

# Дифракция света



# *Характерным проявлением волновых свойств света*

*является **дифракция** света —*

*отклонение от*

*прямолинейного*

*распространения*

*на резких неоднородностях*

*среды*



# *Дифракция была открыта*

*Франческо Гримальди в конце XVII в.*

*Объяснение явления дифракции света дано Томасом Юнгом и Огюстом Френелем, которые не только дали описание экспериментов по наблюдению явлений интерференции и дифракции света, но и объяснили свойство прямолинейности распространения света с позиций волновой теории*



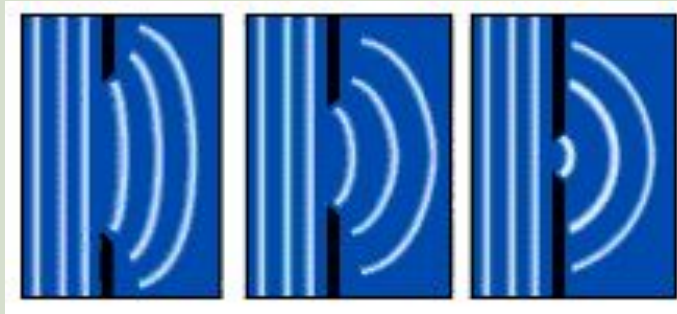
# Принцип Гюйгенса:

*каждая точка волновой поверхности  
является источником вторичных  
сферических волн*



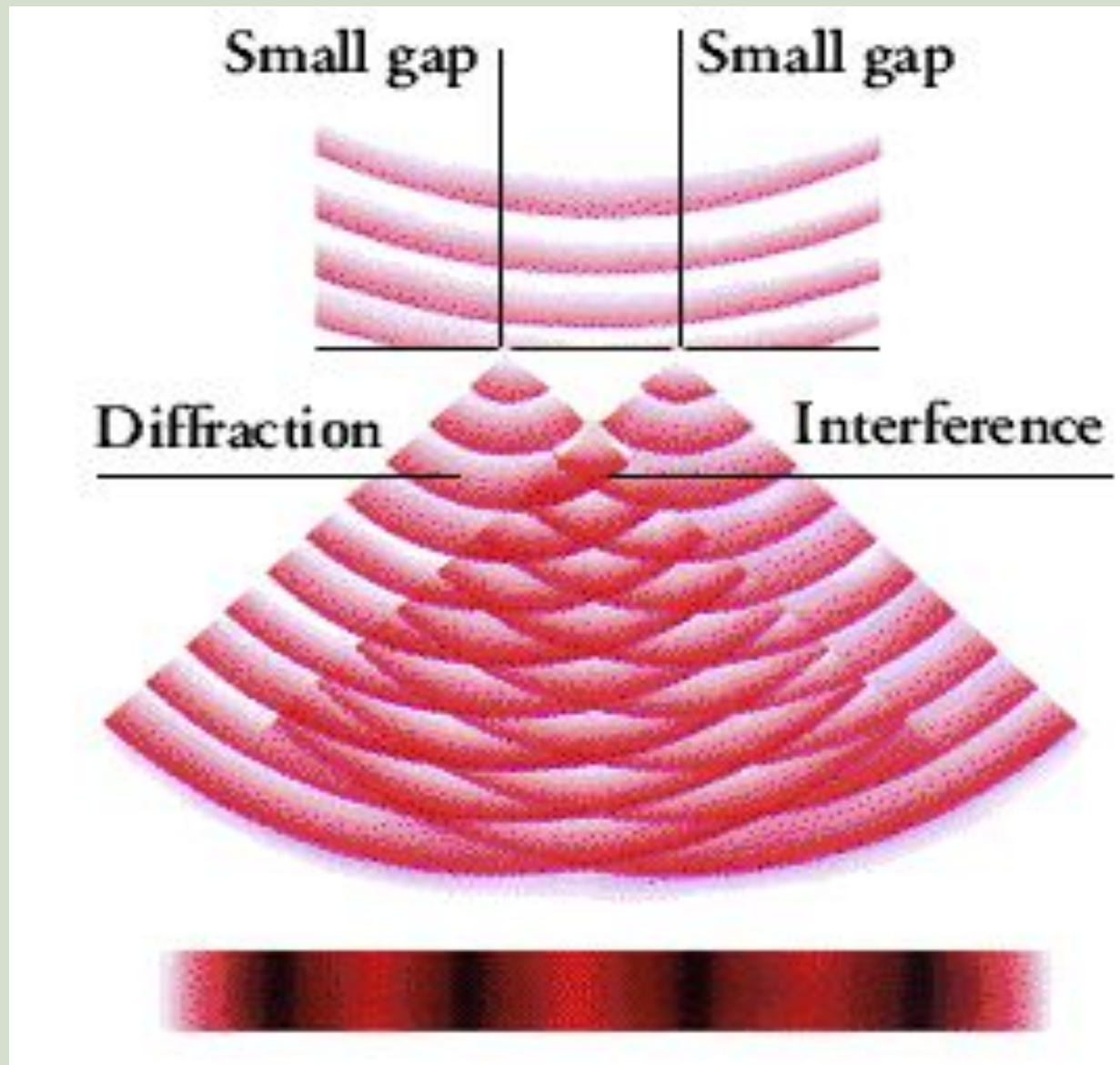
# Принцип Гюйгенса-Френеля:

*каждая точка волновой поверхности является  
источником вторичных сферических волн,*

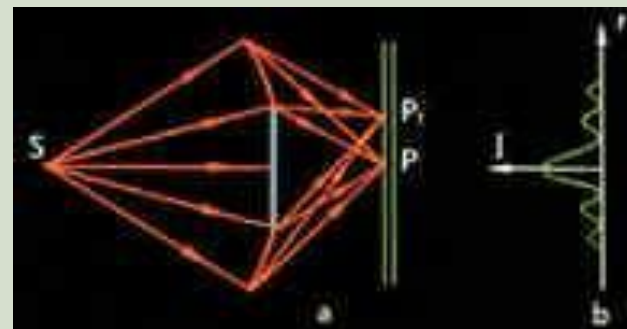
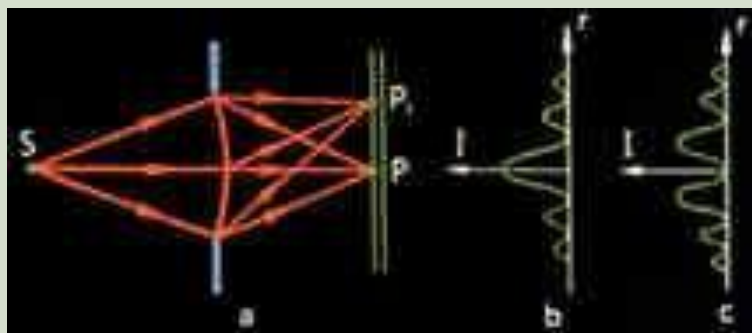
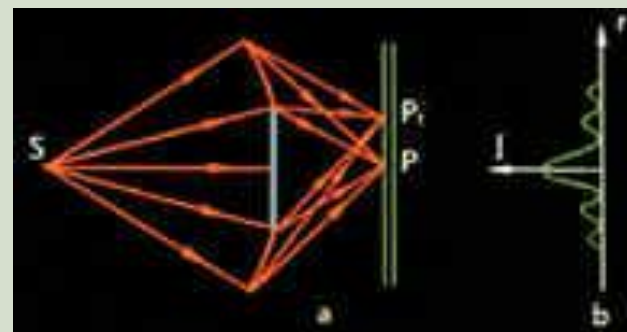
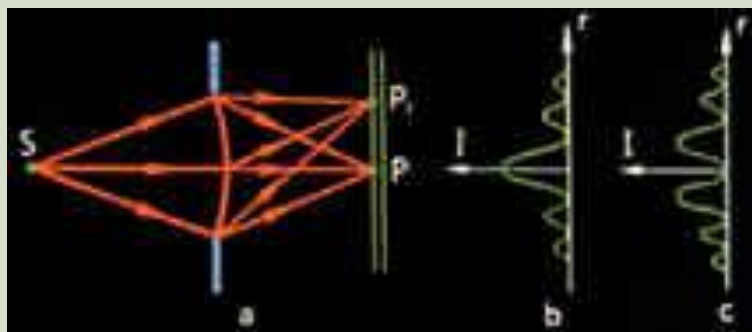


*которые интерферируют между собой*

# Дифракционная картина

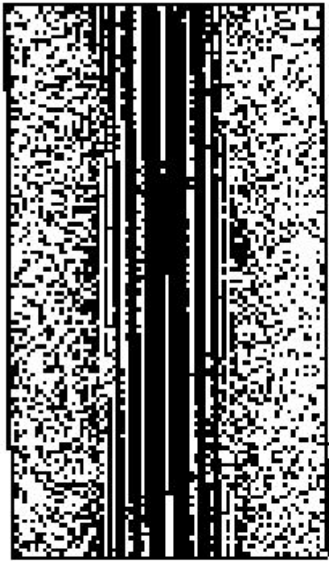


# Построение дифракционной картины от круглого отверстия и круглого непрозрачного экрана

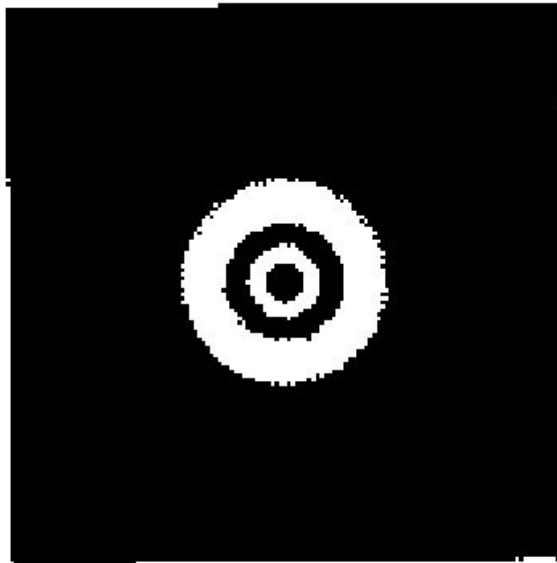


## Дифракция от различных препятствий:

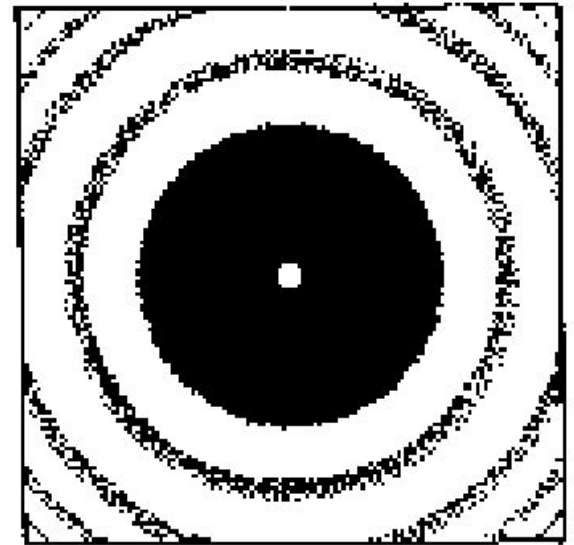
- а) от тонкой проволоочки;
- б) от круглого отверстия;
- в) от круглого непрозрачного экрана.



а)



б)

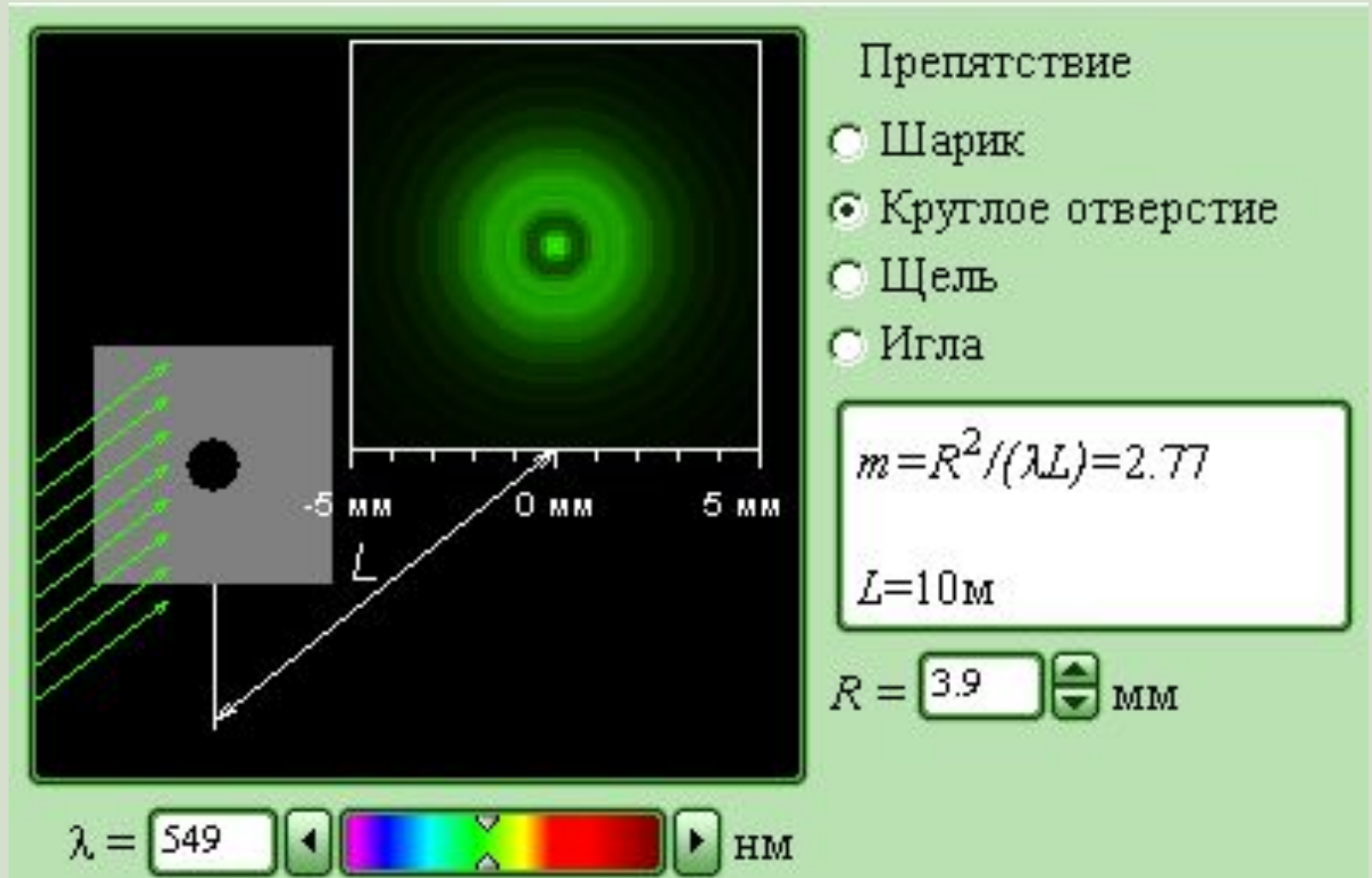


в)

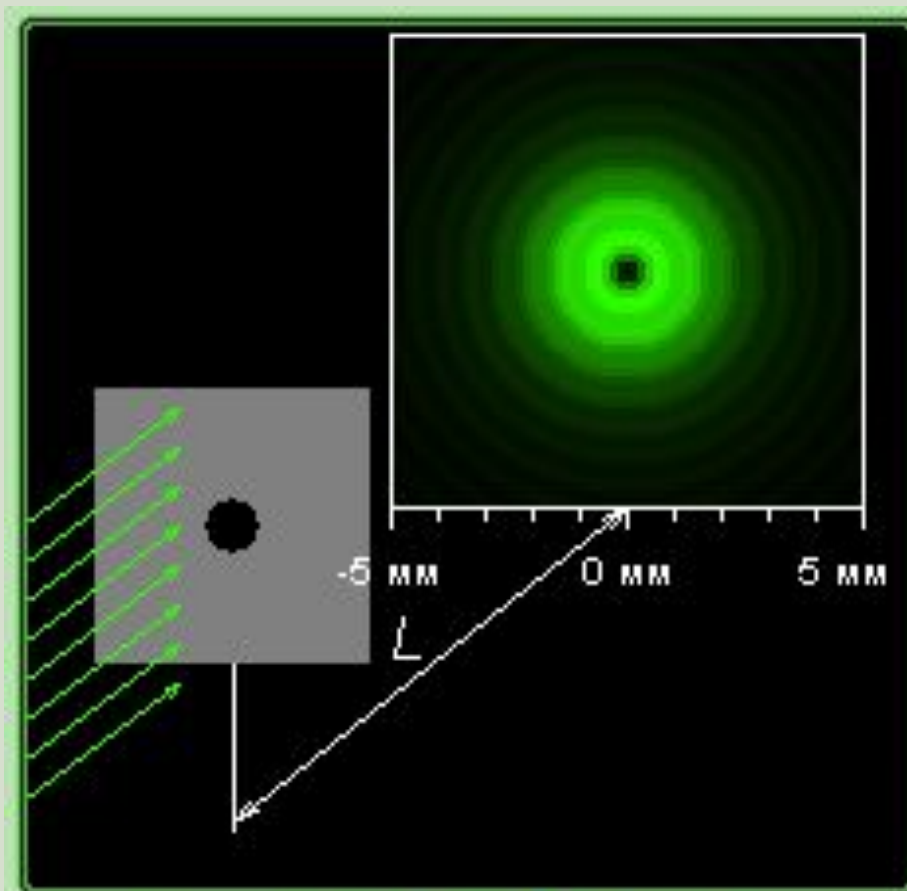


# Препятствие – круглое отверстие

## $R=3.9$



# Препятствие – круглое отверстие $R=3.3$



Препятствие

- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

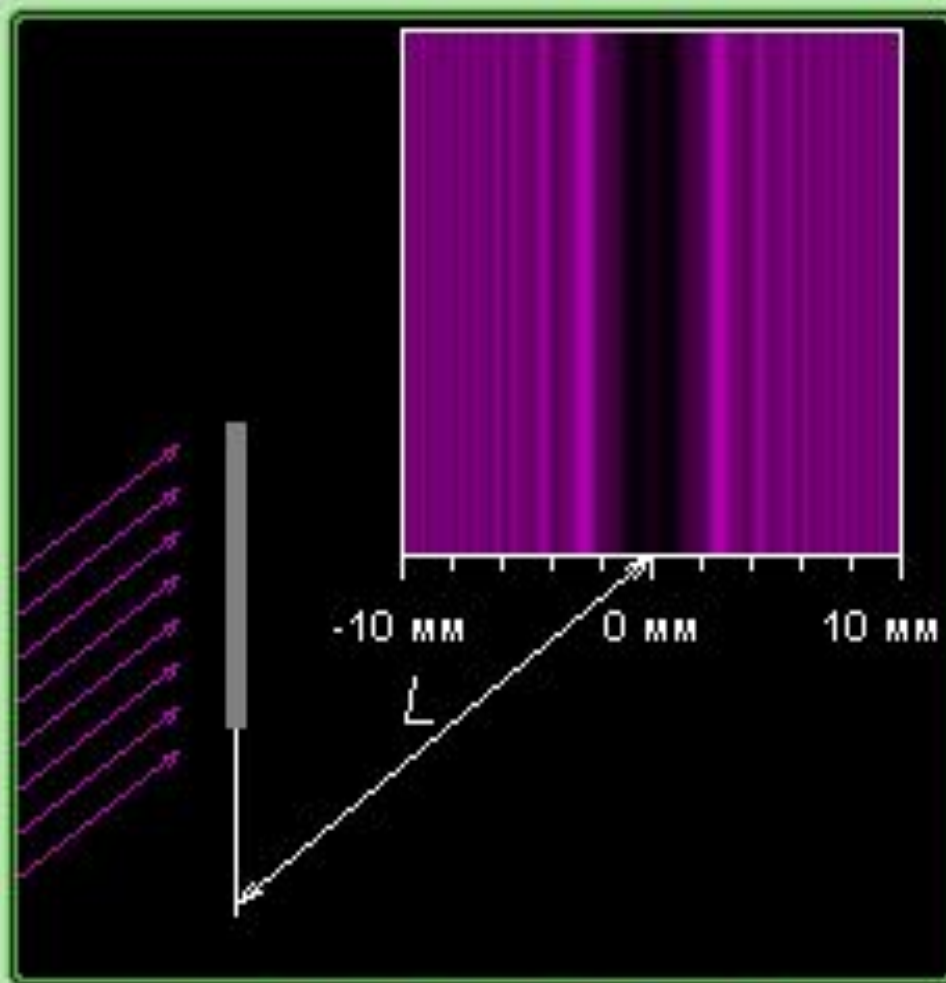
$$m = R^2 / (\lambda L) = 1.98$$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$R = 3.3 \text{ мм}$$

$$\lambda = 549 \text{ нм}$$


# Препятствие – игла $d=2.3$



Препятствие

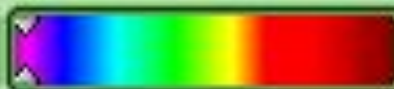
- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = (d/2)^2 / (\lambda L) = 0.34$$

$$L = 10 \text{ м}$$

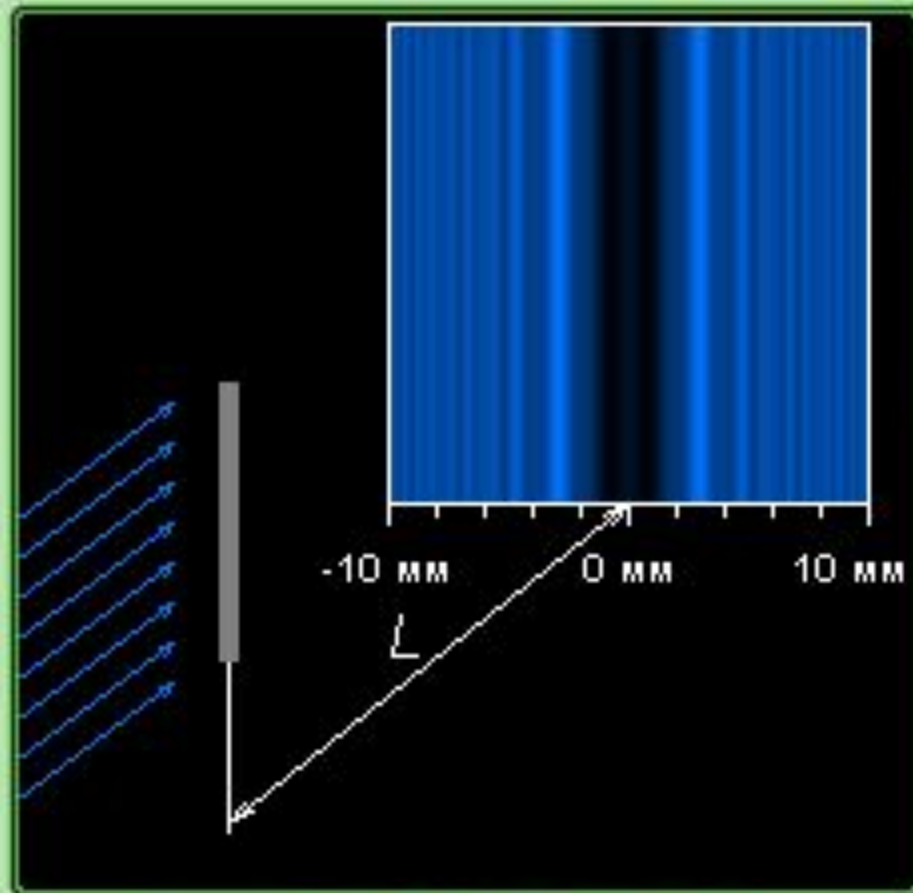
$$d = 2.3 \text{ мм}$$

$$\lambda = 388$$



нм

# Препятствие – игла $d=2.3$



Препятствие

- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = (d/2)^2 / (\lambda L) = 0.29$$

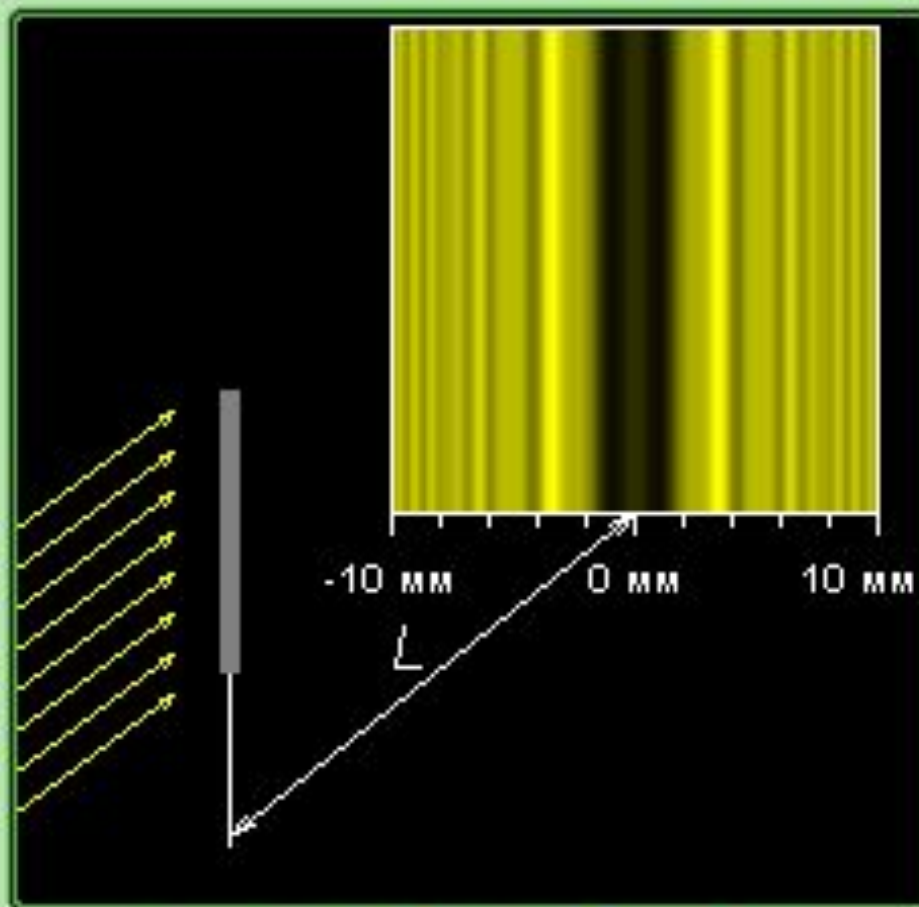
$$L = 10 \text{ м}$$

$$d = 2.3 \text{ мм}$$

$\lambda = 458$   нм



# Препятствие – игла $d=2.3$



Препятствие

- Шарик
- Круглое отверстие
- Щель
- Игла

$$m = (d/2)^2 / (\lambda L) = 0.22$$

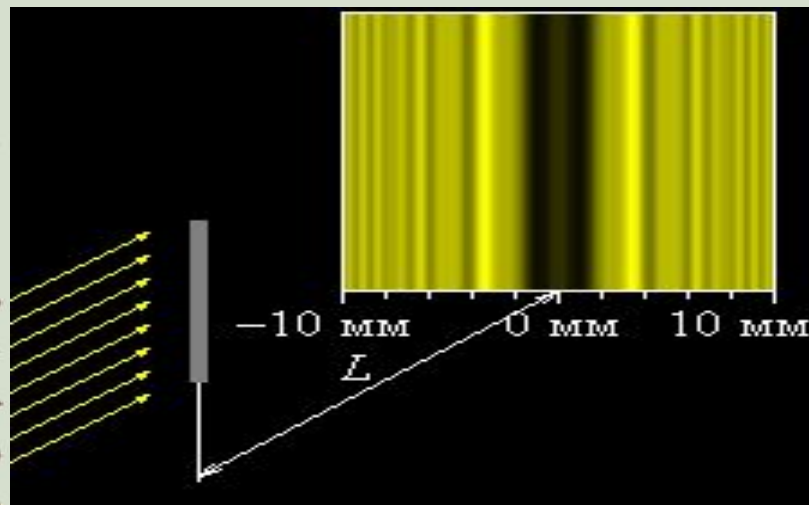
$$L = 10 \text{ м}$$

$$d = 2.3 \text{ мм}$$

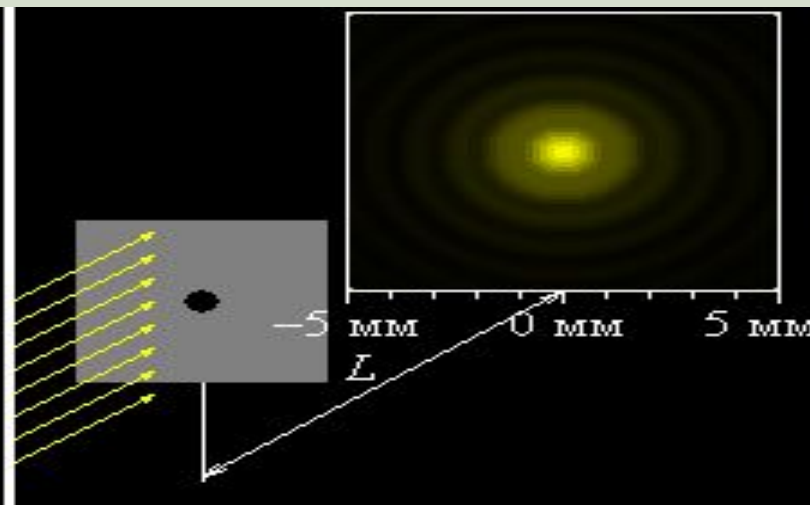
$$\lambda = 591$$

нм

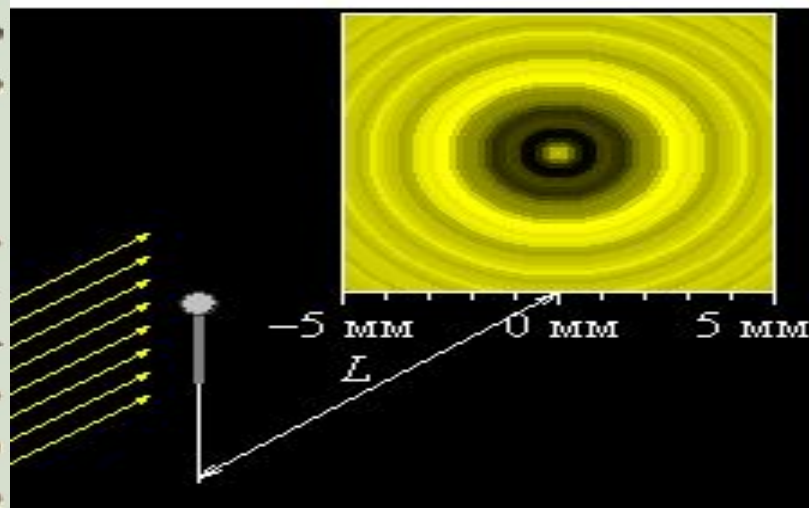
# Препятствия



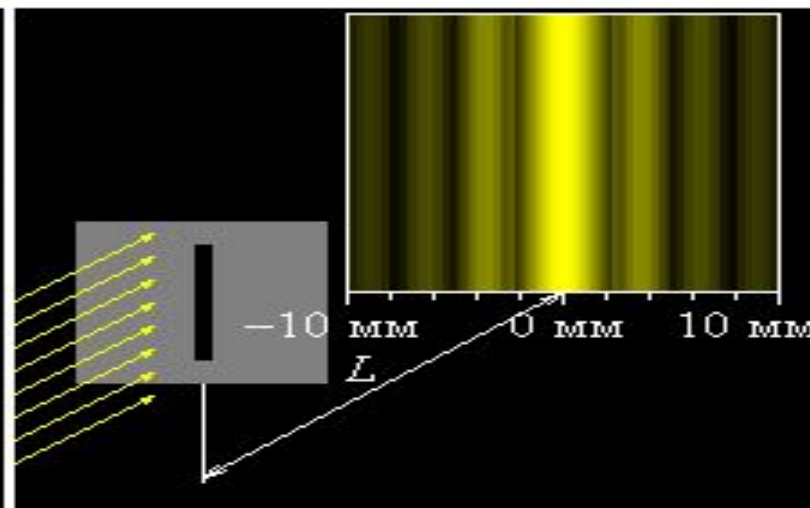
Игла



Круглое отверстие



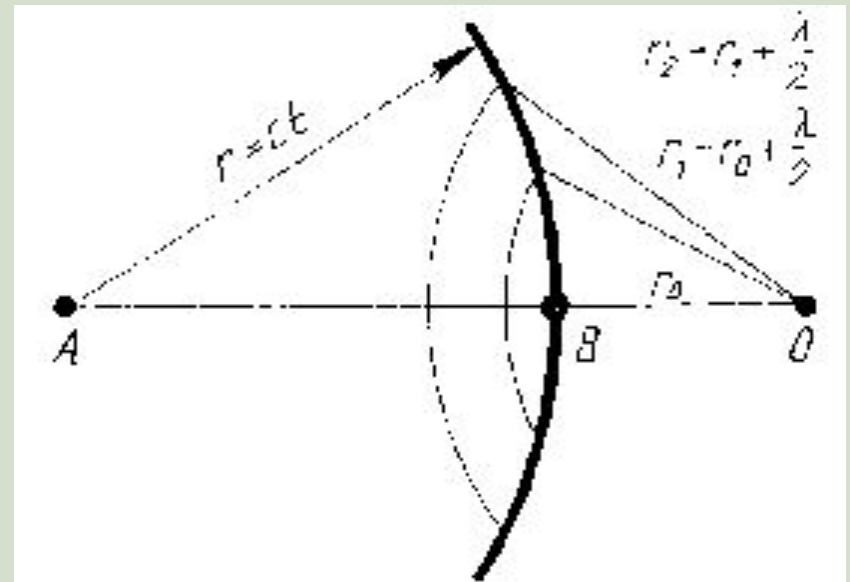
Шарик



Щель

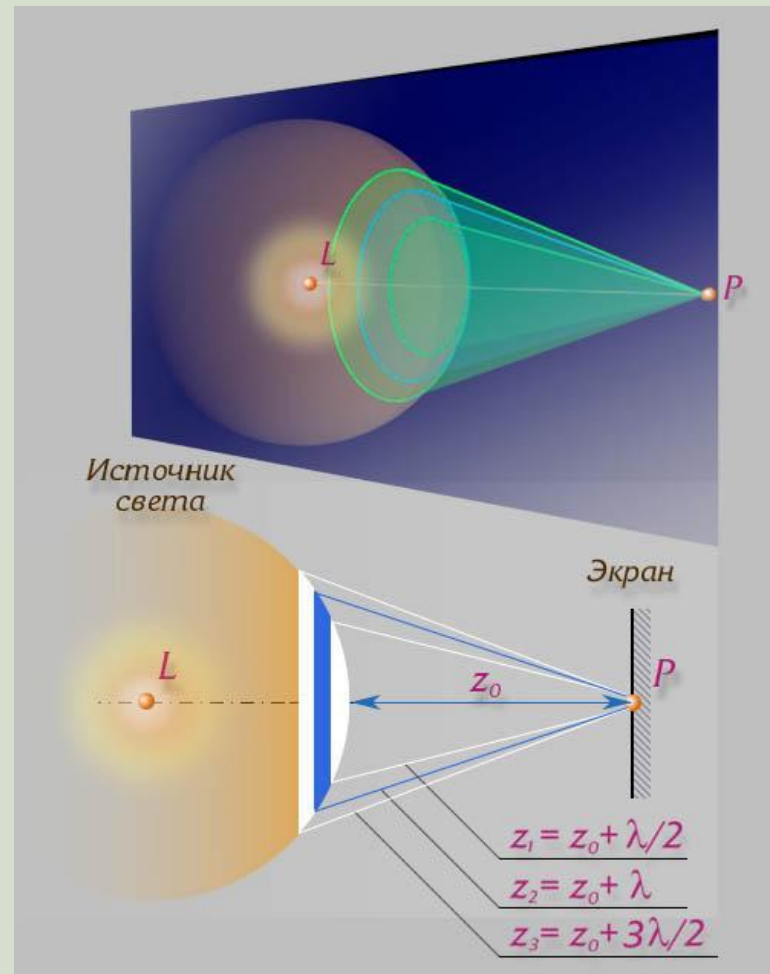
# Зоны Френеля

Для того чтобы найти амплитуду световой волны от точечного монохроматического источника света  $A$  в произвольной точке  $O$  изотропной среды, надо источник света окружить сферой радиусом  $r=ct$



# Зоны Френеля

Интерференция волны от вторичных источников, расположенных на этой поверхности, определяет амплитуду в рассматриваемой точке  $P$ , т. е. необходимо произвести сложение когерентных колебаний от всех вторичных источников на волновой поверхности

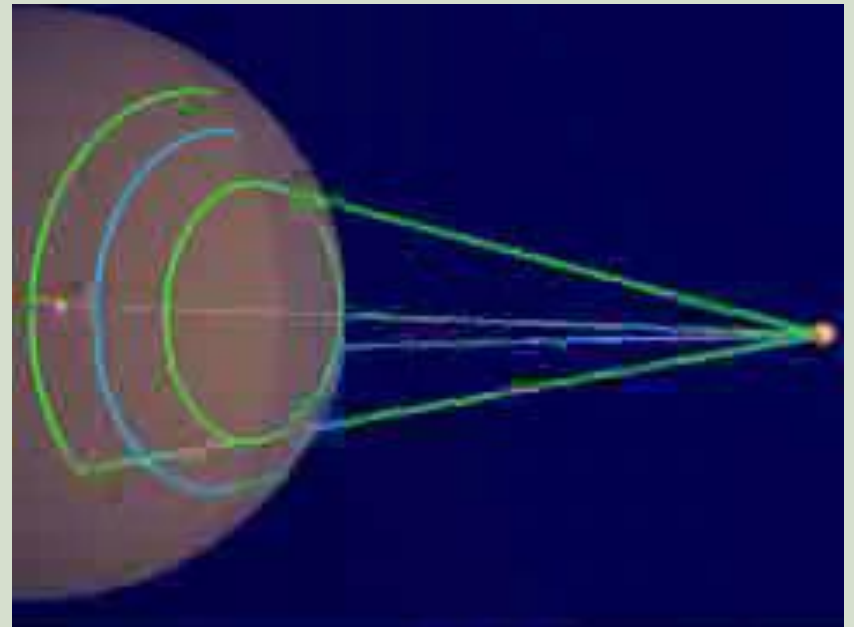




# Зоны Френеля

Так как расстояния от них до точки  $O$  различны, то колебания будут приходить в различных фазах.

Наименьшее расстояние от точки  $O$  до волновой поверхности  $B$  равно  $r_0$

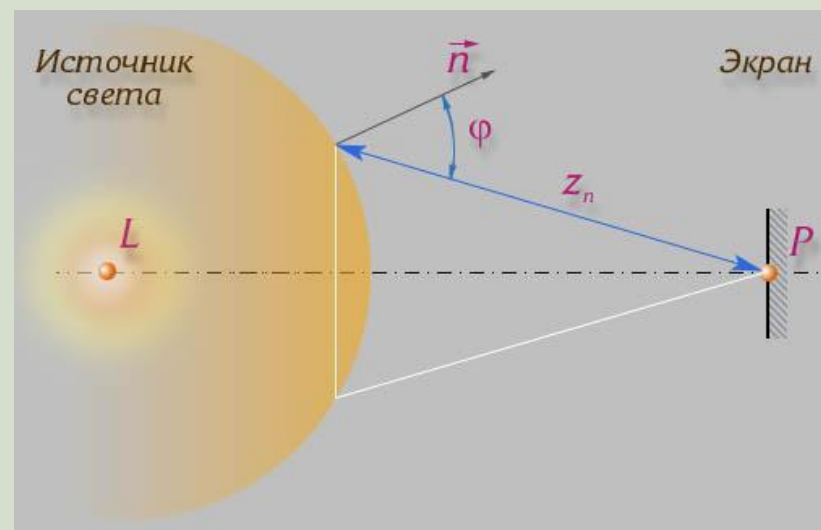


# Зоны Френеля

Первая зона Френеля ограничивается точками волновой поверхности, расстояния от которых до точки  $O$  равны:

$$r_1 = r_0 + \frac{\lambda}{2}$$

где  $\lambda$  — длина световой волны

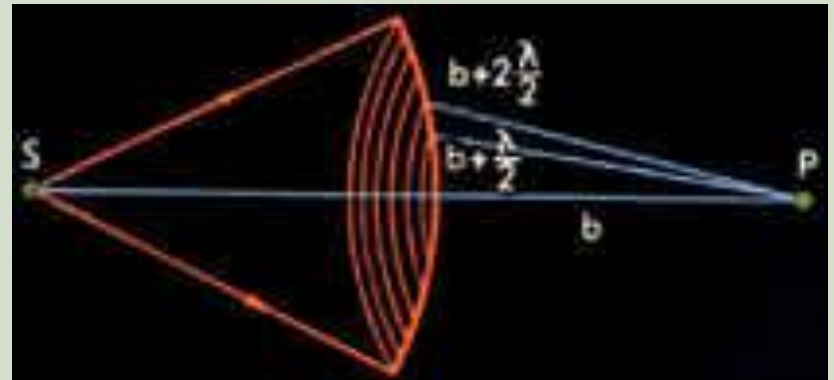
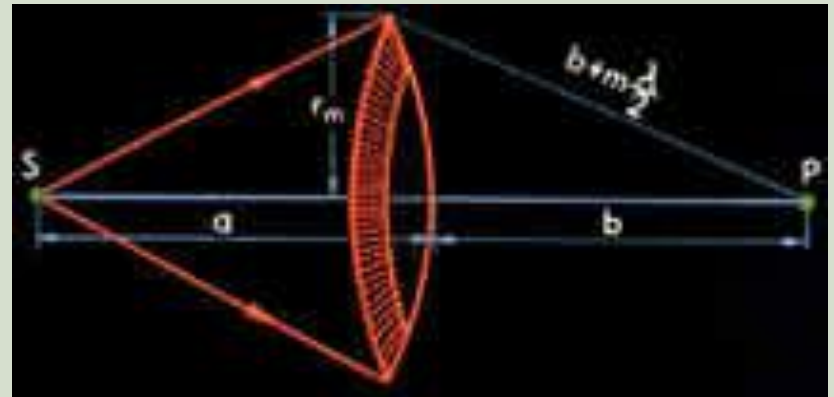


# Зоны Френеля

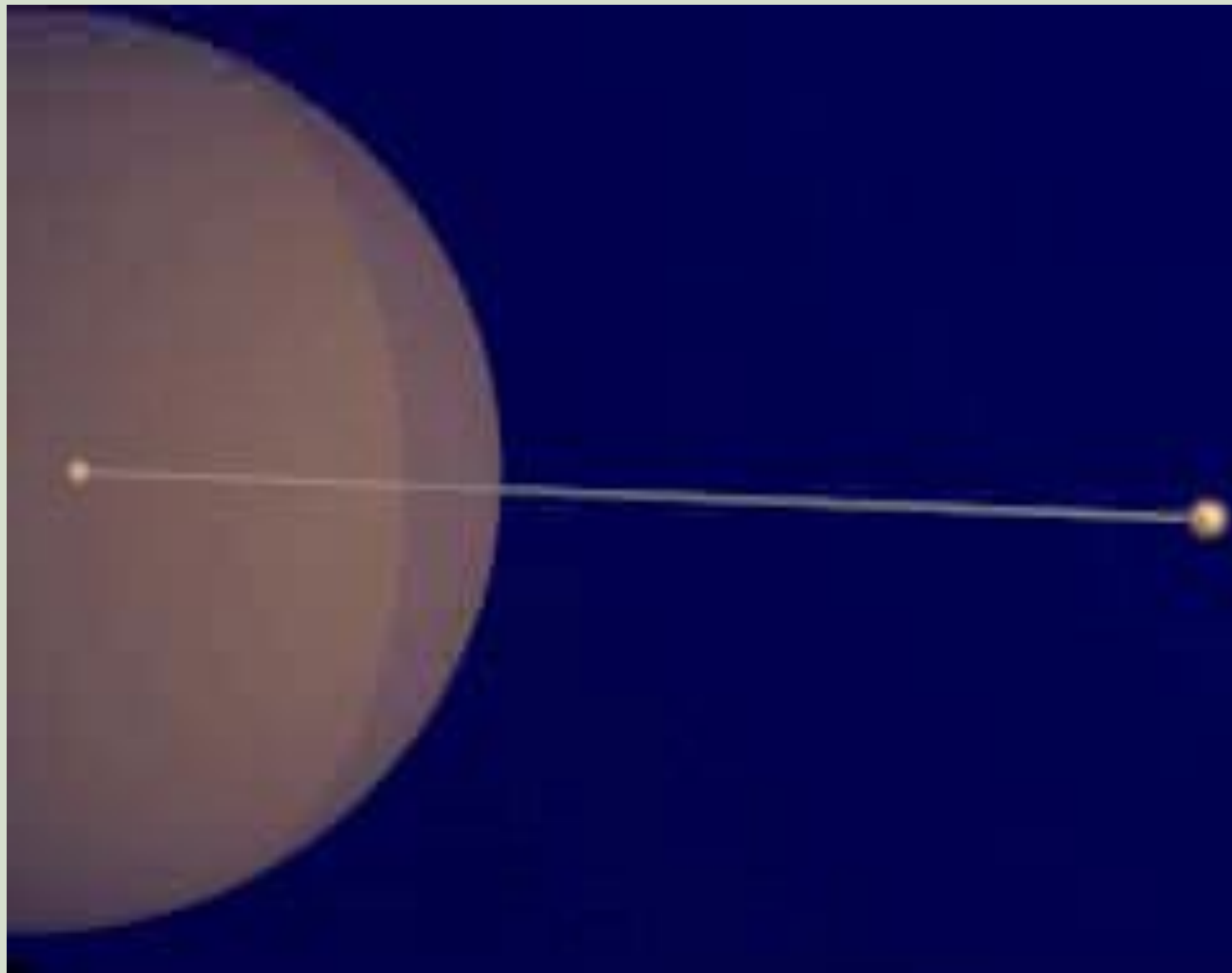
Вторая зона:

$$r_2 = r_1 + \frac{\lambda}{2} = r_0 + \lambda$$

Аналогично  
определяются  
границы других  
зон



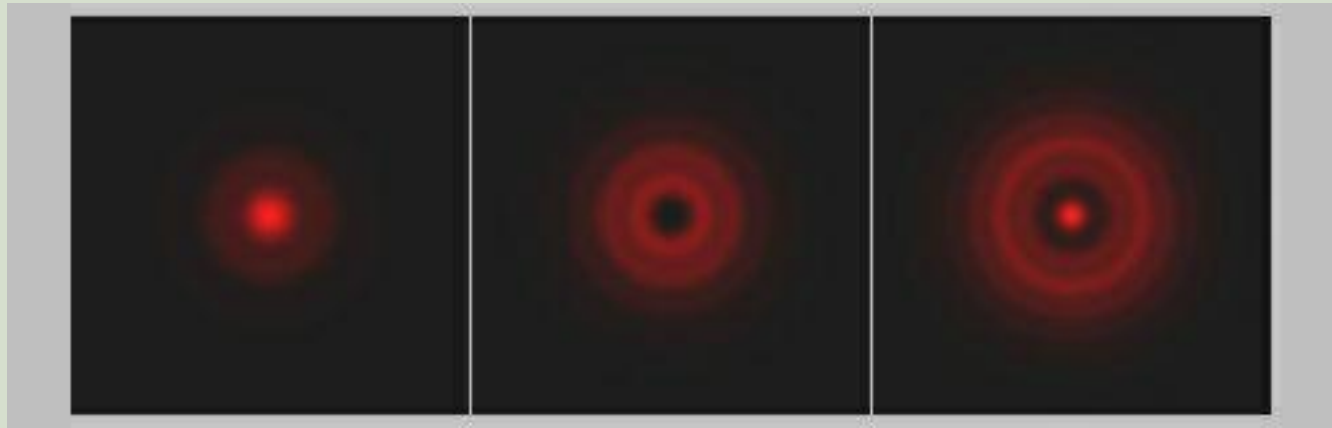
# *Зоны Френеля*





# Дифракционные картины

от одного препятствия с разным числом открытых зон



# *Интерференционные экстремумы*

*Если разность хода от двух соседних зон равна половине длины волны, то колебания от них приходят в точку  $O$  в противоположных фазах и наблюдается интерференционный минимум, если разность хода равна длине волны, то наблюдается интерференционный максимум*

# Темные и светлые пятна

*Таким образом, если на препятствии укладывается целое число длин волн, то они гасят друг друга и в данной точке наблюдается минимум (темное пятно). Если нечетное число полуволн, то наблюдается максимум (светлое пятно)*

# *Зонные пластинки*

На этом  
принципе  
основаны т.н.  
зонные  
пластинки



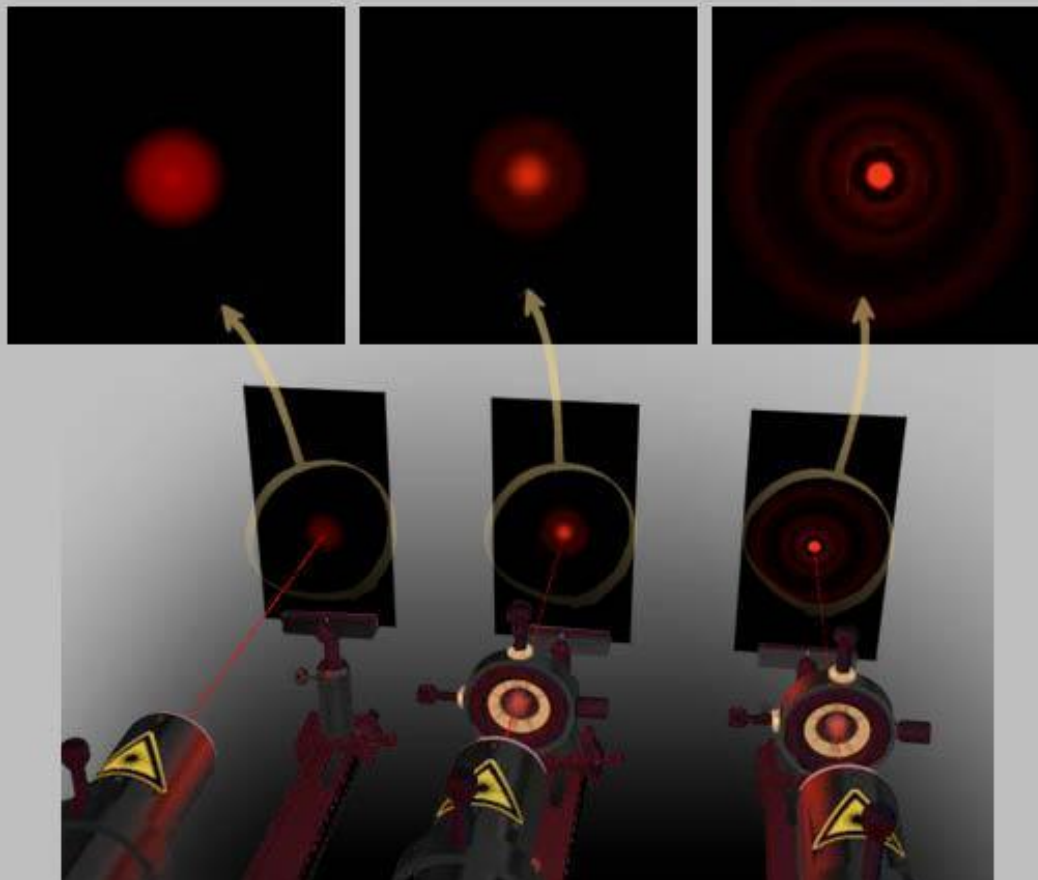


# Зонные пластинки

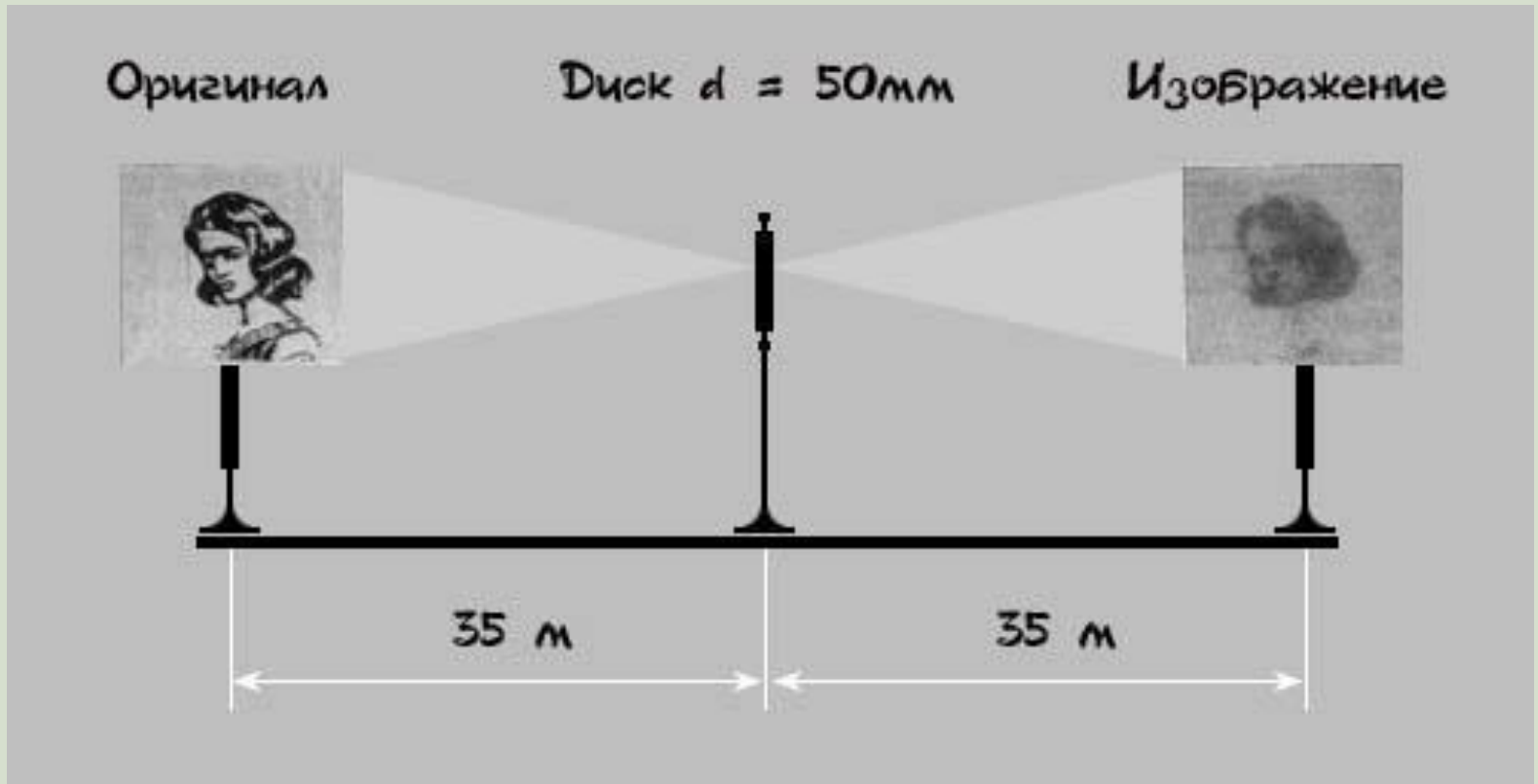
Такая интенсивность наблюдается на экране при свободном распространении световой волны

Препятствие, открывающее одну зону Френеля, увеличивает интенсивность света в 4 раза.

Зонная пластинка позволяет многократно усилить интенсивность излучения.



# Получение изображения с помощью зонной пластинки



# Условия наблюдения дифракции

- *Дифракция происходит на предметах любых размеров, а не только соизмеримых с длиной волны  $\lambda$*

# Условия наблюдения дифракции

- *Трудности наблюдения заключаются в том, что вследствие малости длины световой волны интерференционные максимумы располагаются очень близко друг к другу, а их интенсивность быстро убывает*



# *Границы применимости геометрической оптики*

- Дифракция наблюдается хорошо на расстоянии

$$L \geq \frac{d^2}{\lambda}$$

- Если , то дифракция невидна и получается резкая тень ( $d$  - диаметр экрана).

$$L \ll \frac{d^2}{\lambda}$$

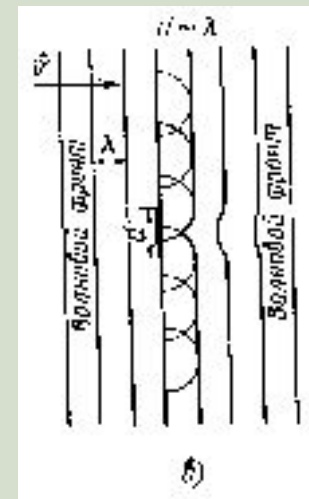
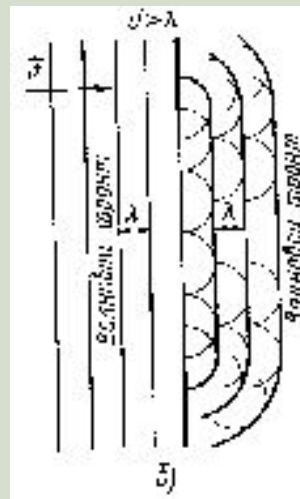
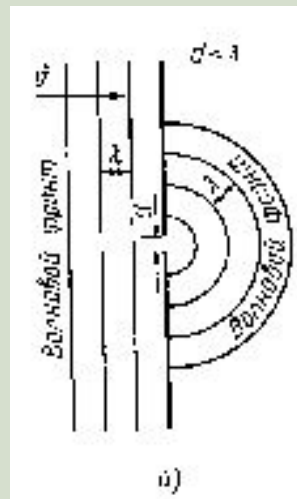
- Эти соотношения определяют границы применимости геометрической оптики

# *Границы применимости геометрической оптики*

- Если наблюдение ведется на расстоянии  $L > \frac{d^2}{\lambda}$ , где  $d$ —размер предмета, то начинают проявляться волновые свойства света

# Соотношения длины волны и размера препятствия

- На рис. показана примерная зависимость результатов опыта по распространению волн в зависимости от соотношения размеров препятствия и длины волны.



# Интерференционные картины

от разных точек предмета перекрываются, и изображение смазывается, поэтому прибор не выделяет отдельные детали предмета.

Дифракция устанавливает предел разрешающей способности любого оптического прибора



# Разрешающая способность человеческого глаза

приблизительно равна одной угловой минуте:

$$\alpha = \frac{\lambda}{D}$$

где  $D$  — диаметр зрачка; телескопа  $\alpha=0,02''$ ;  
у микроскопа увеличение не более  $2 \cdot 10^3$  раз.  
Можно видеть предметы, размеры которых  
соизмеримы с длиной световой волны