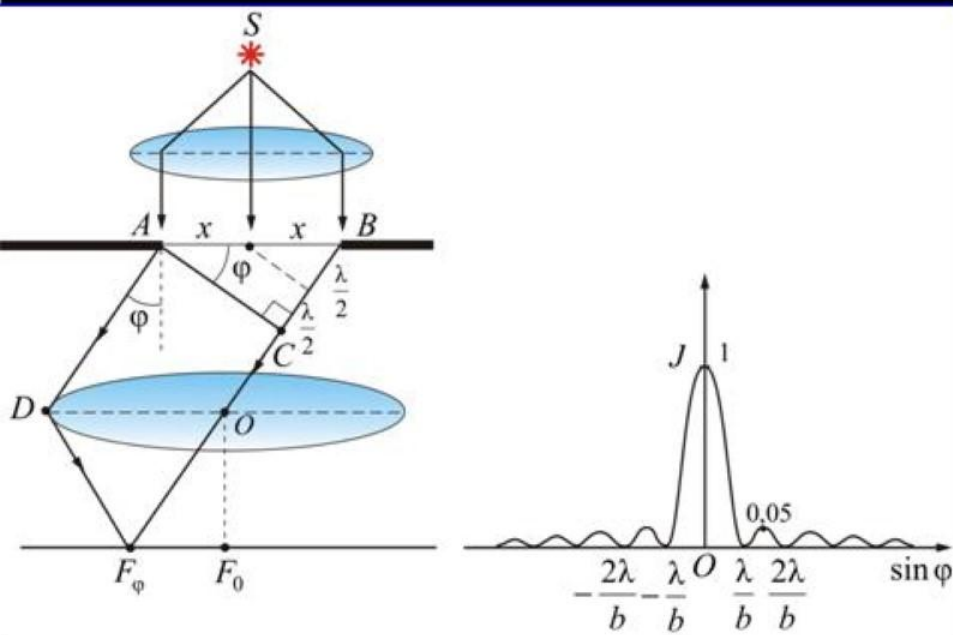


Рис. 2.5. Дифракция света на одной щели

В непрерывном экране есть щель, ширина щели $AB = b$, длина щели (перпендикулярно плоскости листа) $l \gg b$.

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 $\lambda/2$.

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:

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

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

Картина будет симметричной относительно главного фокуса точки F_0 .
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 $b \sin \varphi = \pm m\lambda$

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

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!*