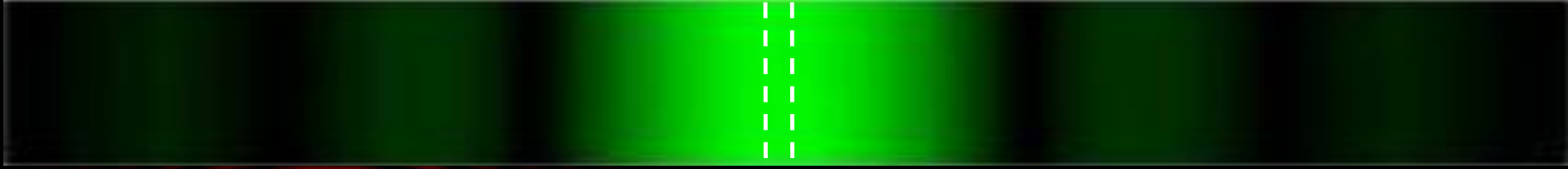


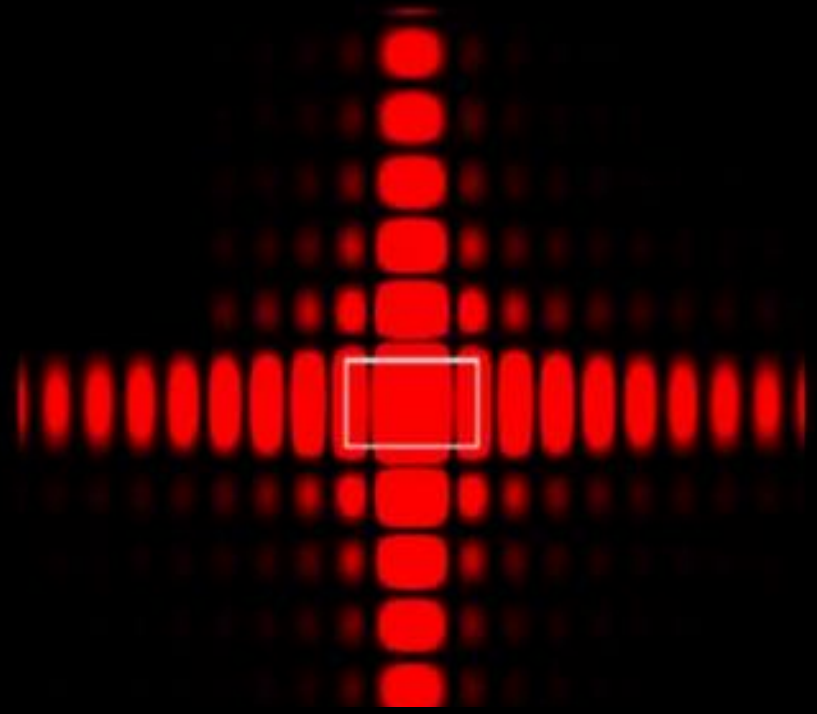
# Лекция 11. Дифракция Фраунгофера



щель



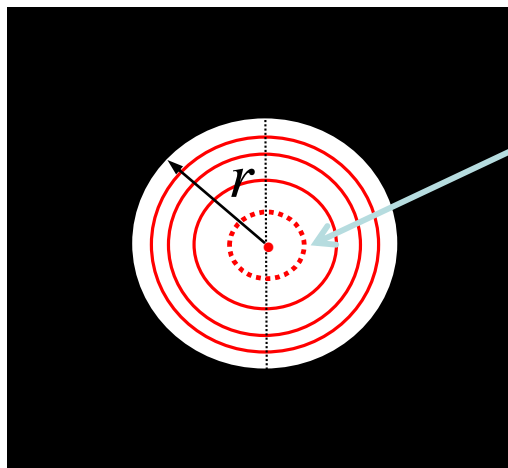
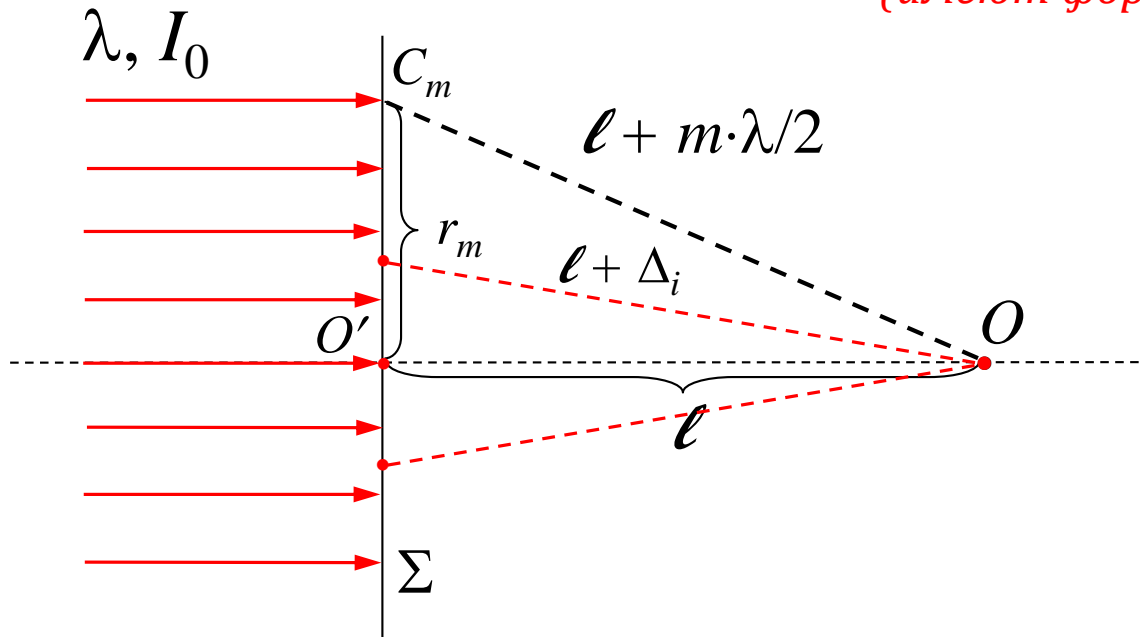
Круглое отверстие



Прямоугольное отверстие

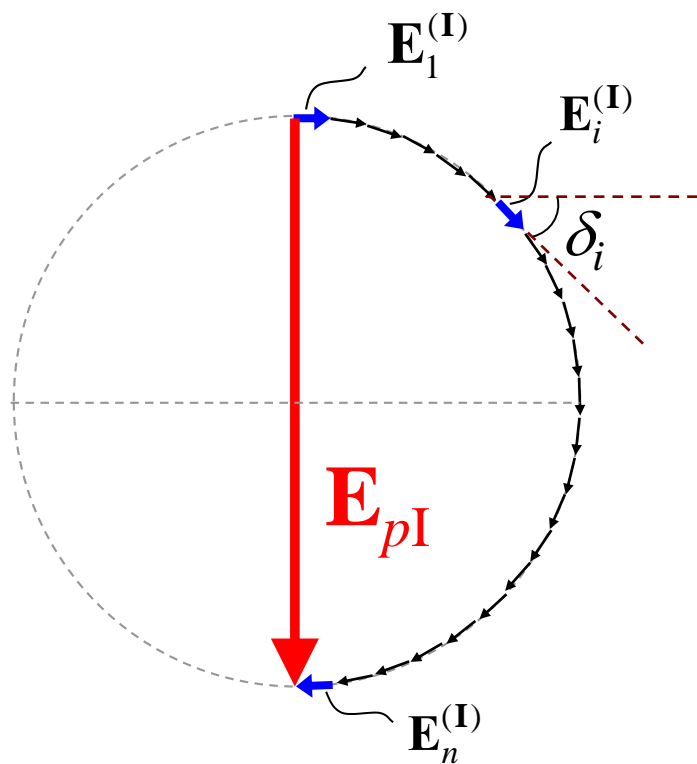
## 2.1. Спираль Френеля

*Вторичные источники (и зоны Френеля)  
(имеют форму!)*



*“i”-й вторичный источник и  
несколько первых зон Френеля  
внутри отверстия*

## 2.2. Основные результаты

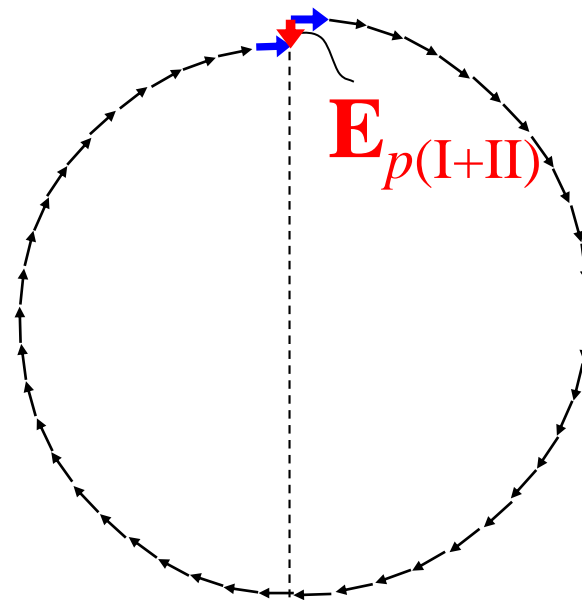


*a)* открыта одна зона Френеля

$$I = 4I_0$$

*max*

(нечётное число – *max*)



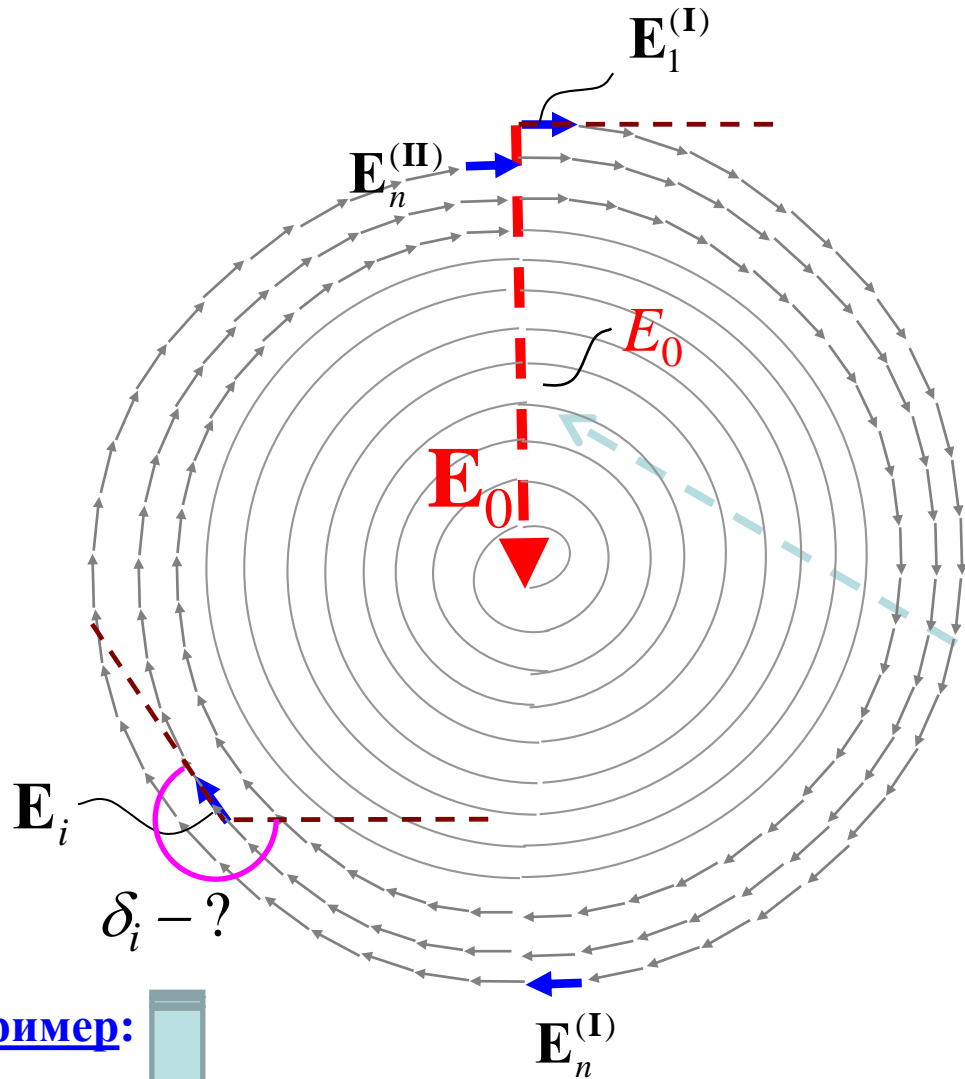
*б)* Открыто две зоны Френеля

$$I = 0$$

*min*

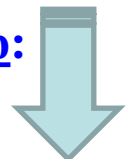
(чётное число – *min*)

# Спираль Френеля – векторы-колебания для центра дифракционной картины



*“Работают” ВСЕ  
вторичные источники  
(открытый волновой фронт) !!*

Пример:



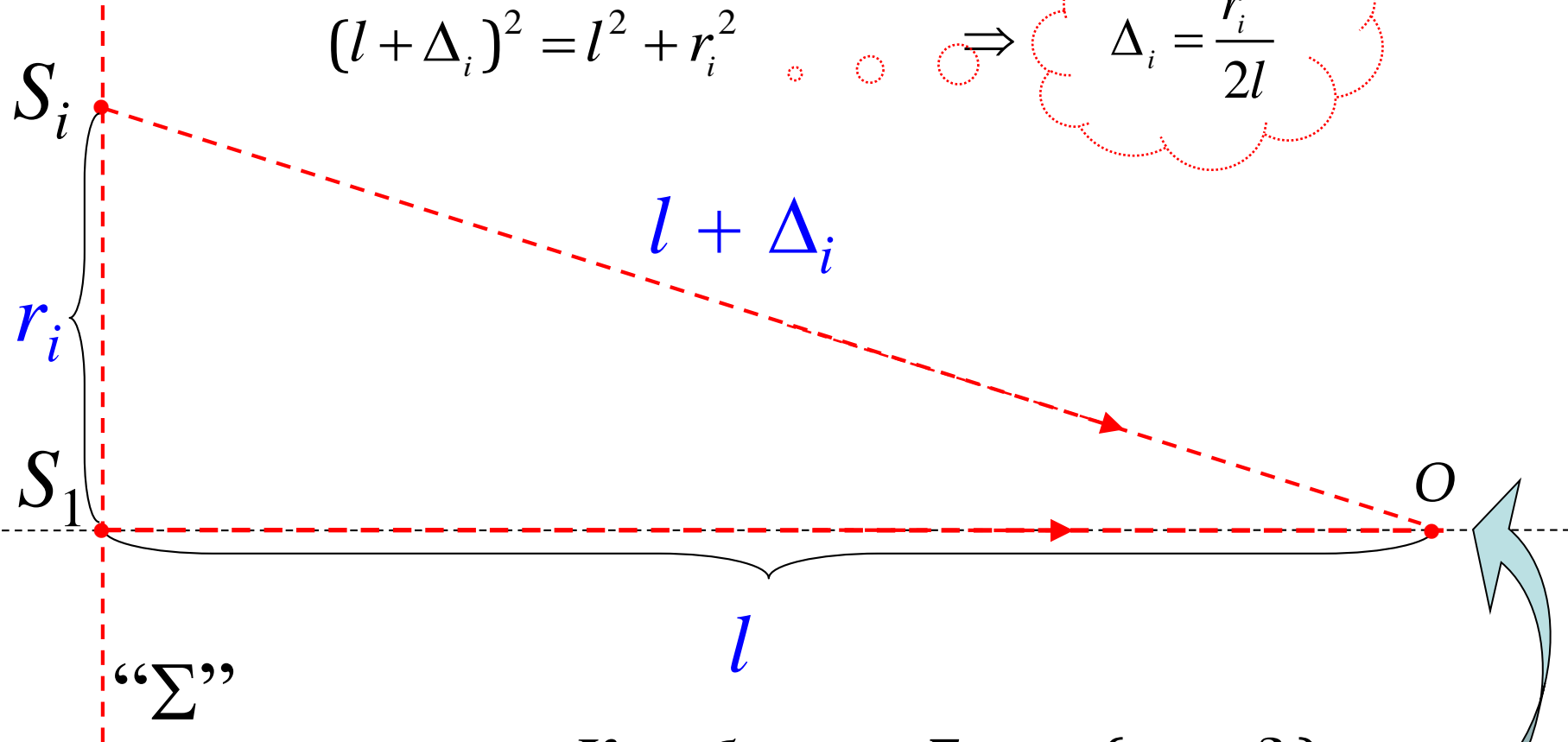
# Расчёт фазового запаздывания $\delta_i$ :

(для любого вторичного источника номером “i”)

$$(l + \Delta_i)^2 = l^2 + r_i^2$$

$\Rightarrow$

$$\Delta_i = \frac{r_i^2}{2l}$$



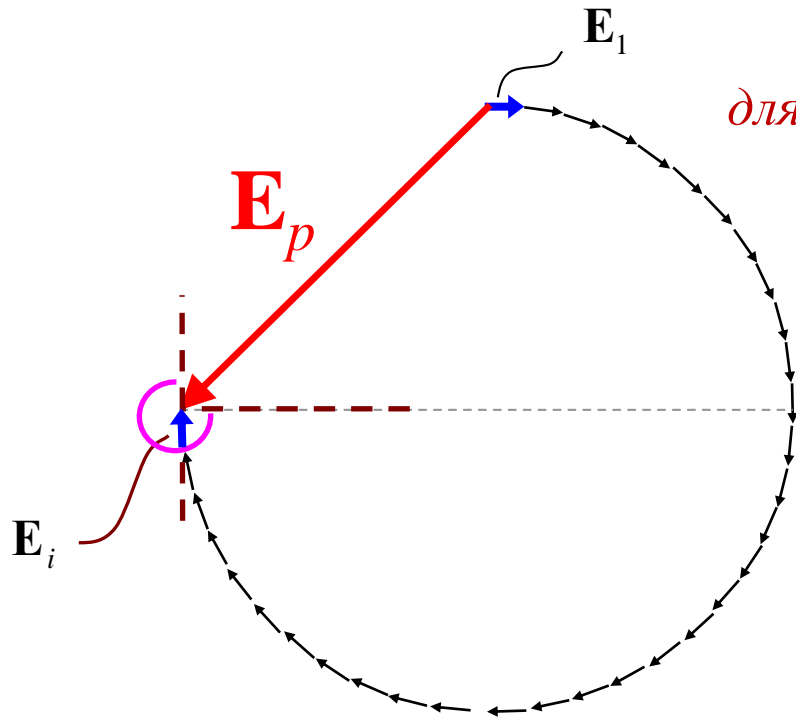
**Колебание:**  $E_{0i} \cdot \cos(\omega t - \delta_i)$

Запаздывает по фазе (!)  $-\delta_i$

$$\delta_i = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta_i$$

## Пример

На преграду с круглым отверстием радиуса  $r = 1$  мм падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 670$  нм (красный свет) и с интенсивностью  $I_0$ . Какова интенсивность света напротив отверстия в центре на расстоянии  $l = 1$  м за препятствием?



*Векторная диаграмма  
для центра дифракционной картины  
на расстоянии  $l$*

*$i$  – номер «последнего» вторичного  
источника внутри отверстия*

$$\delta_i = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{r^2}{2l} = \frac{r^2}{l\lambda} \cdot \pi = \frac{10}{6,7} \cdot \pi \cong \frac{3}{2} \pi$$

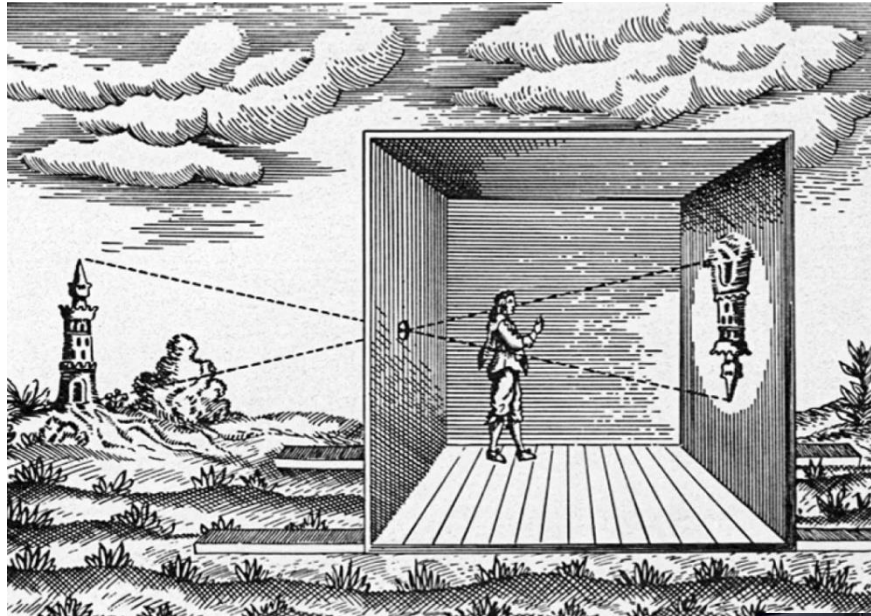
*А где «фокус»?*

$$l_1 = \frac{r^2}{\lambda}$$



*«Камера-обскура»*

# «Камера-обскура»



Эдинбург





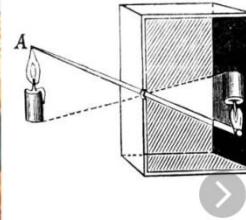
# «Камера-обскура»

$$r_1 = \sqrt{l\lambda}$$



$$l_1 = \frac{r^2}{\lambda}$$

$$"F" = \frac{r^2}{\lambda}$$

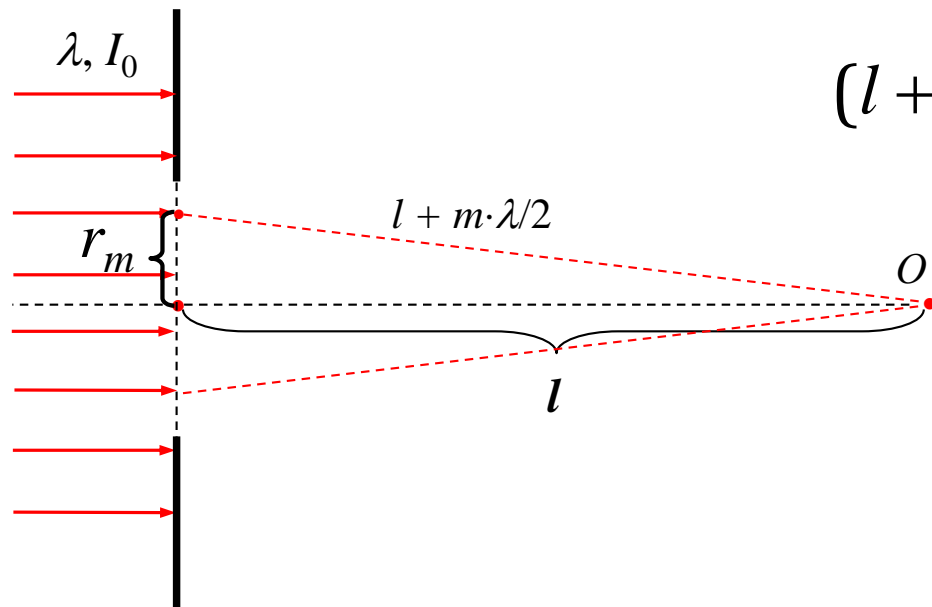


Фото, выполненное при помощи камеры



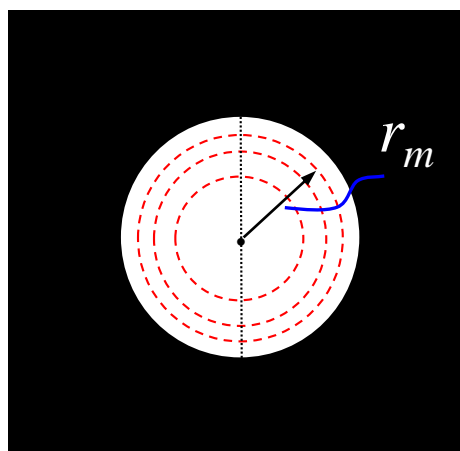


## 2.3. Размеры зон Френеля. Зонные пластинки



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

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



площади зон Френеля

$$S_m = \pi l \lambda$$

Радиусы зон Френеля

**Зонные пластинки**

Несколько первых зон Френеля внутри отверстия

# Зонные пластинки – амплитудные (A) и фазовые (Φ)

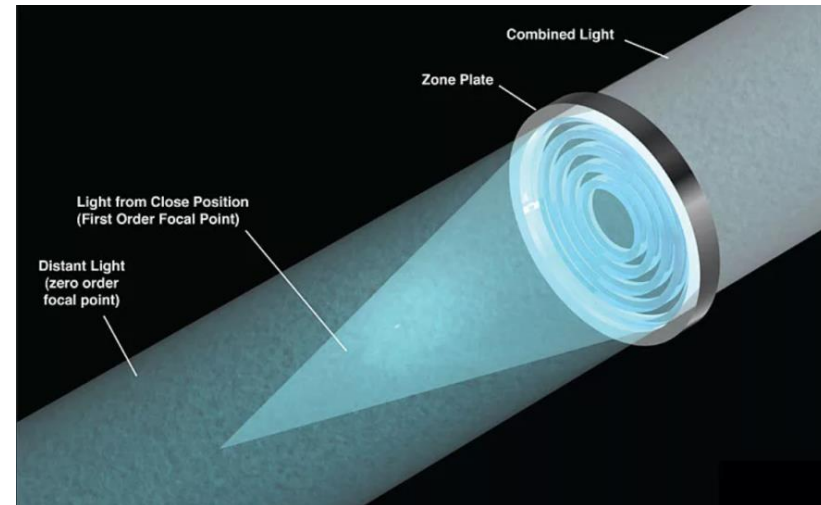
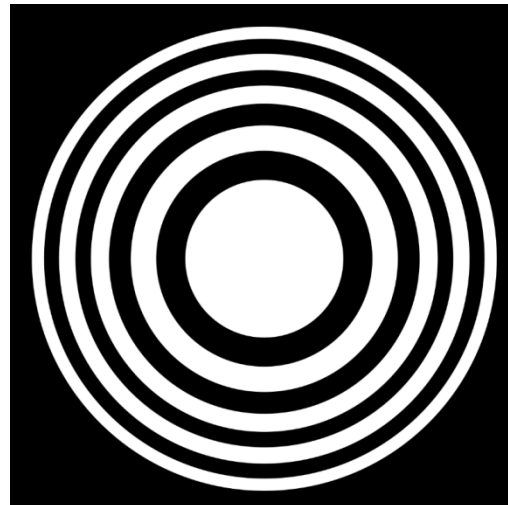
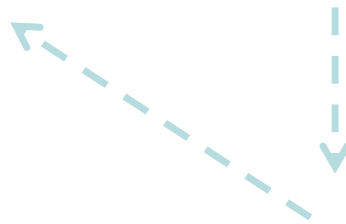
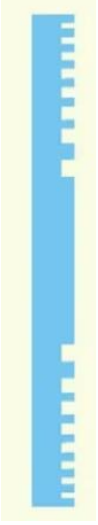
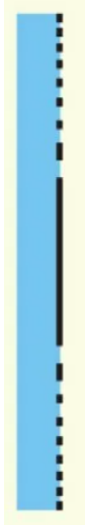
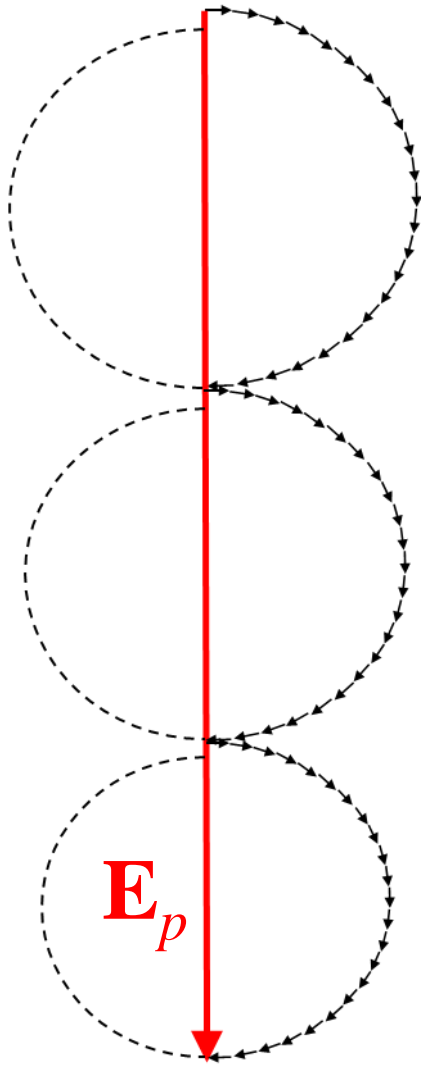
$$I^{(A)} = 4N^2 \cdot I_0$$

(амплитудная –  
«линза Вуда»)

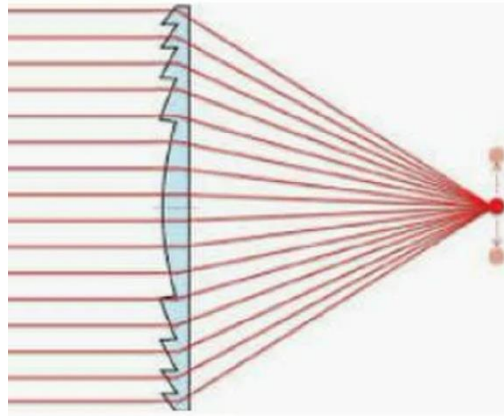
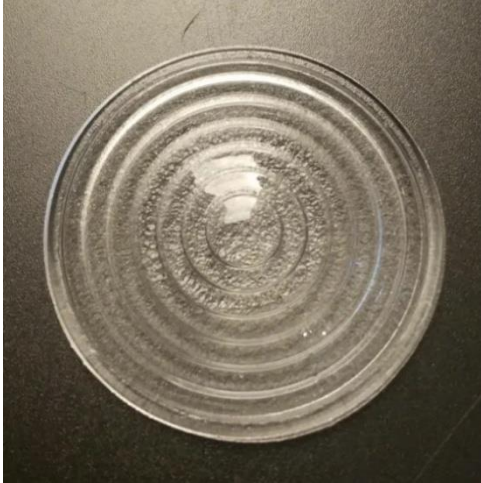
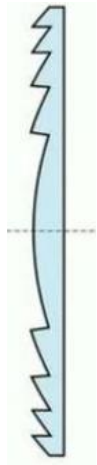
$$I^{(\Phi)} = 4 \cdot I^{(A)}$$

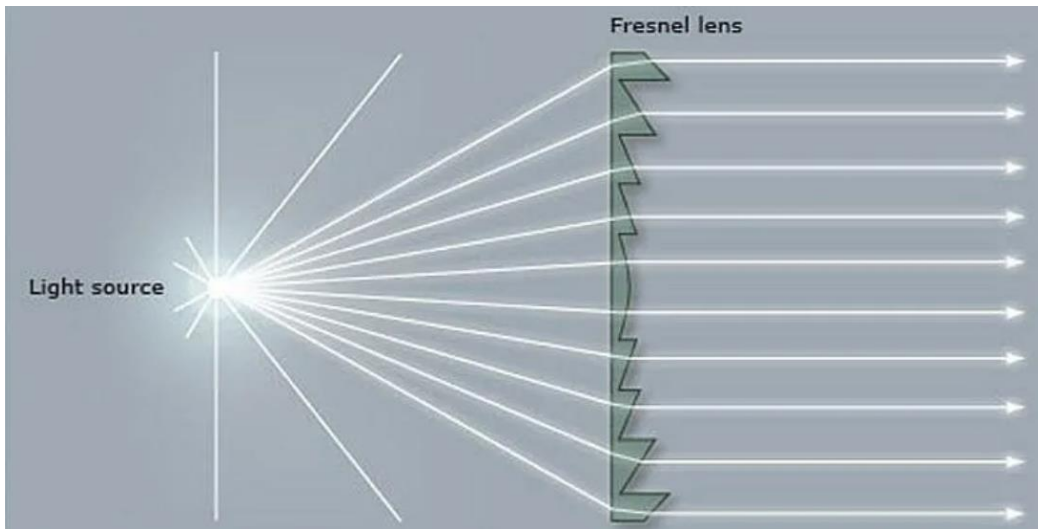
(фазовая –  
«линза Френеля»)

$$r_m = \sqrt{m \cdot F \cdot \lambda}$$



# Линзы Френеля





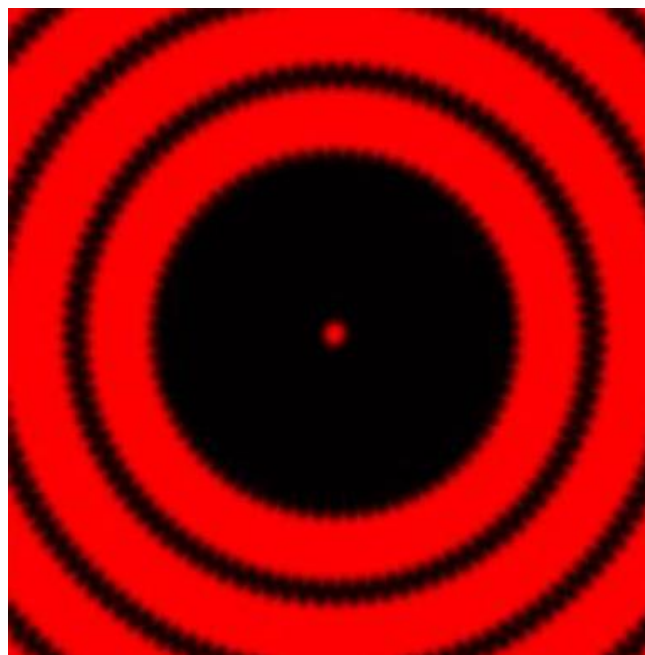
**3 EU**  
COMPANY



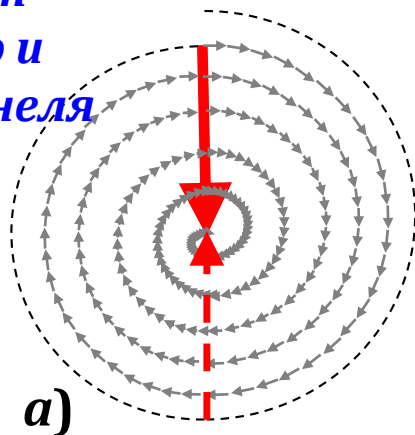




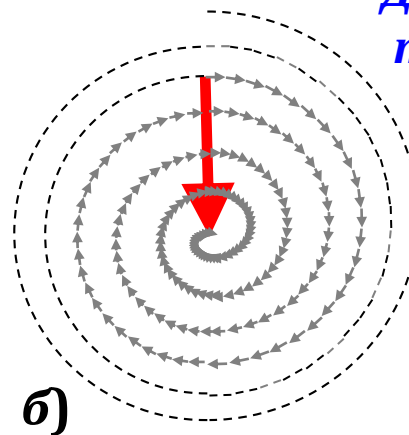
## 2.4. Дифракция на диске. Пятно Пуассона – Араго



*Диск закрывает  
первую / первую и  
вторую зоны Френеля*



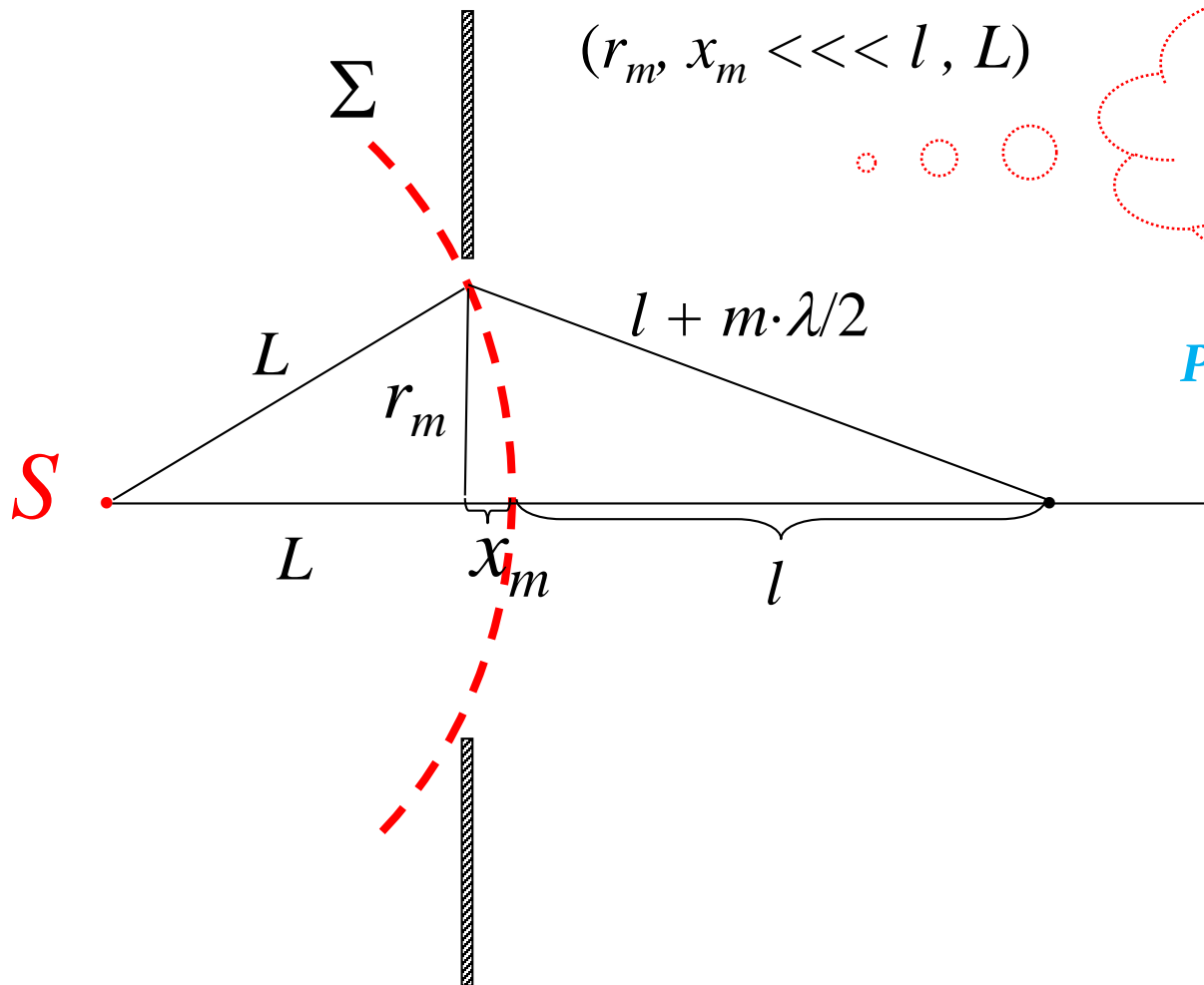
*Диск закрывает  
первые четыре  
зоны Френеля*





## 2.5. Замечания к § 2

### 1) Точечный источник (сферическая волна)



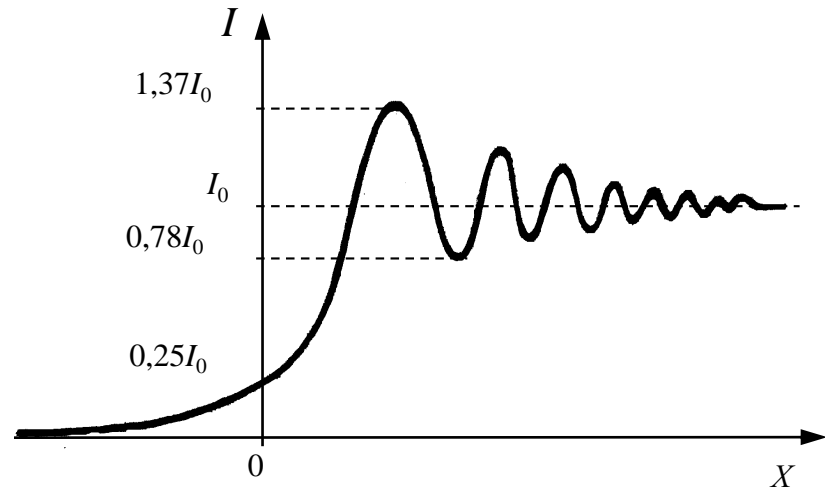
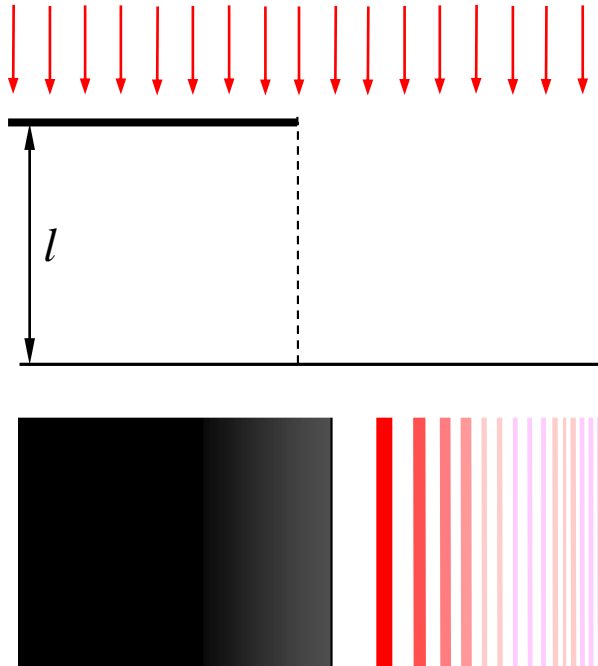
Радиусы зон Френеля

$$l^* = \frac{Ll}{L+l}$$

## 2) Форма препятствия

??

\*\*) Дифракция Френеля на полуплоскости и на щели !!



“Зоны Шустера” и “Спираль Корню” \*\*) см. old book стр. 97 - 104

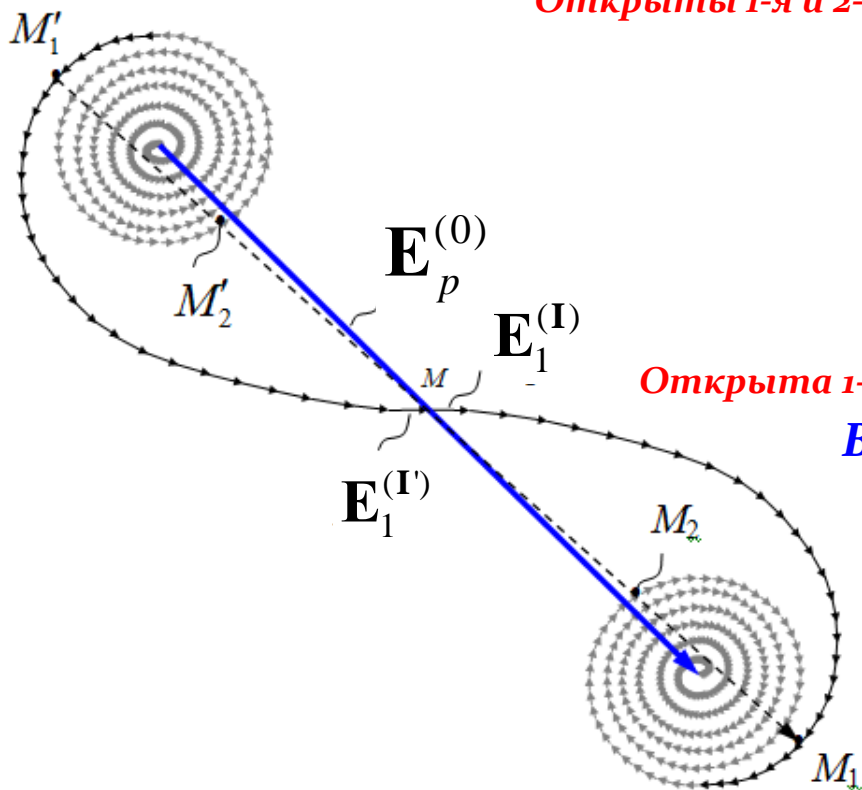
Дифракционная картина Френеля при дифракции на щели:

горизонтальная щель

**\*\*) Анализ:  
“Спираль Корню”**

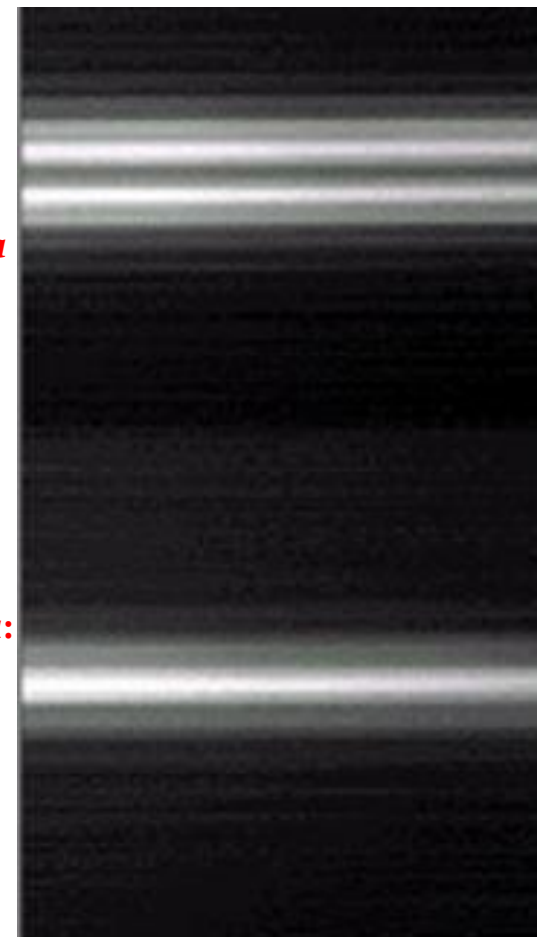
**В центре минимум !**

Открыты 1-я и 2-я зоны Френеля-Шустера

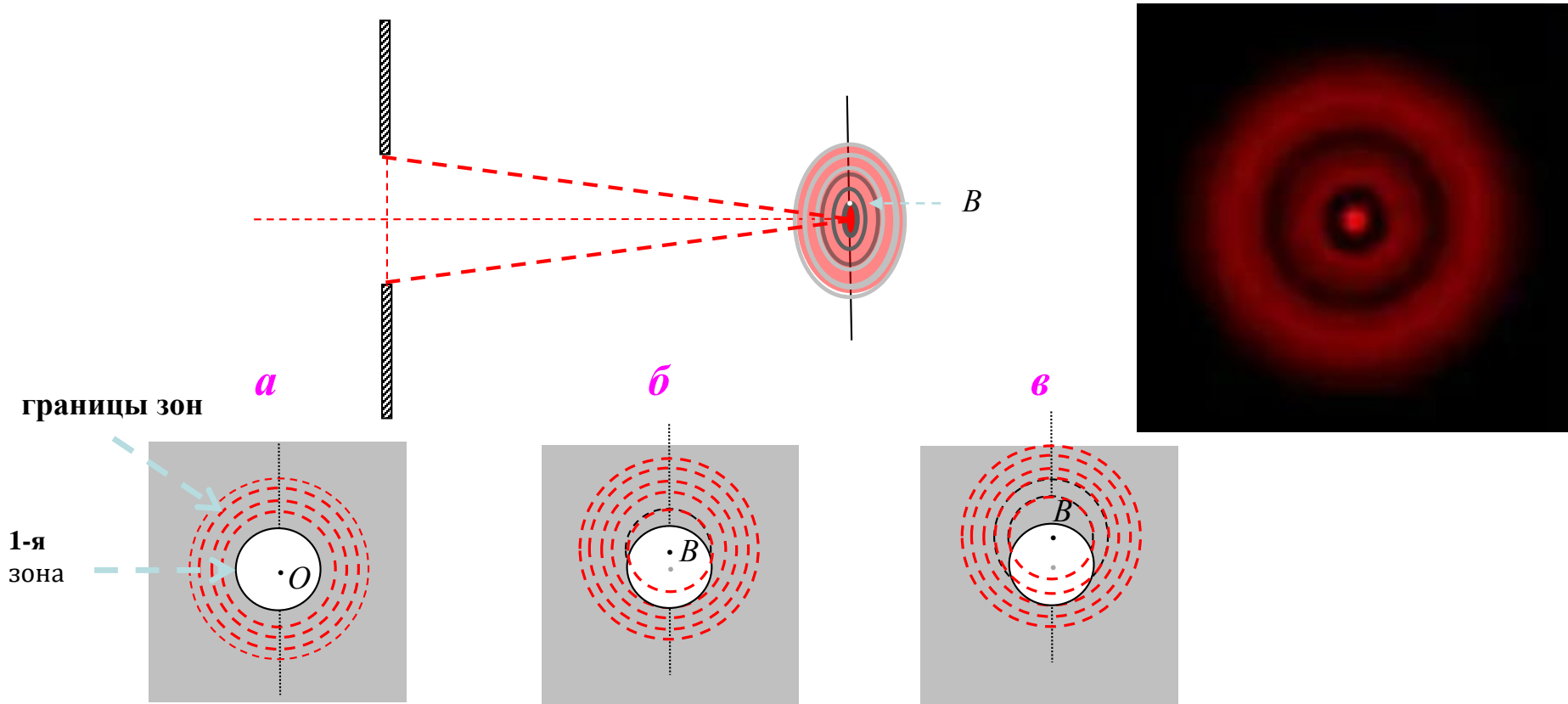


Открыта 1-я зона Френеля-Шустера:

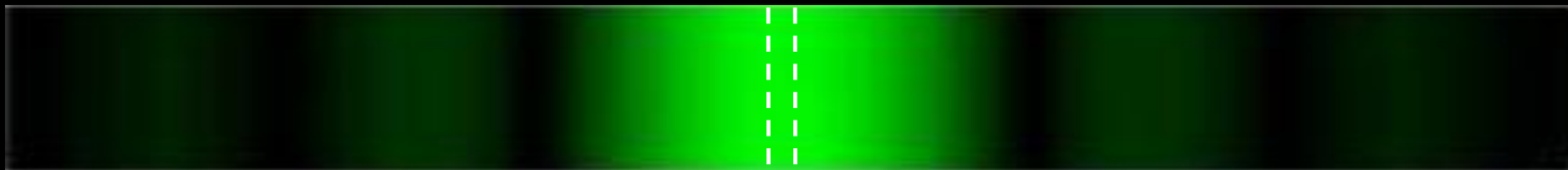
**В центре максимум**



3) <sup>\*\*)</sup> *Распределение интенсивности света по экрану –  
формирование дифракционной картины Френеля*



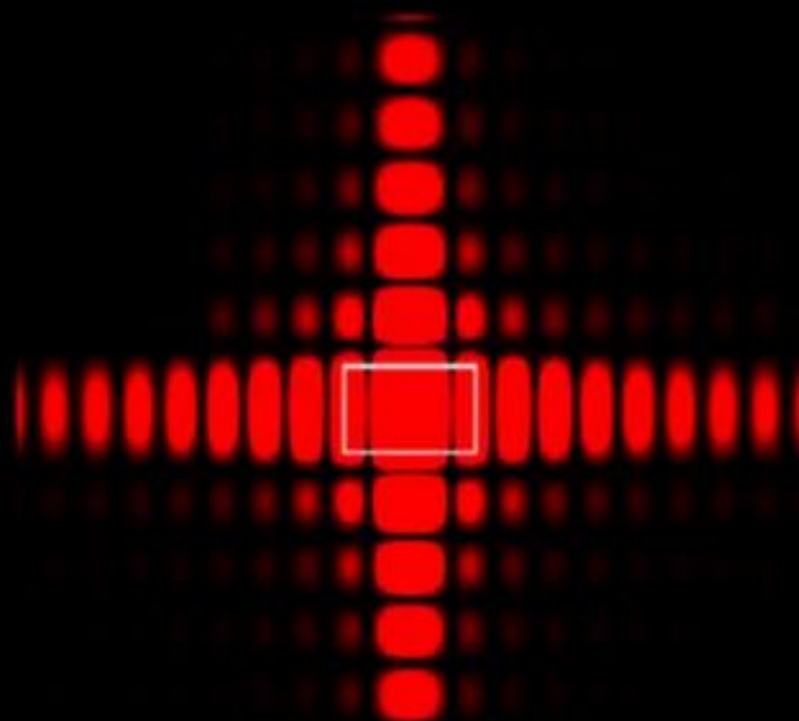
# Дифракция Фраунгофера



щель



Круглое отверстие

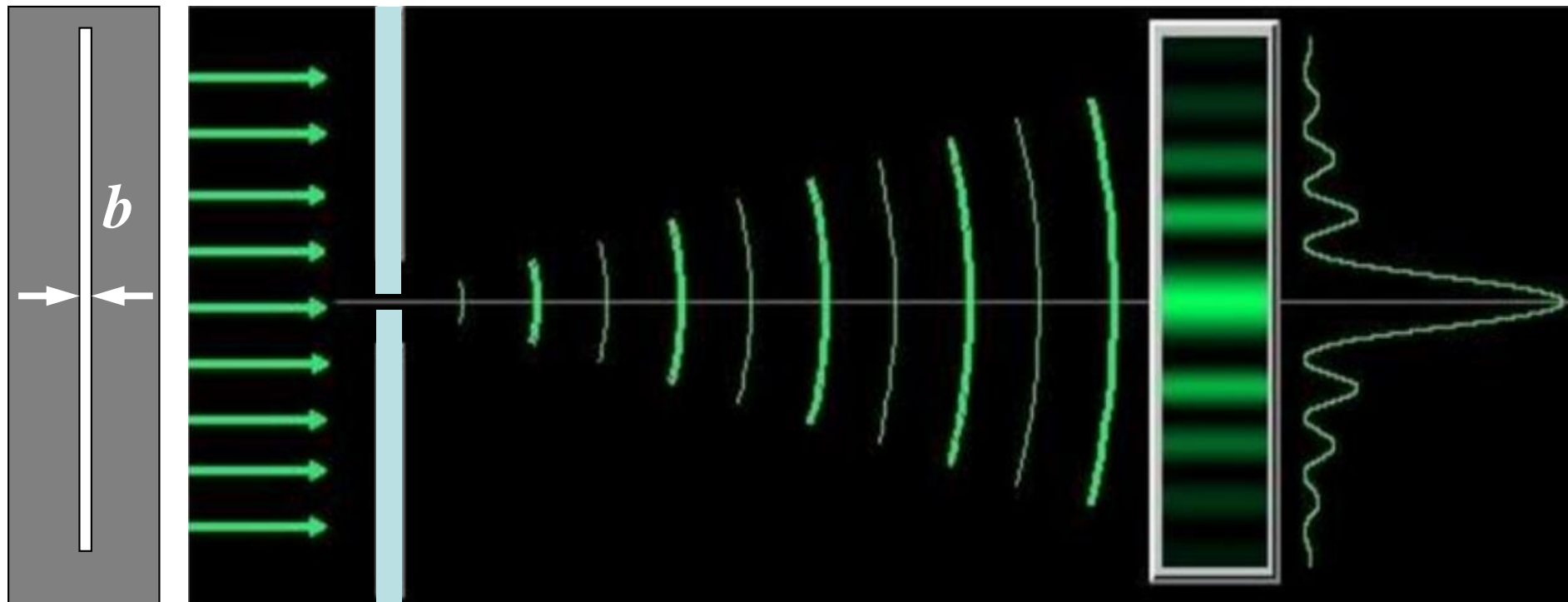


Прямоугольное отверстие

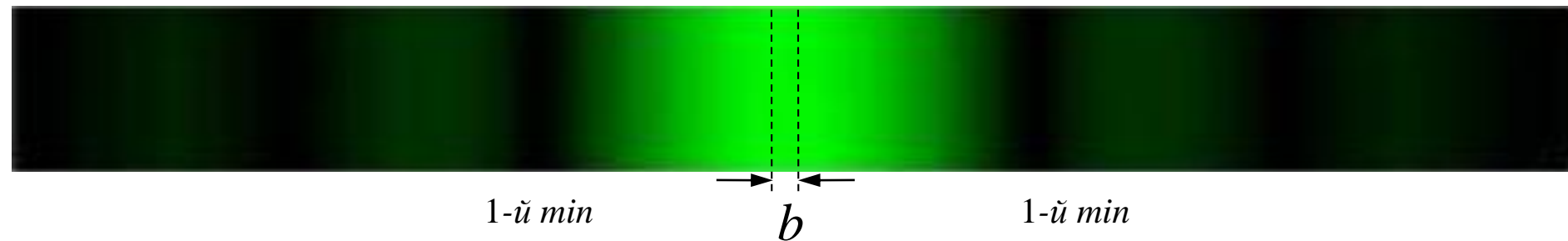
# § 1. Дифракция Фраунгофера на щели

## 3.1. Постановка задачи

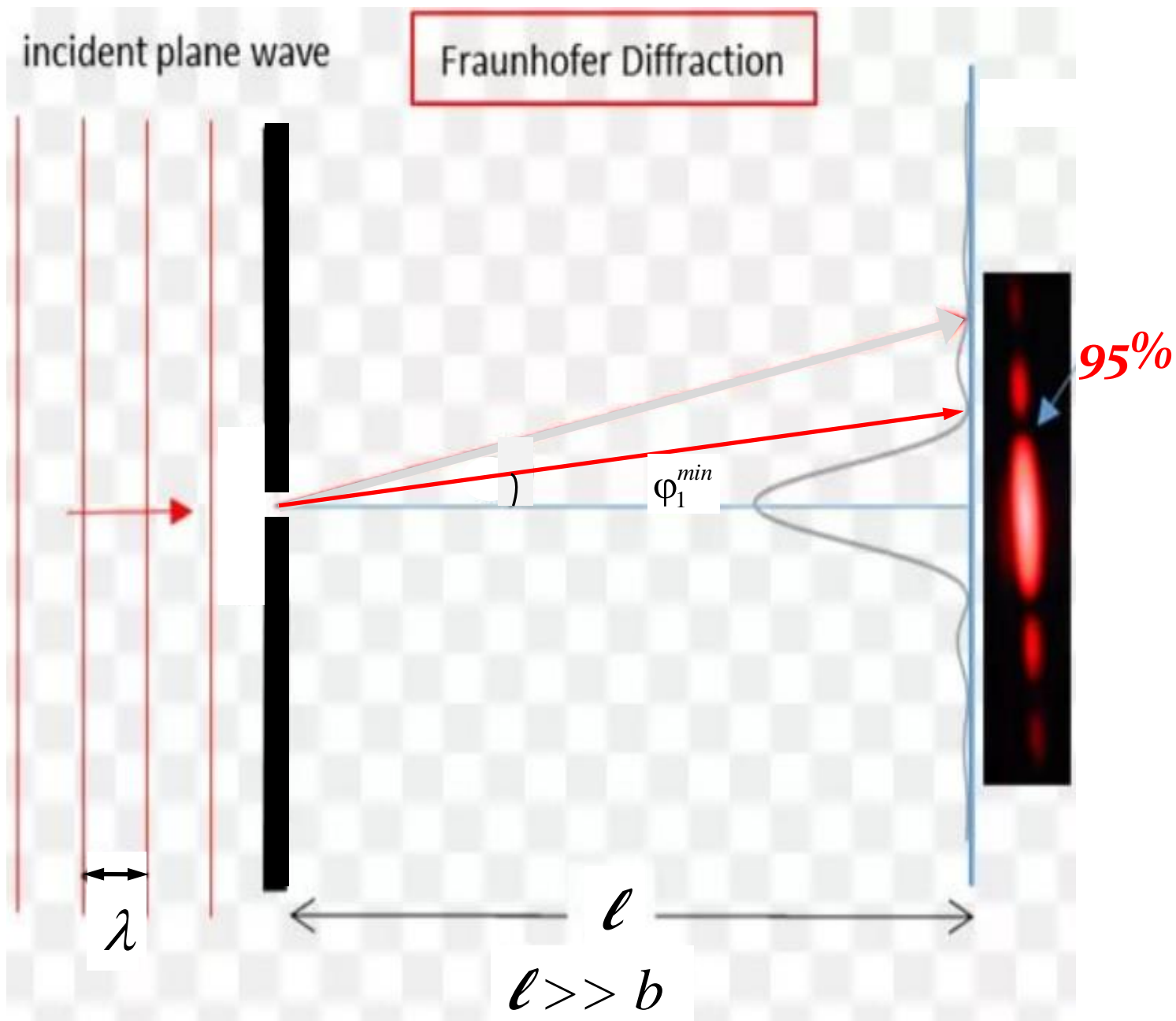
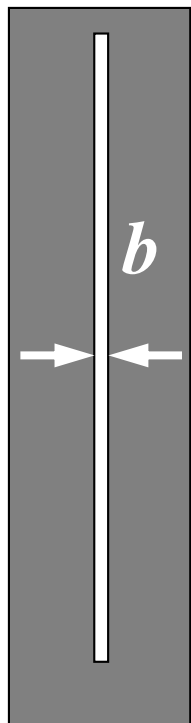
**Щель**



**Центральный максимум:  $\approx 95\%$  энергии**







### 3.2. Угловое распределение интенсивности – минимумы и максимумы

Ширина щели  $b$

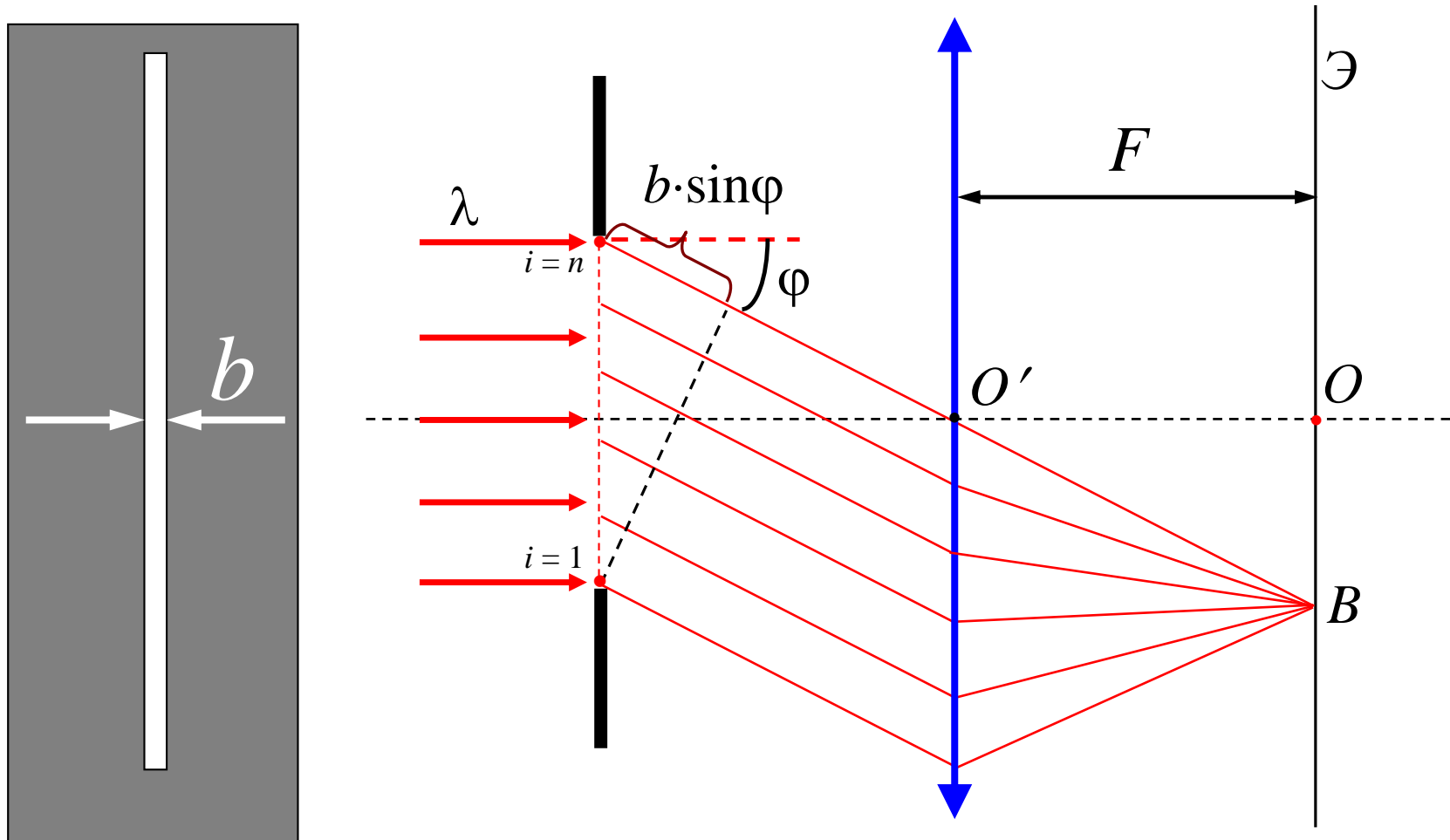
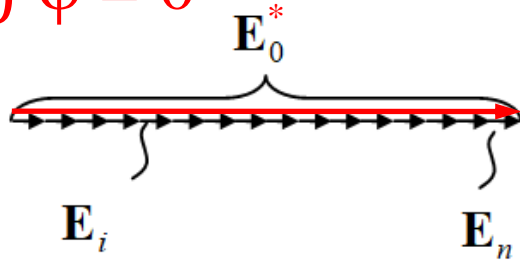


Рис. Схема наблюдения при дифракции Фраунгофера на щели

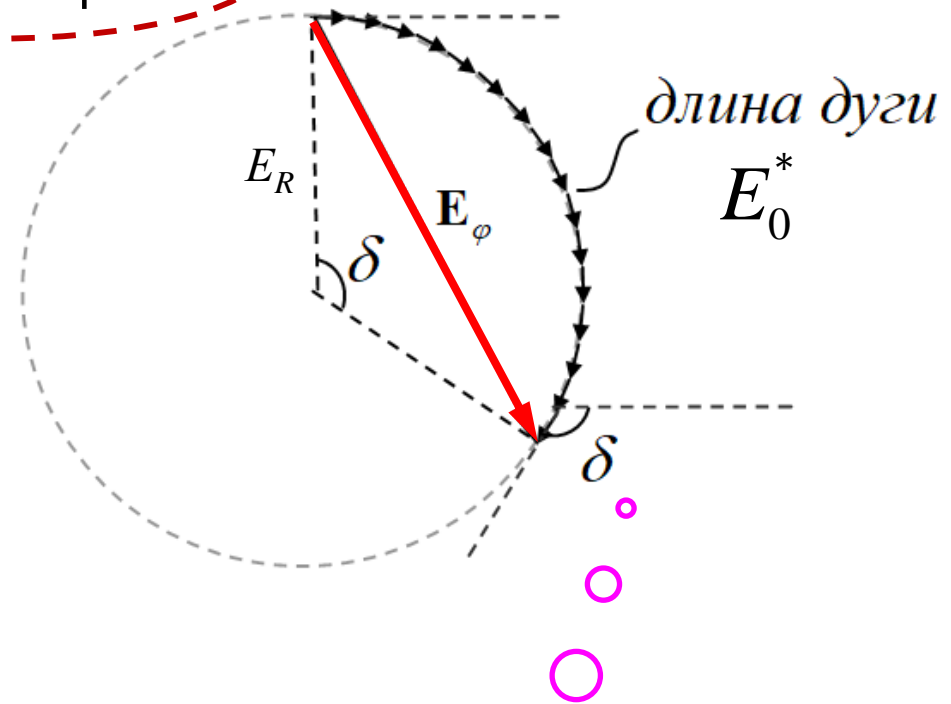
# Векторные диаграммы

а)  $\varphi = 0$

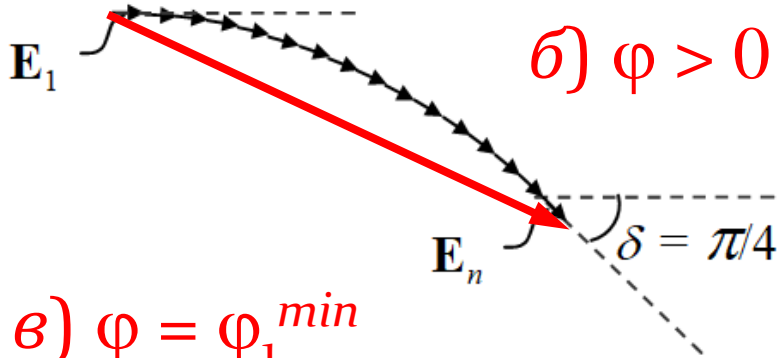


$$\Delta = b \sin \varphi !$$

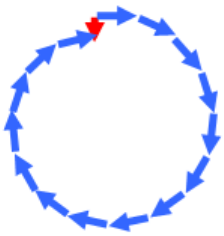
б)  $0 < \varphi < \varphi_1^{min}$



в)  $\varphi > 0$



г)  $\varphi = \varphi_1^{min}$

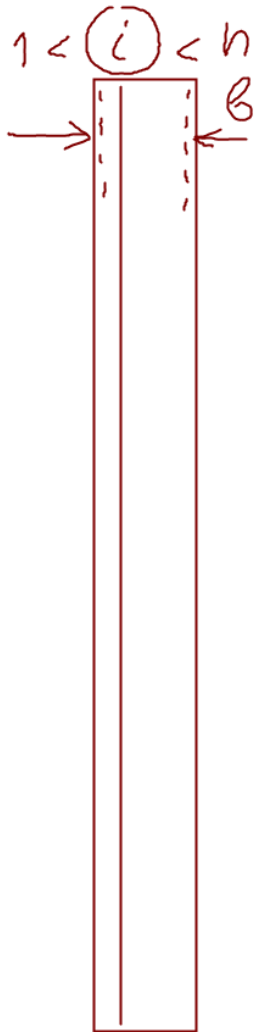


первый минимум

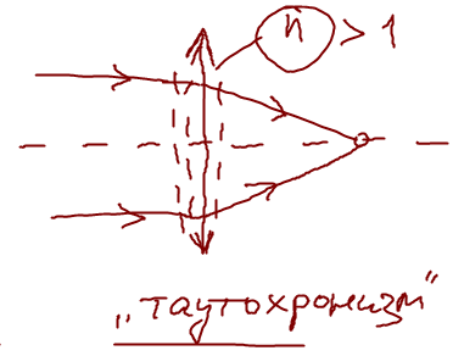
$$b \sin \varphi_1 = \pm \lambda$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot b \sin \varphi$$

# Доска



a),  $\varphi = 0$ , т. "0"



$I_0$

$E_0^*$  |  $I_0^* \sim (E_0^*)^2$

Смпа.  
 $\vec{E}$  в центре г. картины

b)  $0 < \varphi < \varphi_1^{(min)}$

$$\Delta = b \cdot \sin \varphi$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot b \sin \varphi$$

