

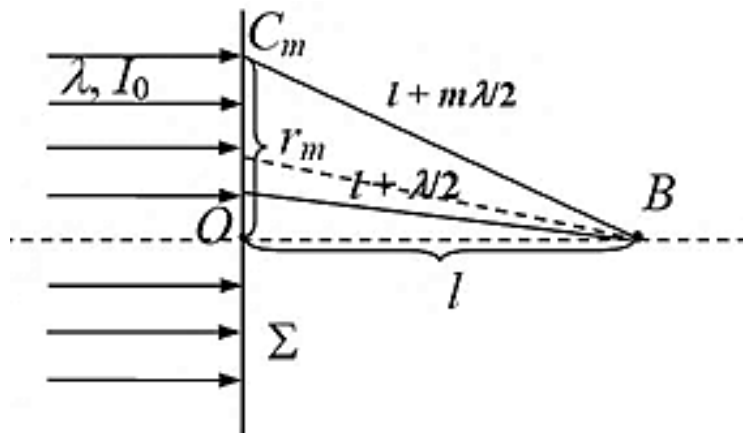
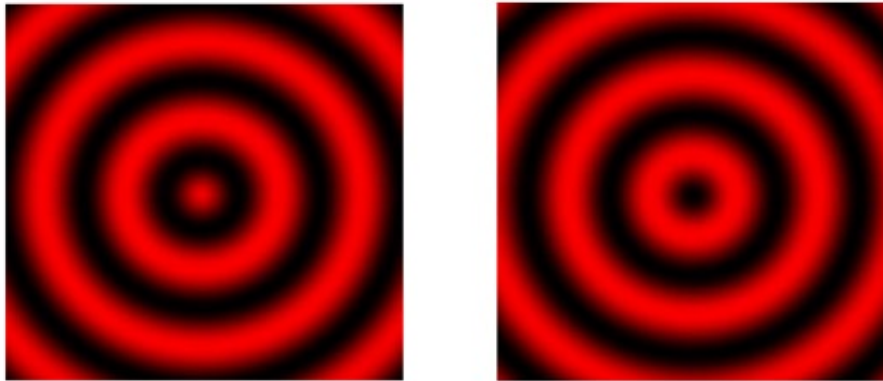
# Понятие о дифракции света

*Опр. Дифракцией называется любое отклонение распространения света от прямолинейного, не связанное с отражением или преломлением*

## *Принцип Гюйгенса-Френеля*

- 1. Каждый малый элемент волнового фронта, не закрытый препятствием, может рассматриваться как самостоятельный источник так называемых “вторичных волн”, распространяющихся за преградой.*
- 2. Интенсивность света в любой точке пространства за препятствием можно найти, вычислив результат интерференции вторичных волн в этой точке.*

# Дифракция Френеля на круглом отверстии



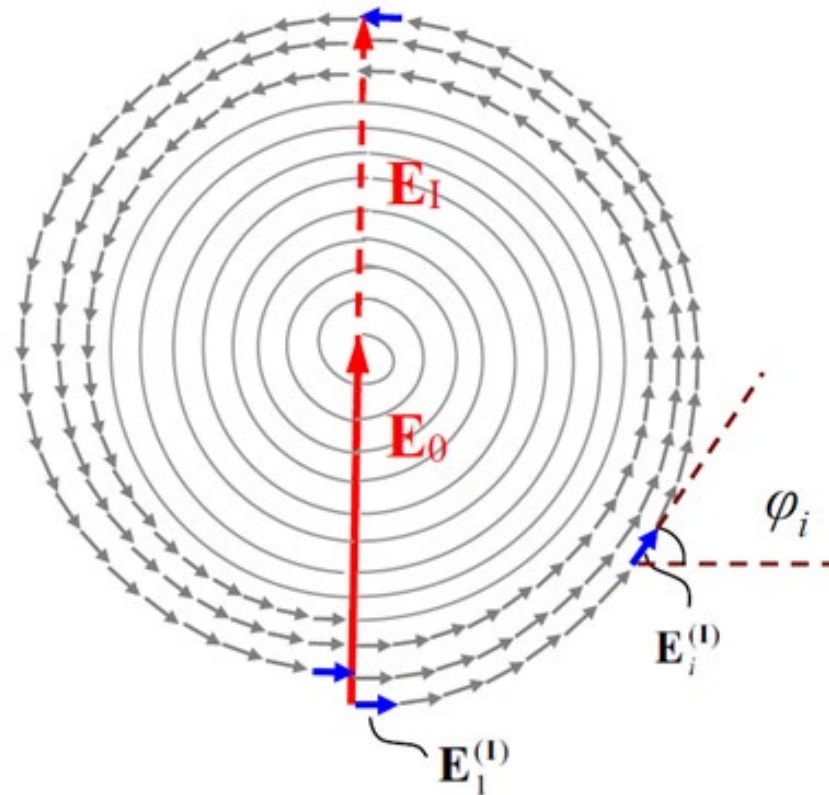
$$l^2 + r_m^2 = (l + m\lambda/2)^2$$

Если  $l\lambda \gg \lambda^2$ , то

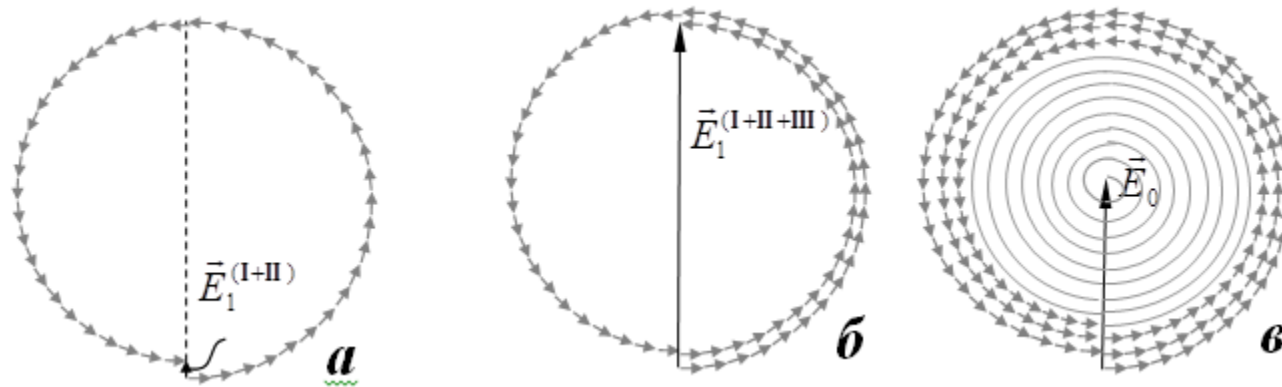
$$r_m = \sqrt{m\lambda l}$$



# Дифракция Френеля на круглом отверстии. Спираль Френеля



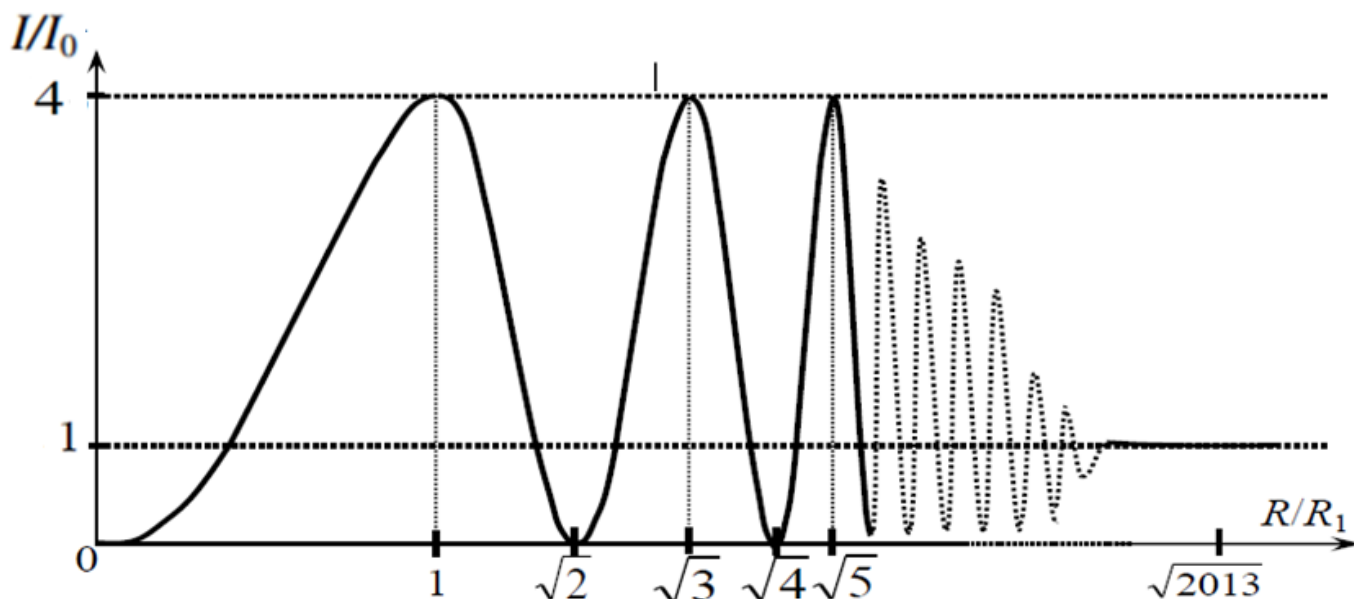
# Дифракция Френеля на круглом отверстии. Спираль Френеля



- а*) для точки наблюдения открыты первая и вторая зоны Френеля
- б*) для точки наблюдения открыты первая, вторая и третья зоны Френеля
- в*) открыт весь волновой фронт (препятствия нет)

# Дифракция Френеля на круглом отверстии

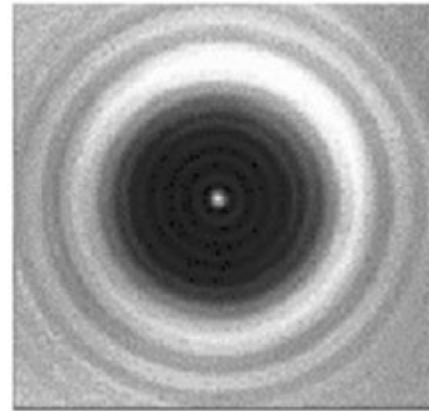
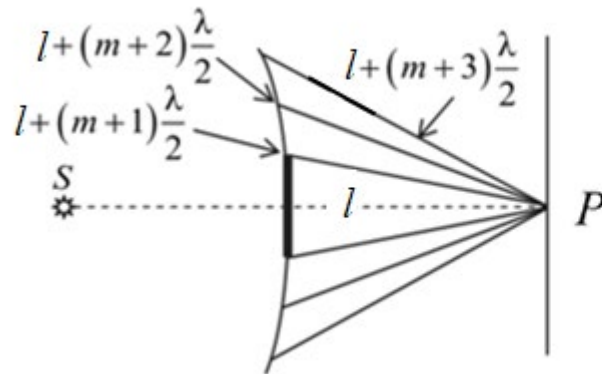
Зависимость интенсивности в центре картины при дифракции на круглом отверстии от радиуса отверстия



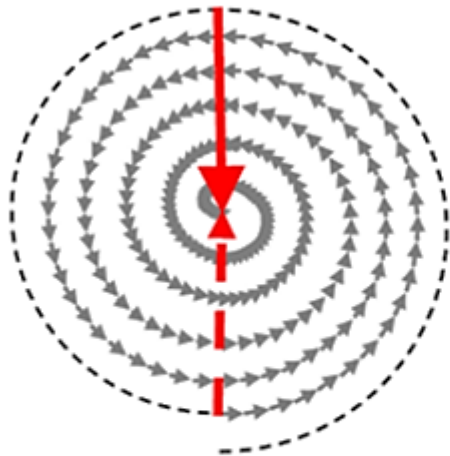
$R_1$  – радиус первой зоны Френеля,

$I_0$  – интенсивность, регистрируемая в отсутствие препятствия

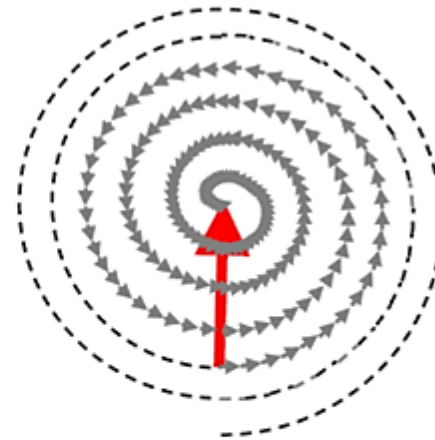
# Дифракция Френеля на диске



В точке  $P$  наблюдается максимум интенсивности – *пятно Пуассона*

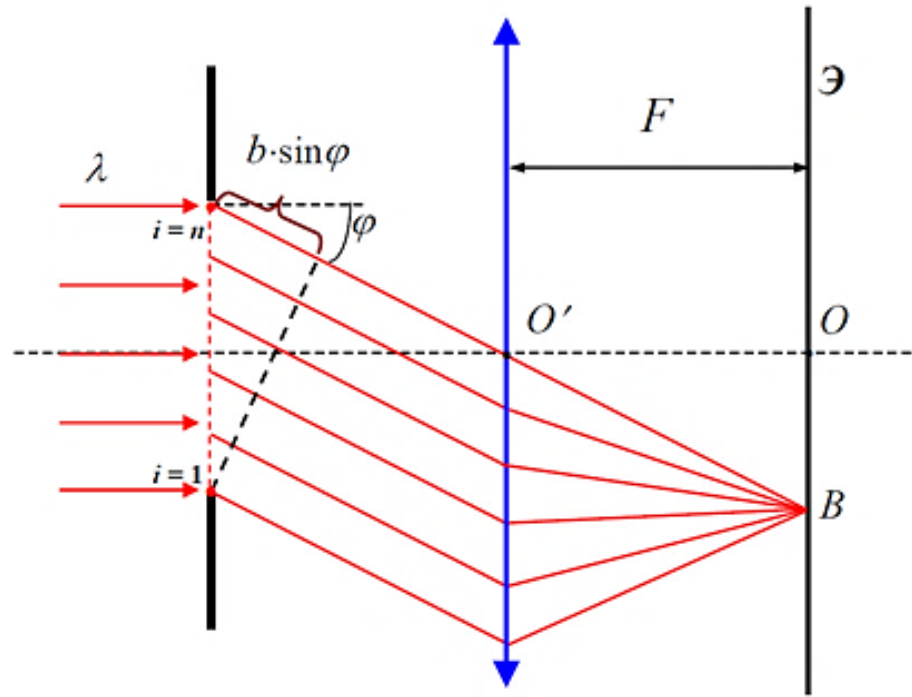


Диск закрывает первую (первую и вторую) зоны Френеля

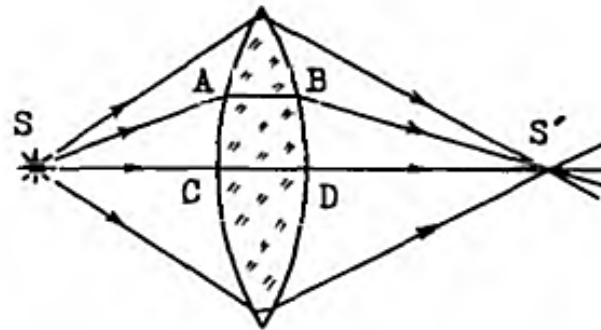


Диск закрывает первые четыре зоны Френеля

# Дифракция Фраунгофера на щели

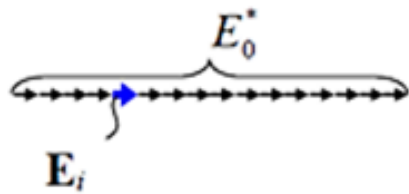


Таутохронизм линзы

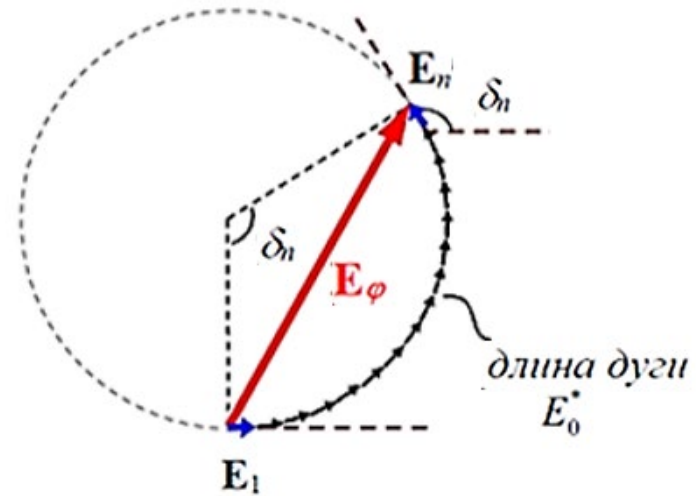


# Дифракция Фраунгофера на щели

Векторные диаграммы для разных точек дифракционной картины



*a)*  $\varphi = 0$



*б)*  $0 < \varphi < \varphi_1^{\min}$

*Минимумы* дифракции

$$b \cdot \sin \varphi = m \cdot \lambda ,$$

$$m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

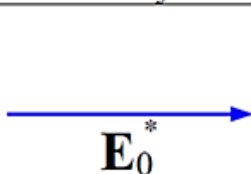
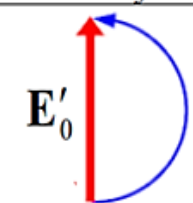



# Дифракция Фраунгофера на щели

*В центре* дифракционной картины – «нулевой» максимум

*«Боковые» максимумы* дифракции

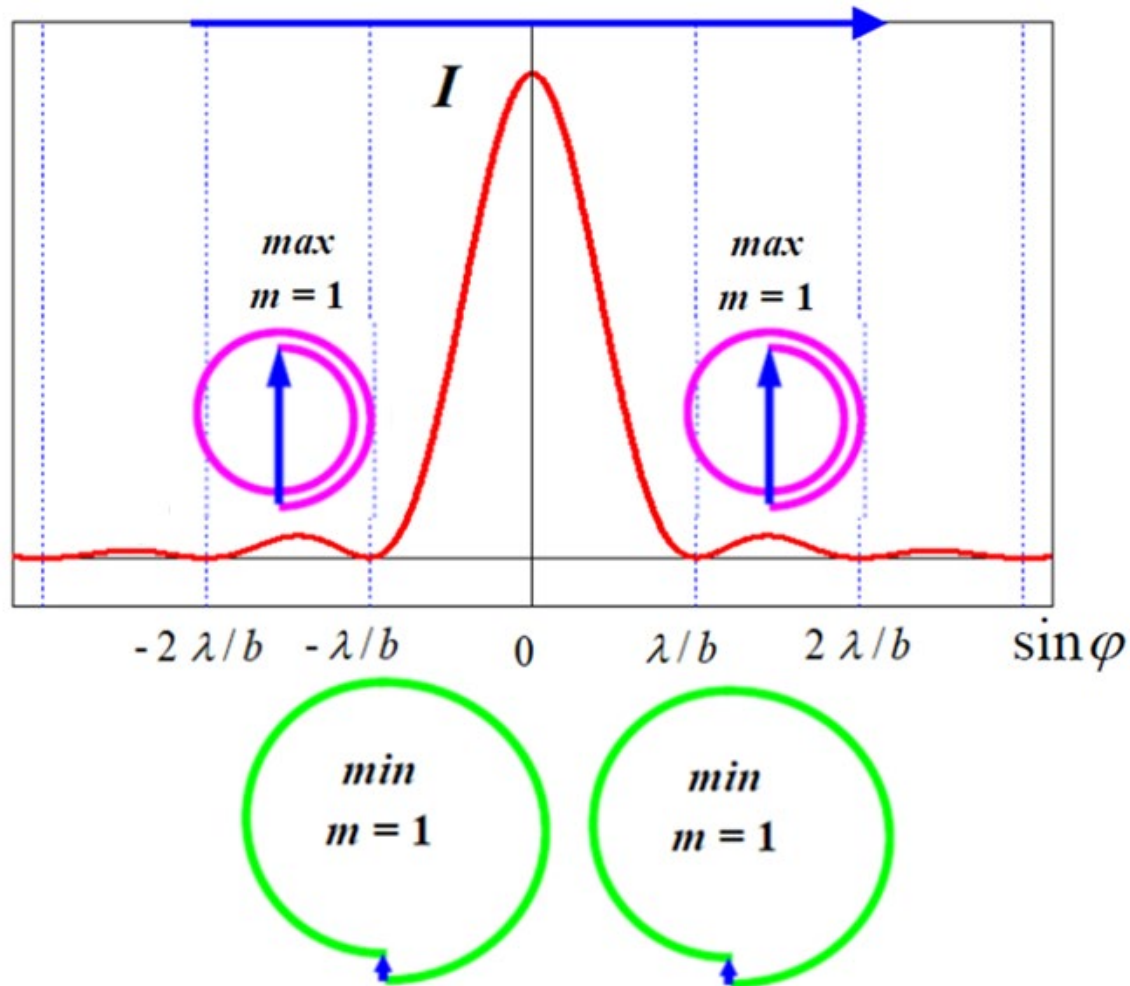
$$b \sin \varphi = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda, \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

Это приближенное равенство; точное равенство получается из анализа распределения интенсивности на экране наблюдения

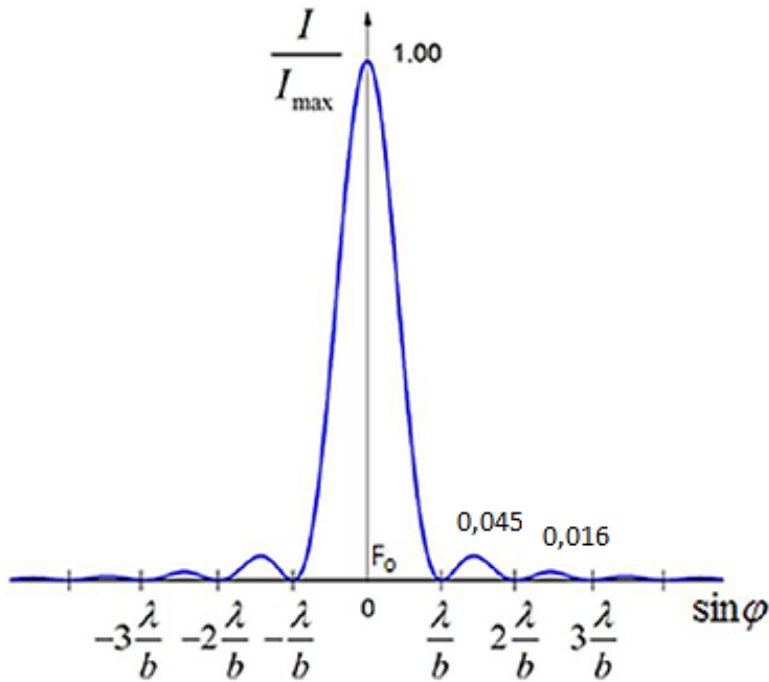
Положение, $\sin \varphi$	0	$\pm \lambda/2b$	$\pm \lambda/b$	$\pm 3\lambda/2b$	$\pm 2\lambda/b$
название	нулевой максимум	плечо нул. максимума	первый минимум	первый максимум	второй минимум
векторные диаграммы					
Амплитуда	$E_0^*$	$E'_0 = \frac{2E_0^*}{\pi}$	0	$E_1 = \frac{2E_0^*}{3\pi}$	0
Интенсивность	$I_0 \sim (E_0^*)^2$	$\approx 0,4 I_0$	0	$0,045 I_0$	0

# Дифракция Фраунгофера на щели

Распределение интенсивности при дифракции Фраунгофера на щели и векторные диаграммы для характерных точек картины



# Дифракция Фраунгофера на щели



$$I_{\varphi} = I_0 \frac{\sin^2 \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}}{\left( \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda} \right)^2}, \quad I_0 = N^2 I_1$$

Положения **максимумов** данной функции получают из условия

$$\frac{d}{dx} \left| \frac{\sin x}{x} \right| = 0 \quad \text{или} \quad \text{tg}(x) = x,$$

где  $x = \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}$

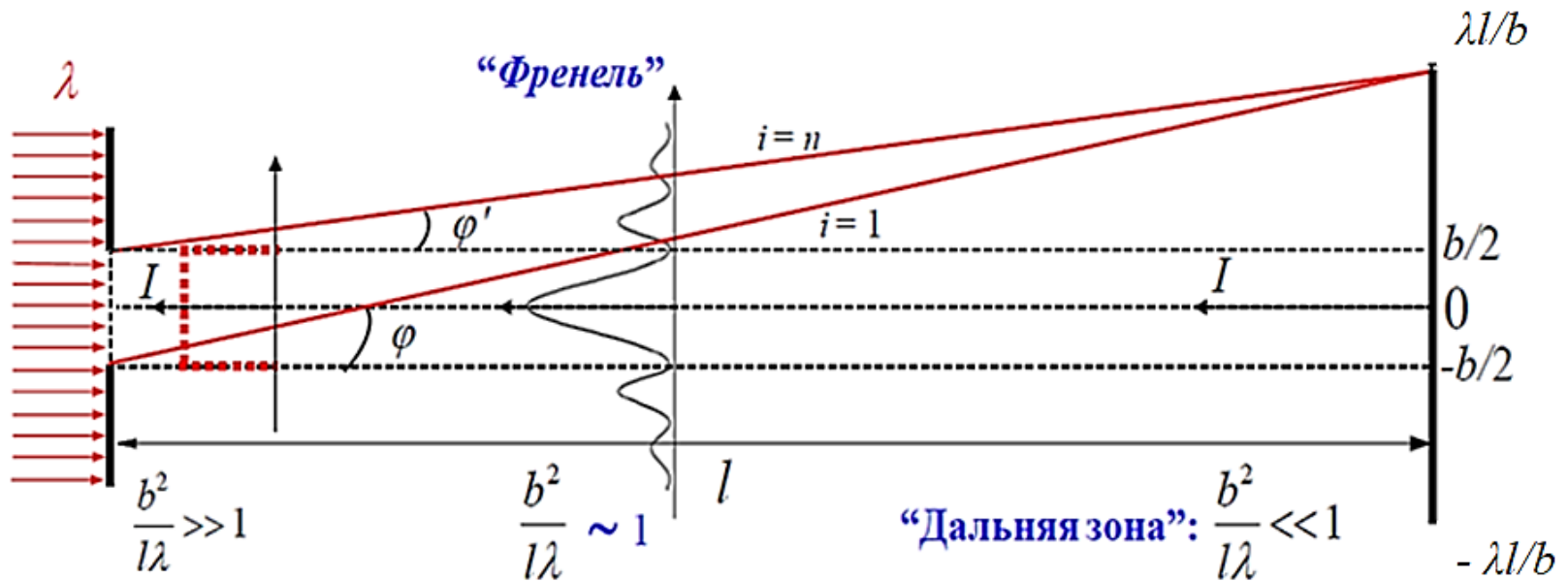
Решения уравнения:

$$x_{1\max} = 1,43 \pi \approx 3\pi/2$$

$$x_{2\max} = 2,46 \pi \approx 5\pi/2$$

$$x_{3\max} = 3,47 \pi \approx 7\pi/2 \dots$$

# Классификация дифракционных явлений

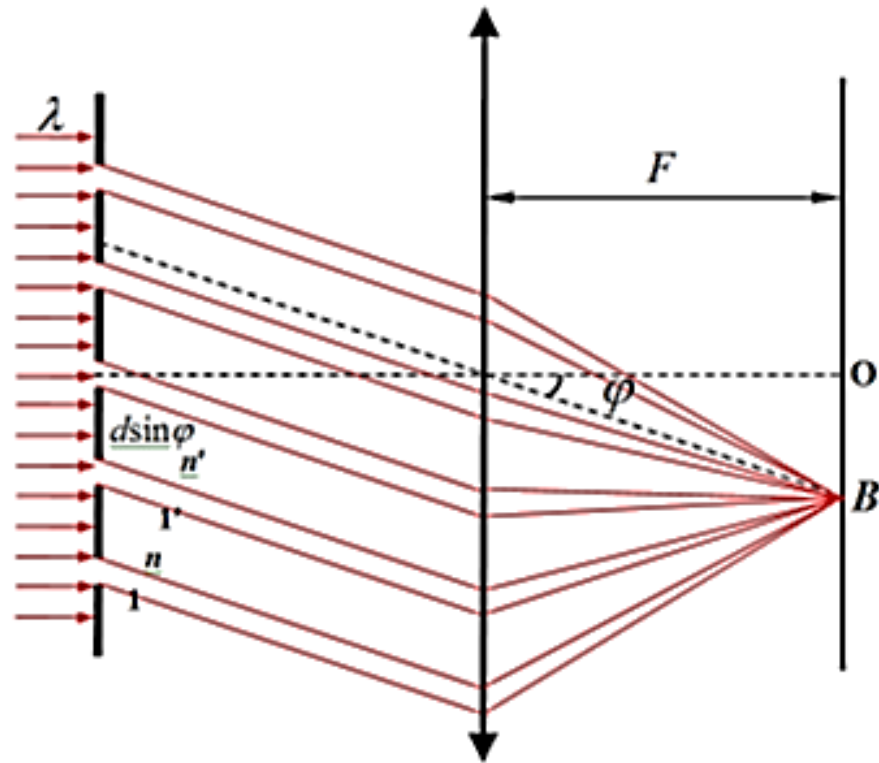


$\frac{b^2}{l\lambda} \ll 1$  - математическое условие наблюдения дифракции Фраунгофера

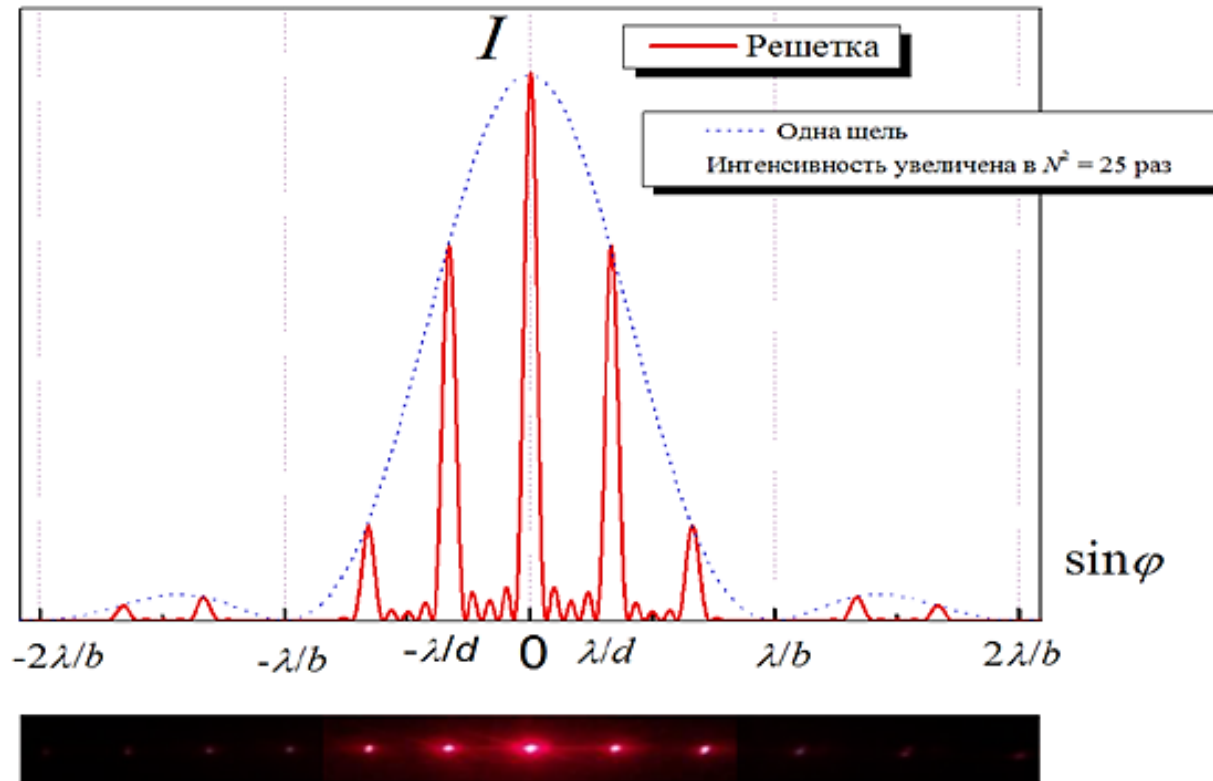
$\frac{b^2}{l\lambda} \sim 1$  - математическое условие наблюдения дифракции Френеля

$\frac{b^2}{l\lambda} \gg 1$  - выполняются законы геометрической оптики

# Дифракционная решётка



# Дифракционная решётка



# Дифракционная решётка

Условие главных минимумов

$$b \sin \varphi = m' \lambda, \quad \text{где} \quad m' = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

Условие главных максимумов

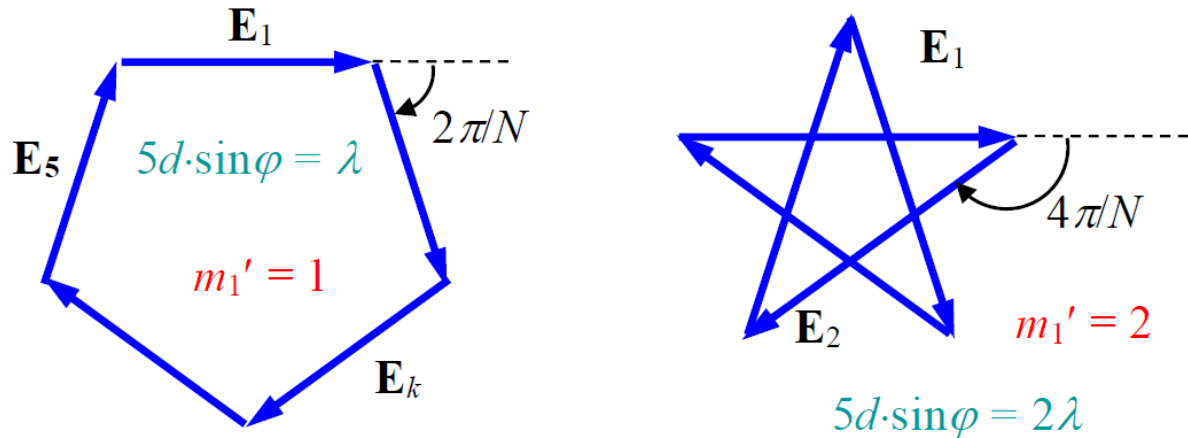
$$d \cdot \sin \varphi = m \cdot \lambda, \quad \text{где} \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

Максимальный порядок дифракции

$$m_{\max} = \left[ \frac{d}{\lambda} \right]$$

# Дифракционная решётка

К объяснению формирования дополнительных минимумов для решетки из 5 щелей



$$d \cdot \sin \varphi = \pm \frac{1}{5} \lambda, \pm \frac{2}{5} \lambda, \pm \frac{3}{5} \lambda, \pm \frac{4}{5} \lambda, \pm \frac{6}{5} \lambda, \pm \frac{7}{5} \lambda, \pm \frac{8}{5} \lambda, \dots$$

а "здесь" располагается главный максимум 1-го порядка

Условие дополнительных минимумов

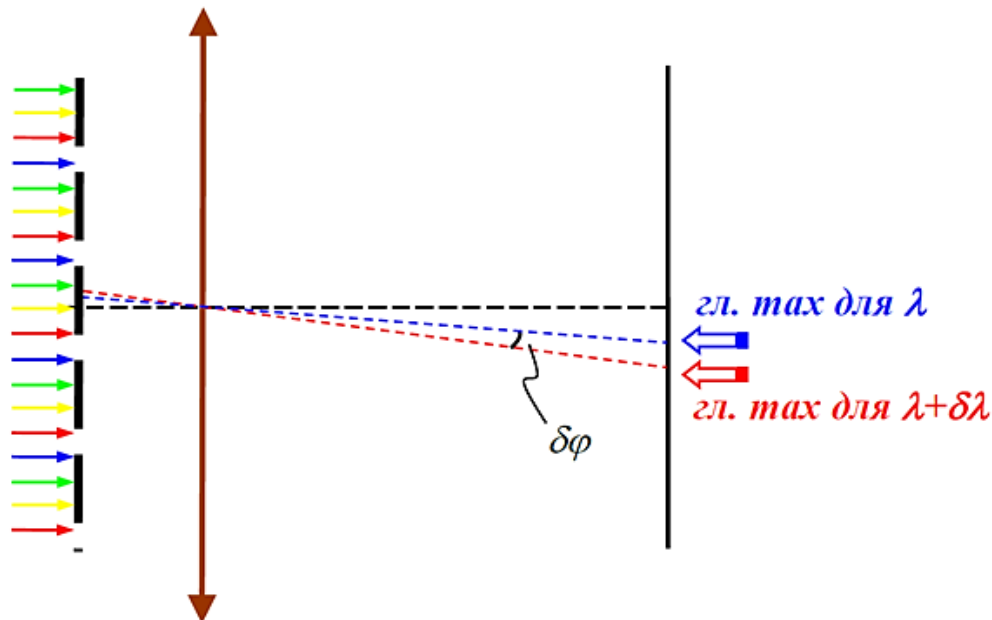
$$Nd \cdot \sin \varphi = m_1' \cdot \lambda, \quad \text{где } m_1' = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm (N-1), \pm (N+1), \dots$$

Между любыми соседними главными максимумами располагается  $N - 1$  дополнительных минимумов, а значит, и  $N - 2$  дополнительных максимума

# Дифракционная решётка как спектральный аппарат. Угловая и линейная дисперсия

*Опр. Угловая дисперсия равна отношению изменения направления ( $\delta\varphi$ ) на главный максимум дифракции при малом изменении длины волны падающего света  $\lambda$  к величине этого изменения  $\delta\lambda$*

$$D_{\varphi} = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda}$$



# Дифракционная решётка как спектральный аппарат. Угловая и линейная дисперсия

Угловая дисперсия в спектре  $m$ -го порядка

$$D_{\varphi} \cong \frac{m}{d \cos \varphi}.$$

Угловая дисперсия *тем больше*, чем больше порядок спектра и меньше период дифракционной решётки

Линейная дисперсия

$$D_x = \frac{\delta x}{\delta \lambda}.$$

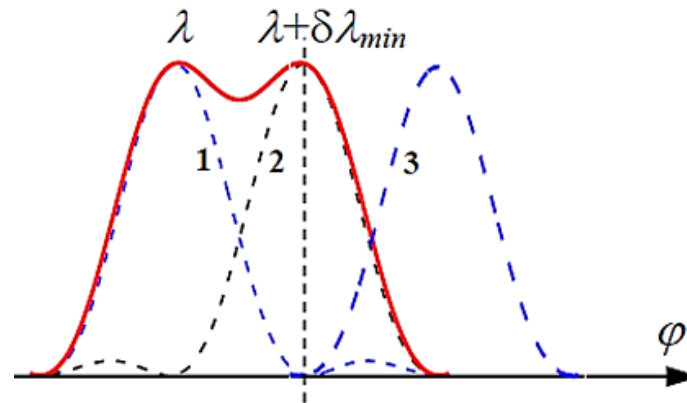
$\delta x$  – расстояние между спектральными линиями (например, на фотопленке)

# Дифракционная решётка как спектральный аппарат. Разрешающая способность

*Опр. Разрешающая способность равна отношению длины волны  $\lambda$ , на которой проводятся измерения, к минимальной разрешаемой данным аппаратом разнице в длинах волн  $\delta\lambda_{\min}$*

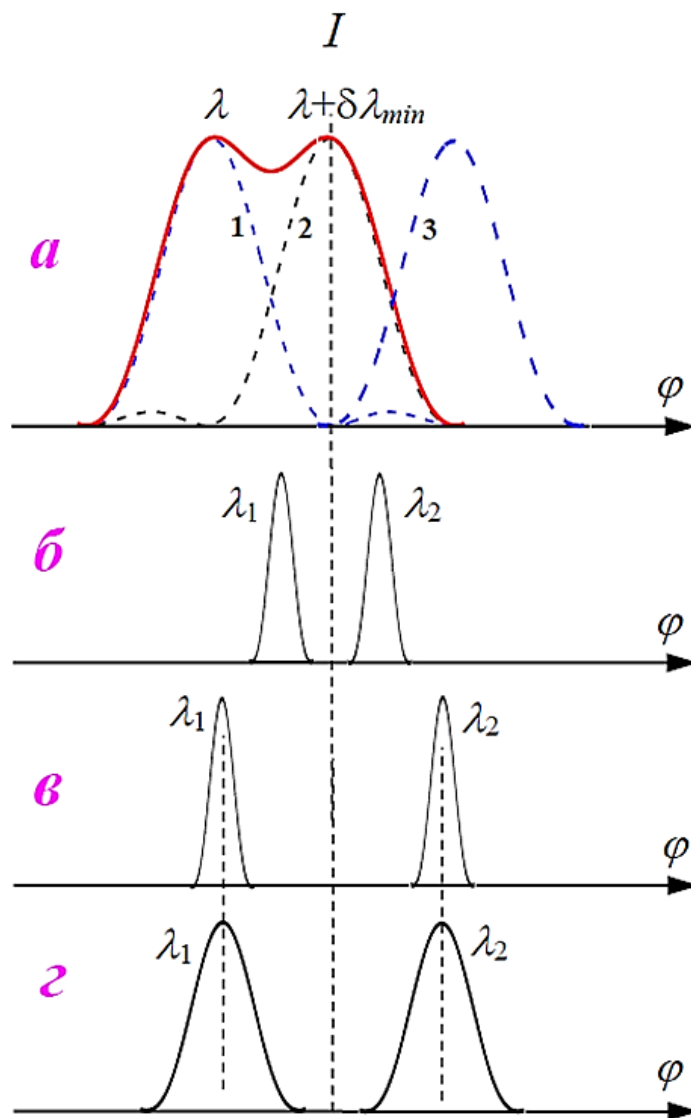
$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda_{\min}}$$

$I$



$$R = mN.$$

# Дифракционная решётка как спектральный аппарат. Разрешающая способность



# Дифракционная решётка как спектральный аппарат. Разрешающая способность

Линейчатый спектр излучения ртутной лампы

