ДИФРАКЦИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН

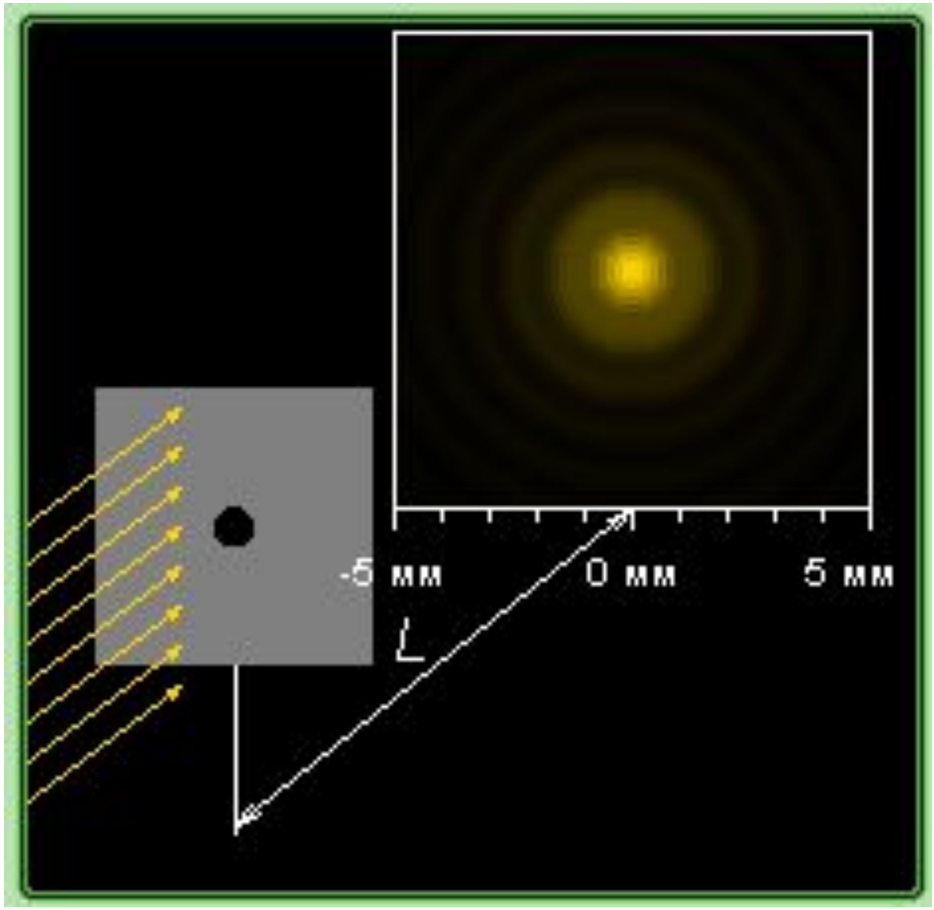
Дифракция - огибание волнами препятствий и проникновение волн в область геометрической тени (т.е. отклонение от законов геометрической оптики).

Необходимое условие наблюдения дифракции: размеры препятствий должны быть соизмеримы с длиной волны.

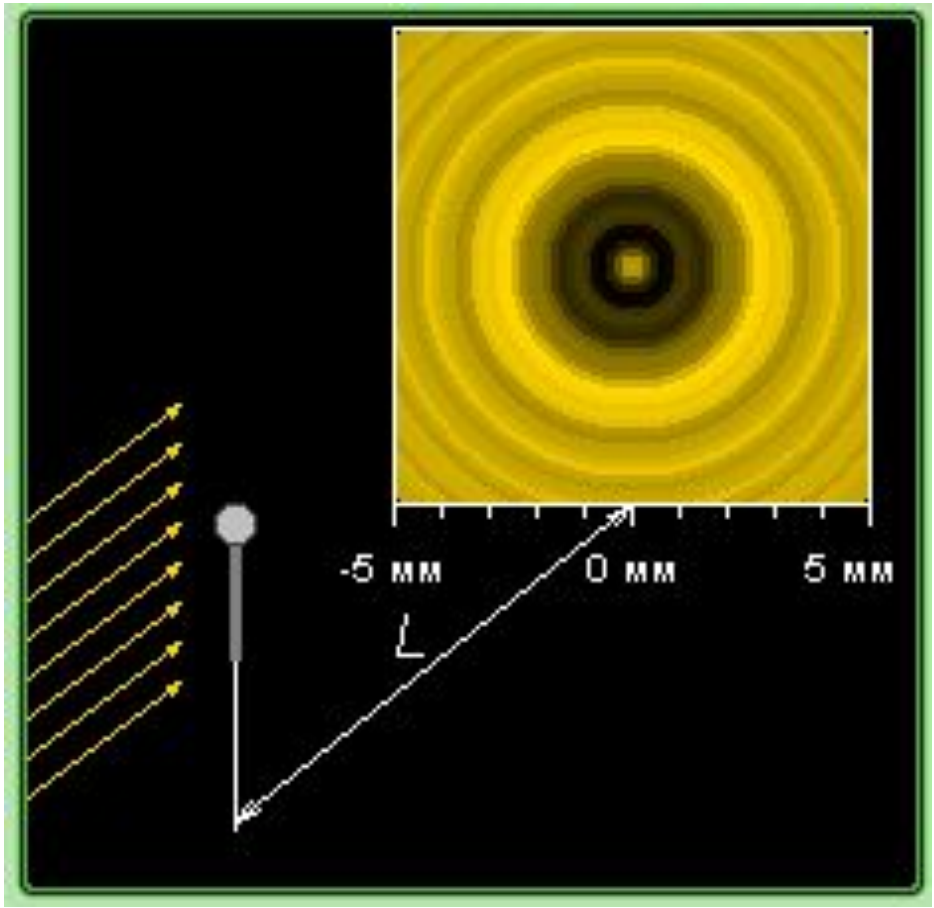
Дифракция
электромагнитных
волн

Дифракция электромагнитных волн

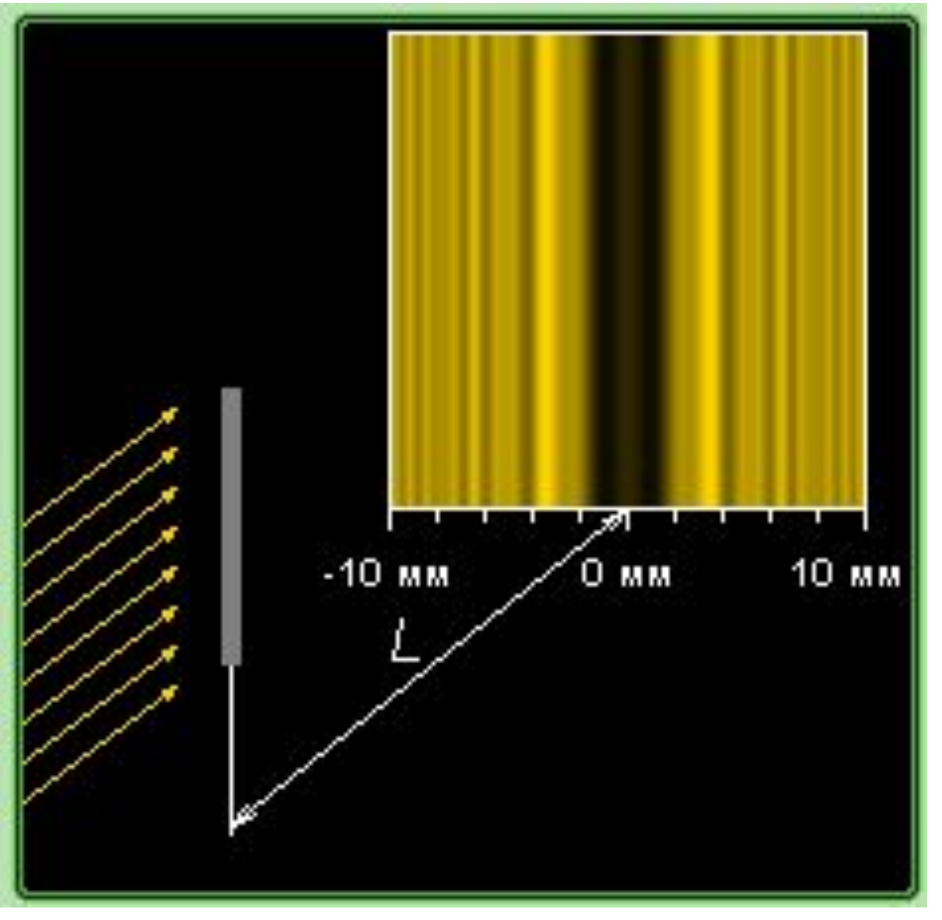
Дифракция на круглом отверстии



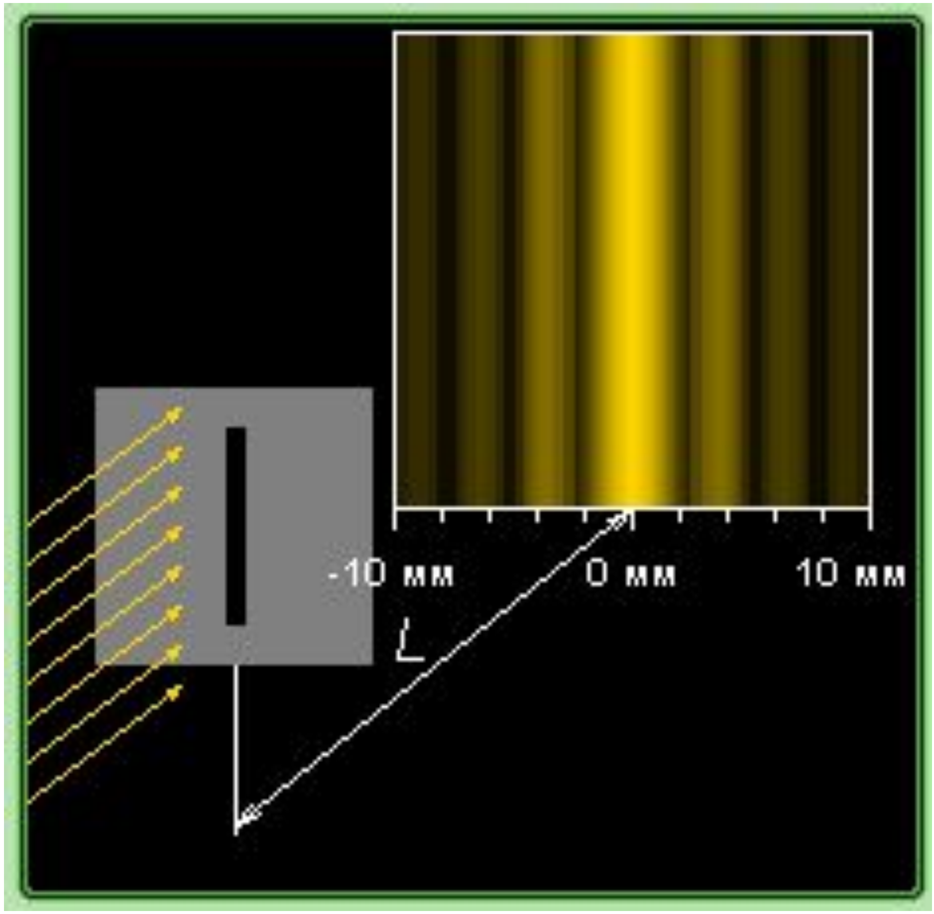
Дифракция на шарике



Дифракция на игле

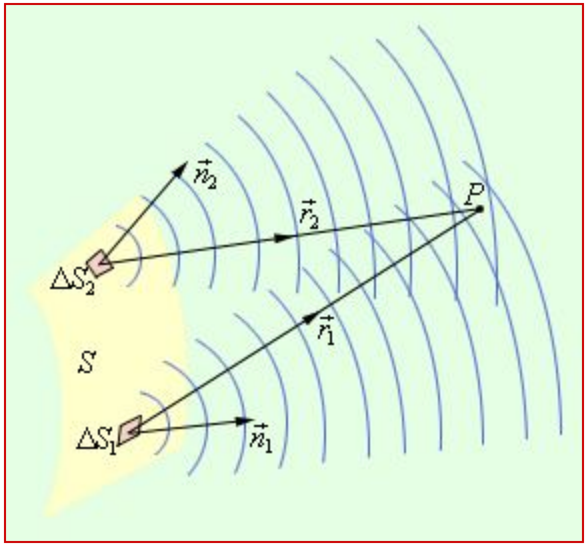


Дифракция на щели



Решение задач по расчету дифракционной картины основывается на **принципе Гюйгенса-Френеля**:

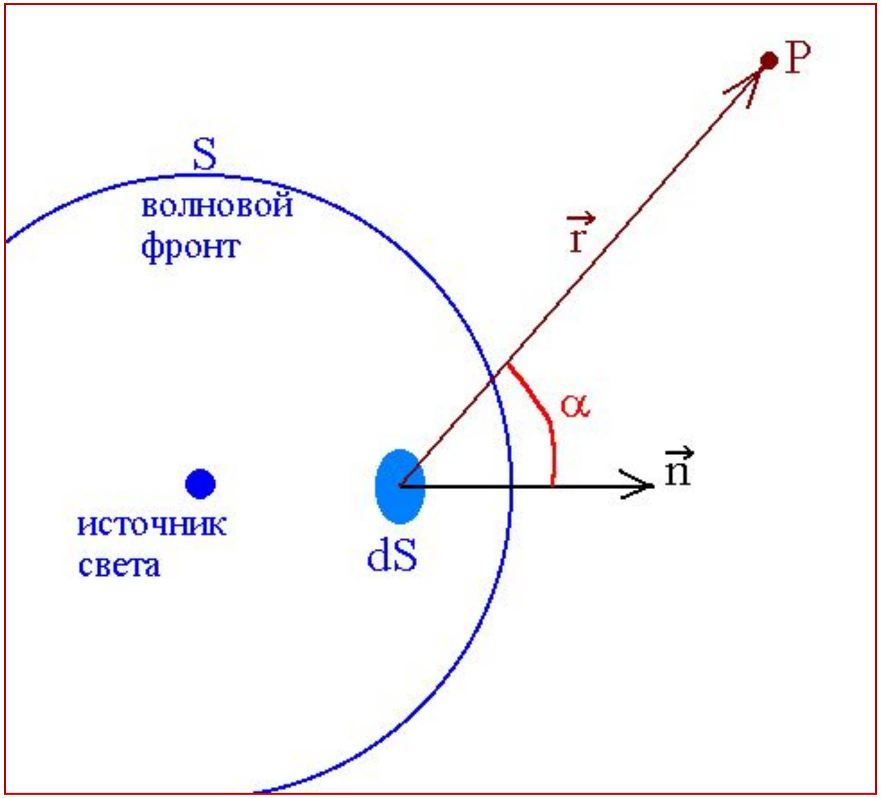
Каждая частица среды, до которой дошла световая волна, сама становится источником вторичных когерентных волн, результат интерференции которых определяет положение фронта волны в каждый следующий момент времени.



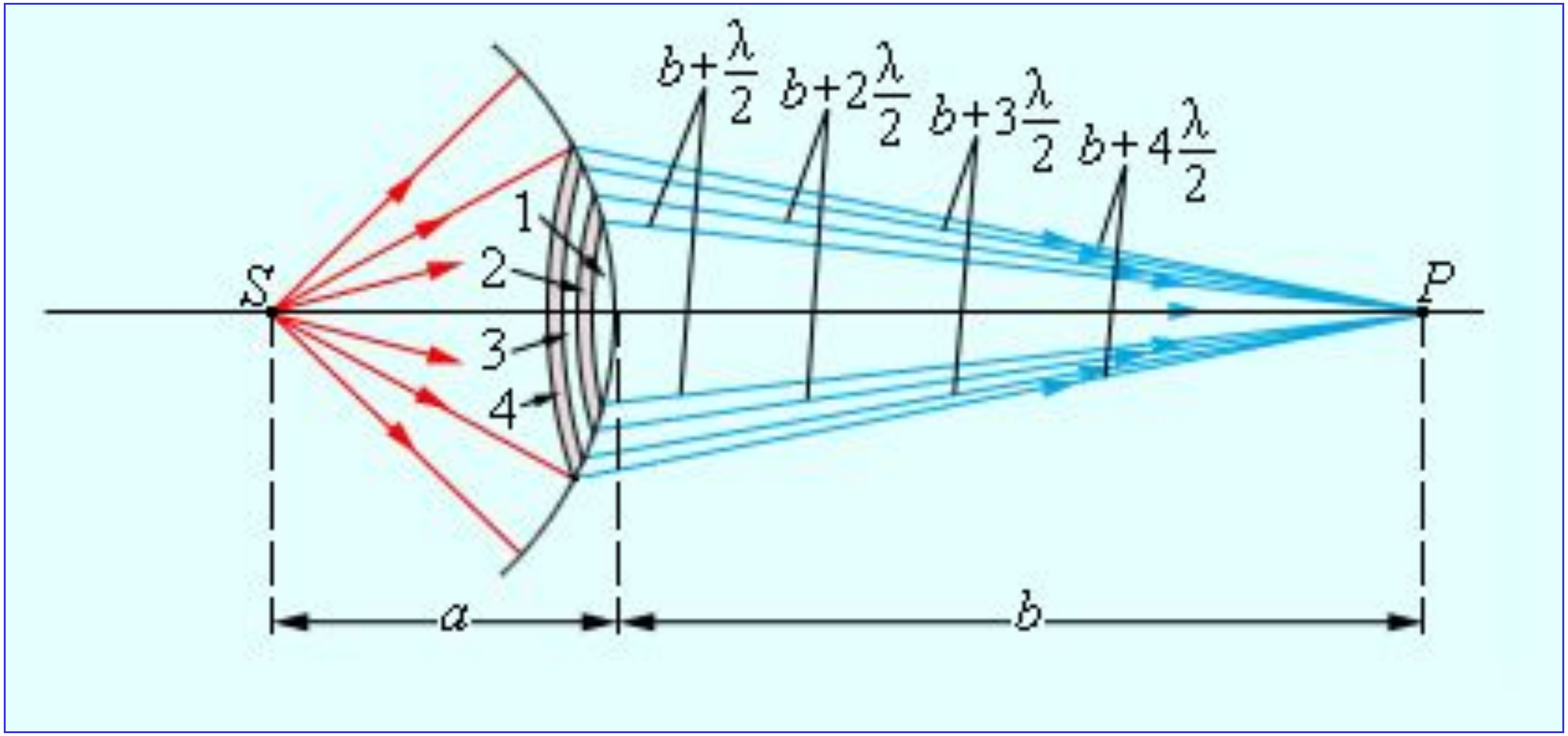
В соответствии с этим принципом, амплитуда светового вектора dE вторичных волн, приходящих в произвольную точку P от элемента dS волнового фронта S зависит от амплитуды E вторичных волн в том месте, где находится элемент dS, от площади этого элемента, от расстояния r между dS и точкой P, от угла α между радиус-вектором и нормалью $\vec{n}$ к фронту волны.

$$dE = f(\alpha)\cdot\frac{E}{r}\cdot dS$$

$$E = \int_S f(\alpha)\cdot\frac{E_0}{r}\cdot\cos(\omega t - kr + \varphi_0)\cdot dS$$

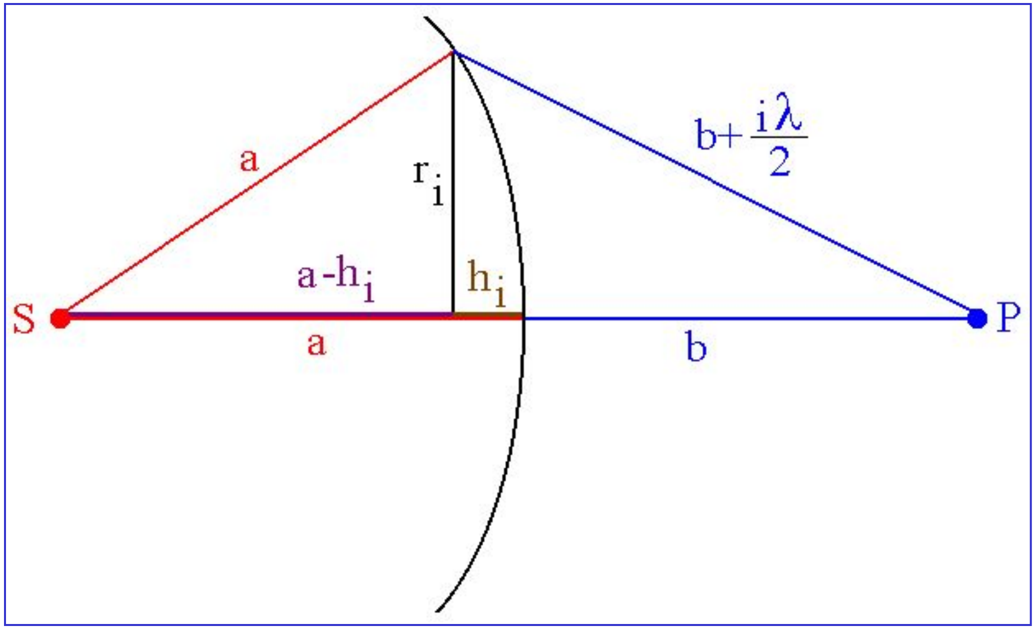


Метод зон Френеля



$$E = E_1 - E_2 + E_3 - E_4 + \ldots \pm E_n$$

$$E_1 > E_2 > E_3 > E_4 \ldots$$



$$S_i = 2\pi a h_i - 2\pi a h_{i-1}$$

$$r_i^2 = a^2 - (a - h_i)^2$$

$$r_i^2 = \left(b + \frac{i\lambda}{2}\right)^2 - (b + h_i)^2$$

$$a^2 - a^2 + 2ah_i - h_i^2 = b^2 + bi\lambda + \left(\frac{i\lambda}{2}\right)^2 - b^2 - 2bh_i - h_i^2$$

$$2ah_i = bi\lambda - 2bh_i \quad (\text{при} \quad \text{малых} \quad i)$$

$$2ah_i = bi\lambda - 2bh_i$$
$$2ah_i + 2bh_i = i\lambda b$$

$$h_i = \frac{i\lambda b}{2(a+b)}$$ Аналогично: $$h_{i-1} = \frac{(i-1)\lambda b}{2(a+b)}$$

$$S_i = 2\pi a h_i - 2\pi a h_{i-1} = 2\pi a \frac{\lambda b}{2(a+b)}(i - i + 1)$$

$$\boxed{S_i = \frac{\pi a b \lambda}{(a+b)}}$$

При малых значениях i: $h_i \ll a$. Тогда:

$$r_i^2 = a^2 - (a - h_i)^2 \approx 2ah_i$$

С учетом $h_i = \frac{i\lambda b}{2(a+b)}$, получим:

$$r_i^2 = \frac{2a \cdot i\lambda b}{2(a+b)} = \frac{a \cdot i\lambda b}{(a+b)}$$

$$\boxed{r_i = \sqrt{\frac{ab}{a+b} \cdot i\lambda}}$$

Для плоской волны: $r_i = \sqrt{i\lambda b}$

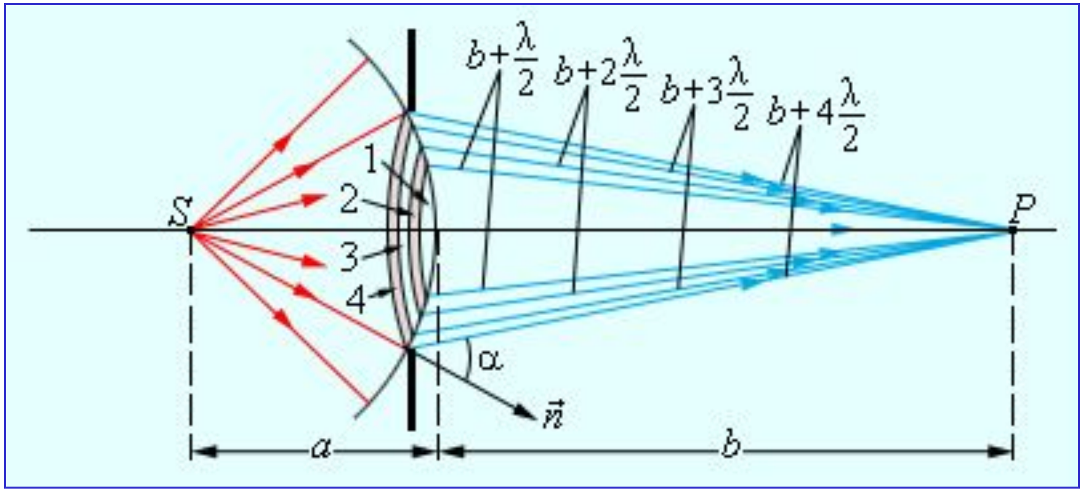
$$E = \frac{E_1}{2} + \left(\frac{E_1}{2} - E_2 + \frac{E_3}{2}\right) + \left(\frac{E_3}{2} - E_4 + \frac{E_5}{2}\right) + \ldots \pm \frac{E_n}{2}$$

«+» : n - нечетное

«-» :   n - четное

При больших значениях n: $E \approx \frac{E_1}{2}$

Дифракция Френеля на круглом отверстии:



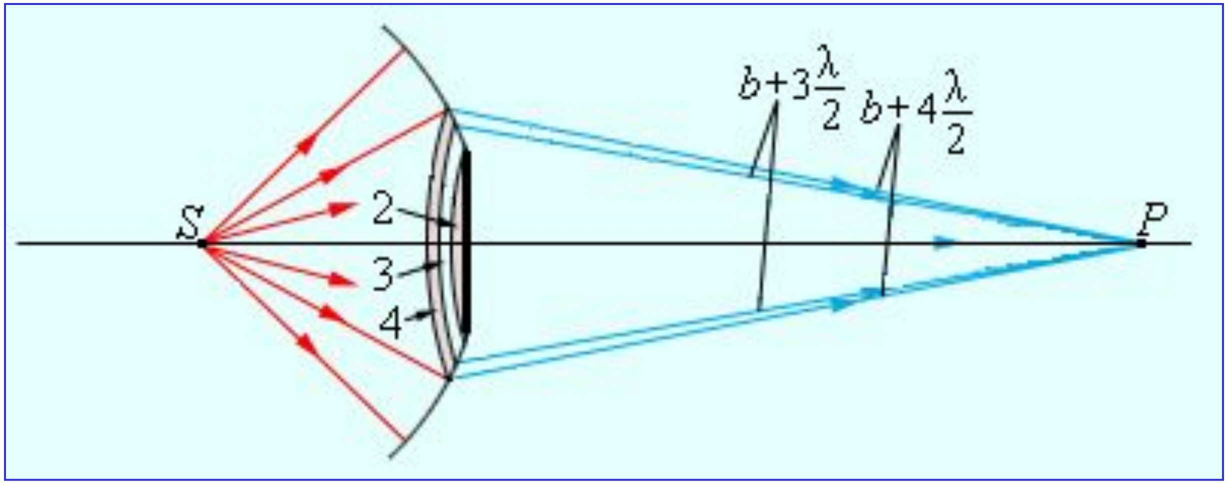
1. Отверстие открывает небольшое нечетное число зон Френеля:

$$E = \frac{E_1}{2} + \frac{E_i}{2} \approx E_1$$

2. Отверстие открывает небольшое четное число зон Френеля:

$$E = \frac{E_1}{2} - \frac{E_i}{2} \approx 0$$

Дифракция Френеля на непрозрачном диске:



1. Отверстие закрывает небольшое число i зон Френеля:

$$E = \frac{E_{i+1}}{2} + \left(\frac{E_{i+1}}{2} - E_{i+2} + \frac{E_{i+3}}{2} \right) + \ldots \approx \frac{E_{i+1}}{2}$$

2. Отверстие закрывает большое число i зон Френеля:

$$E = \frac{E_{i+1}}{2} \approx 0$$

Условие максимума для щели

$$a\sin\varphi = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$$

Условие минимума для щели

$$a\sin\varphi = m\lambda$$

Условие максимума для дифракционной решетки

$$d\sin\varphi = m\lambda$$

$$d = \frac{N}{l}$$

Условие минимума для дифракционной решетки

$$a\sin\varphi = m\lambda$$

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$$

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d\cos\varphi}$$

$$m_{\max} = \frac{d}{\lambda} \qquad\qquad N = \frac{2d}{\lambda} + 1$$

При этом интенсивность главных максимумов $I_{\max}$ пропорциональна интенсивности I_{φ}, создаваемой в направлении φ одной щелью:

$$I_{\max} = N^2 I,$$

где N – общее число щелей решетки.

Дифракционная решетка является спектральным прибором, разрешающая способность которого определяется по формуле

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda},$$