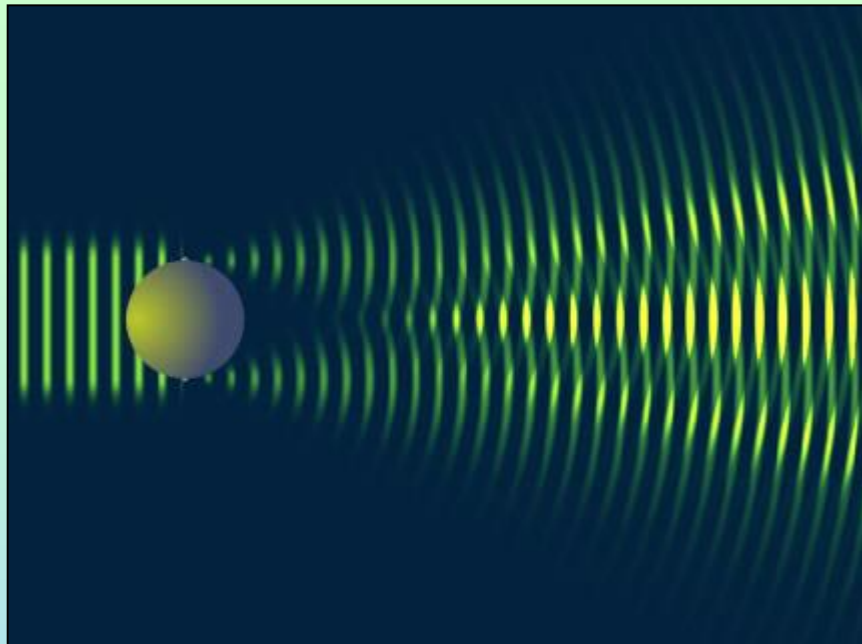


# ДИФРАКЦИЯ НА СВЕТЛИНАТА. ФРЕНЕЛОВА ДИФРАКЦИЯ.

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

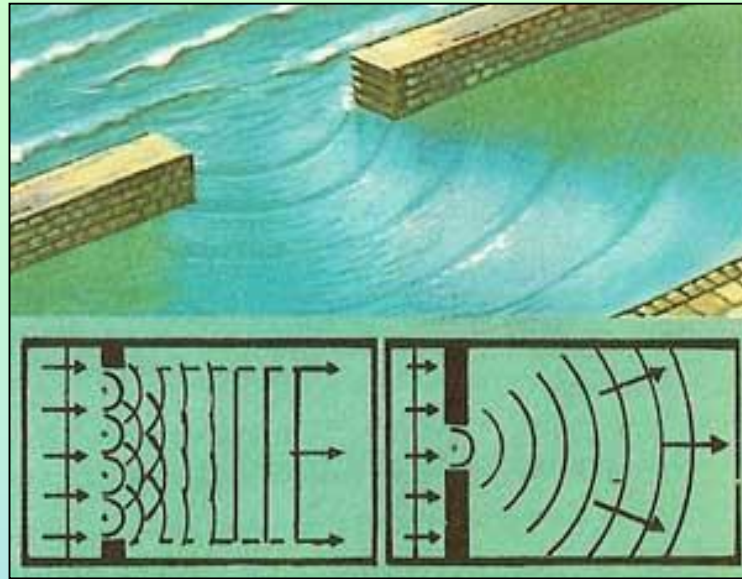


# 1. Дифракция на светлината




**Определение:** Отклонение на светлината от праволинейното ѝ разпространение в среда с резки нееднородности (прегради, препятствия, отвори и т.н.), около които възниква локално амплитудно или фазово нарушение на вълновия фронт.


# 1. Дифракция на светлината




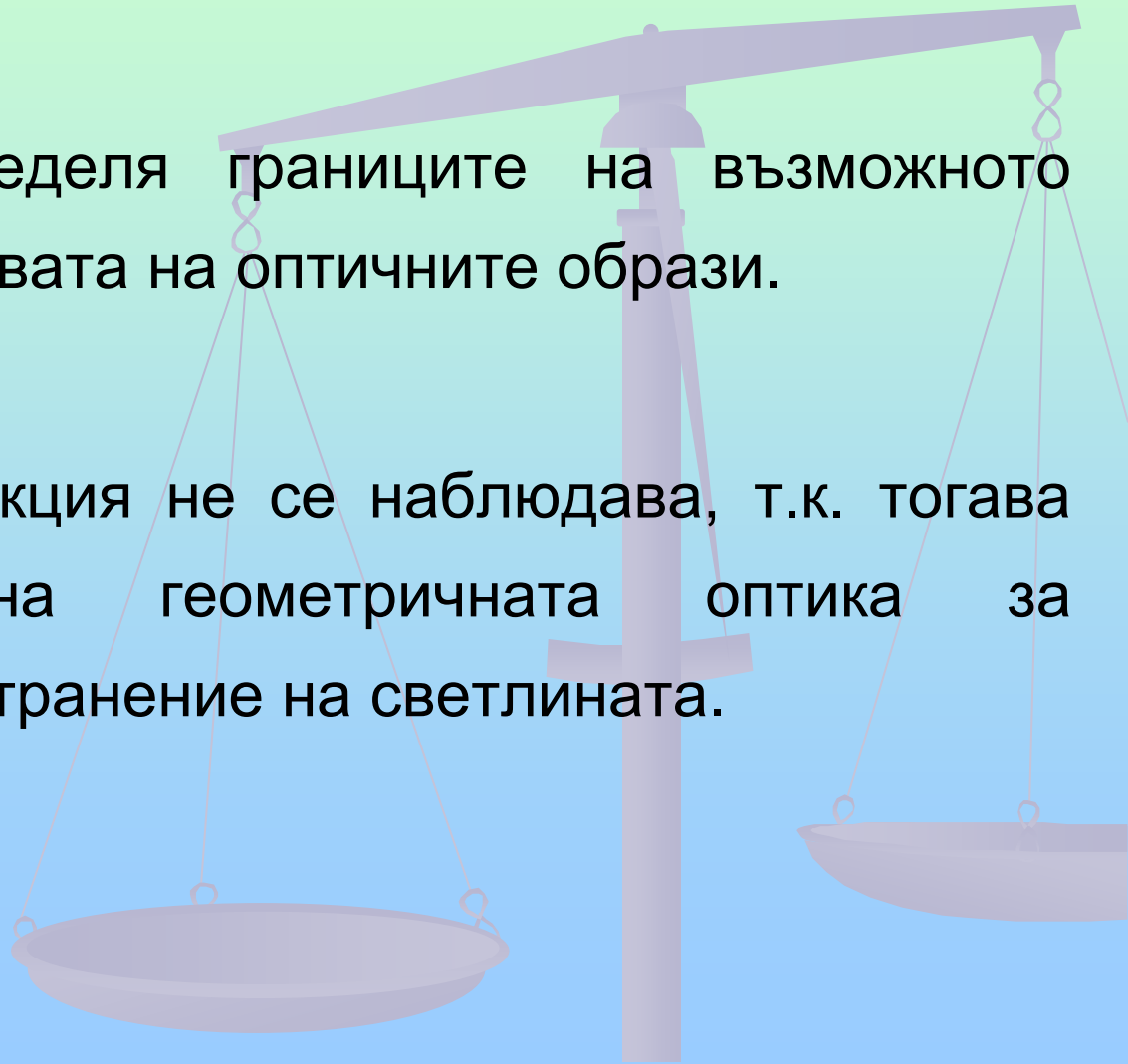
📎 Дифракция възниква във всички случаи, когато изменението на амплитудата или фазата не е еднакво за цялата вълнова повърхност.

📎 Дифракцията води до отклонението на светлинните вълни от препятствия и проникване на светлината зад прегради (в областта на геометрична сянка).

 Дифракцията не е: пречупване, отражение и преминаване през оптически нееднородни среди.

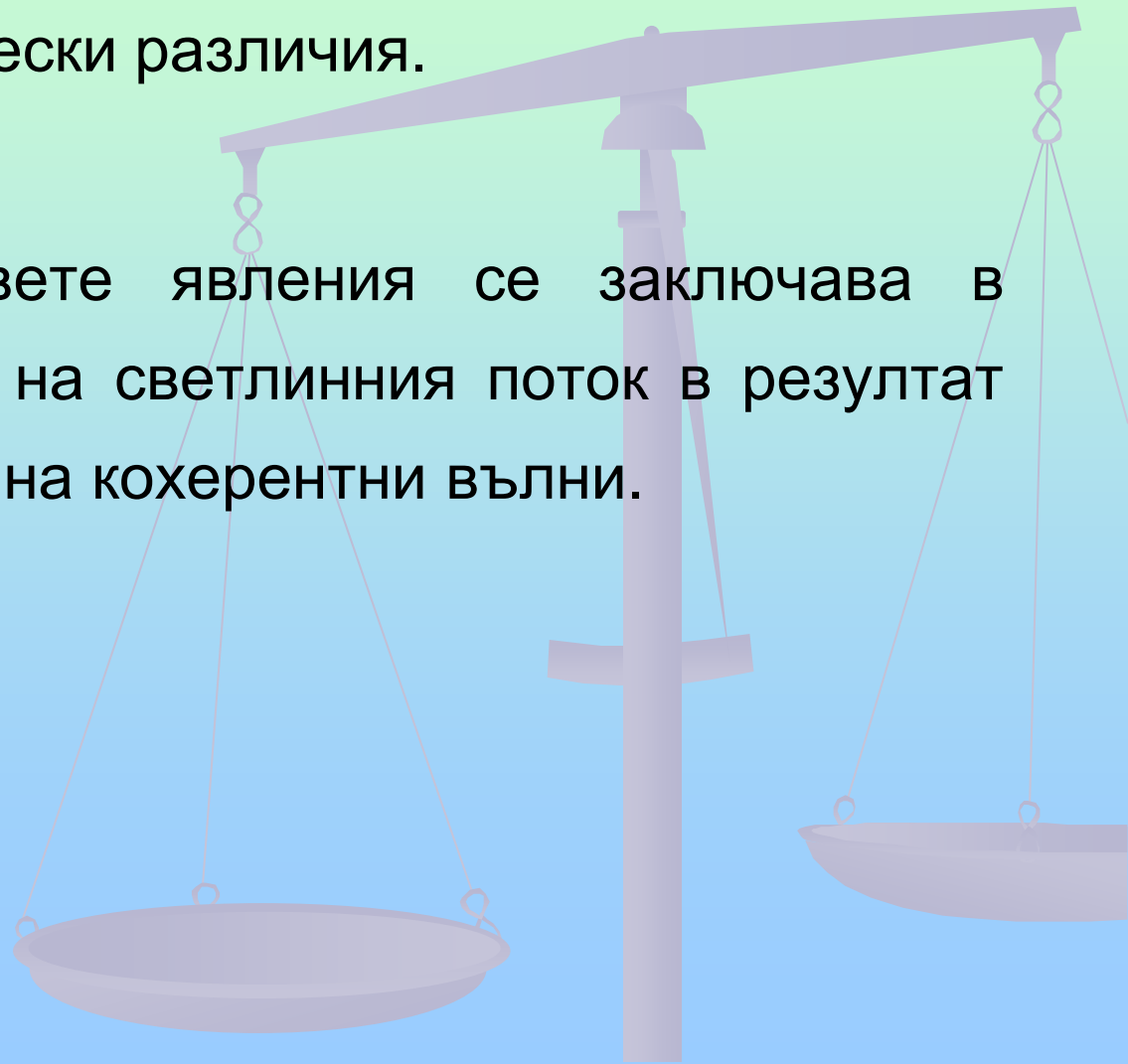
 Дифракцията определя границите на възможното подобряване на качествата на оптичните образи.

 При  $\lambda \rightarrow 0$ , дифракция не се наблюдава, т.к. тогава действа законът на геометричната оптика за праволинейно разпространение на светлината.



Между интерференцията и дифракцията няма съществени физически различия.

Същността на двете явления се заключава в преразпределение на светлинния поток в резултат на суперпозицията на кохерентни вълни.

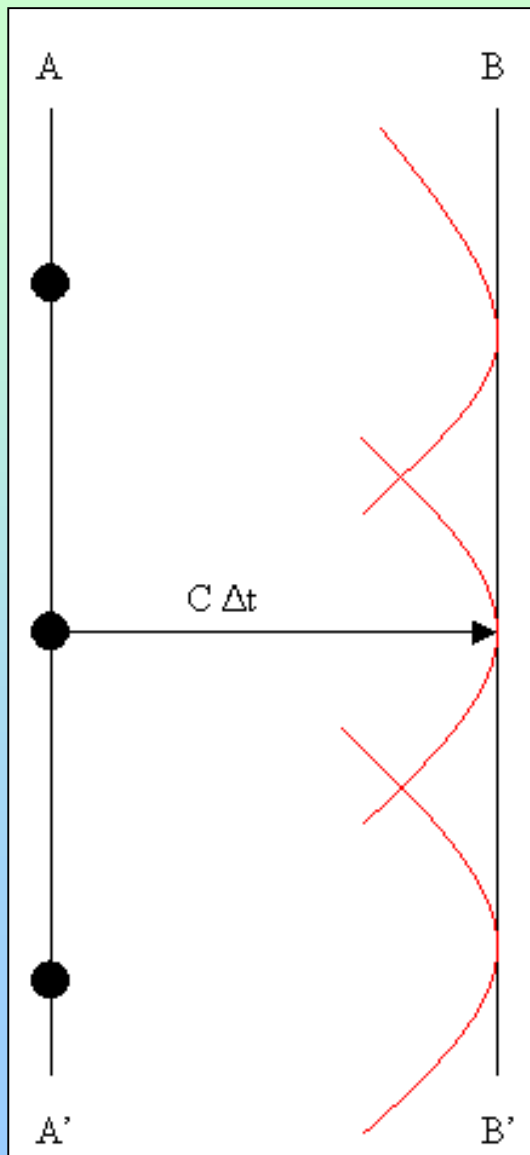


По исторически причини преразпределението на интензитета, възникващо в резултат на суперпозицията на вълни, възбудени от **краен брой дискретни кохерентни източници** е прието да се нарича **интерференция на вълните**.

Преразпределението на интензитета, възникващо вследствие на суперпозиция на вълни, възбудени от **кохерентни източници разположени непрекъснато** е прието да се нарича **дифракция на вълните**.

Затова се говори за интерференчна картина от два тънки процепа и за дифракционна картина от един процеп.

## 2. Принцип на Хюйгенс

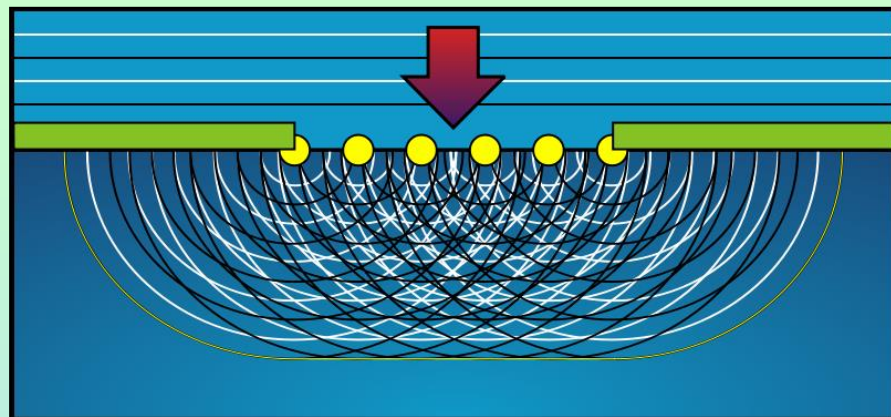
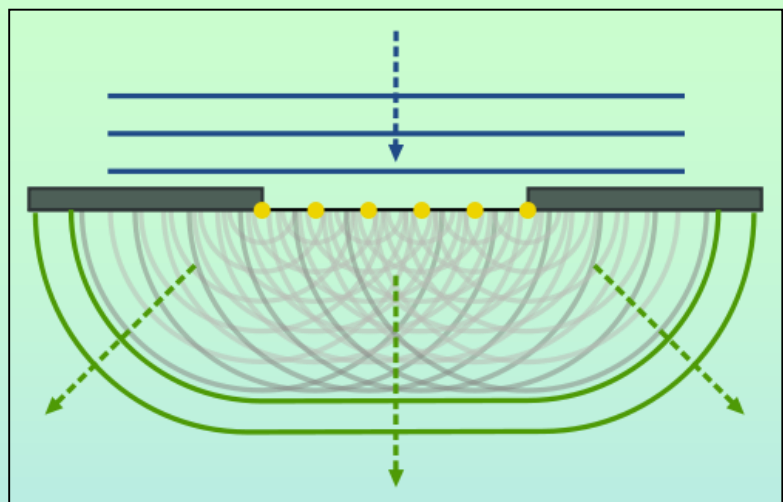


Всяка точка от вълновия фронт става център на елементарна вторична сферична вълна, а обвивката на тези елементарни вълни е новият вълнов фронт.

Този принцип обяснява посоката на разпространение на вълната, т.е. проникването на светлинната вълна в областта на геометрична сянка.

Не обяснява как се пресмята амплитудата и фазата в дадена точка и съответно големината на интензитета, а от там и разпределението на интензитета.

### 3. Принцип на Хюйгенс-Френел



Френел допълва принципа на Хюйгенс с твърдението, че вторичните вълни интерферират помежду си.

Отчитането на амплитудите и фазите на вторичните вълни и принципа на суперпозиция позволява да се намери амплитудата на резултантната вълна във всяка точка от пространството, а от там и разпределението на интензитета.

Съчетанието на принципа на Хюйгенс с принципа за интерференцията се нарича принцип на Хюйгенс-Френел.



## **СЪЩНОСТ НА ПРИНЦИПА НА ХЮЙГЕНС-ФРЕНЕЛ**

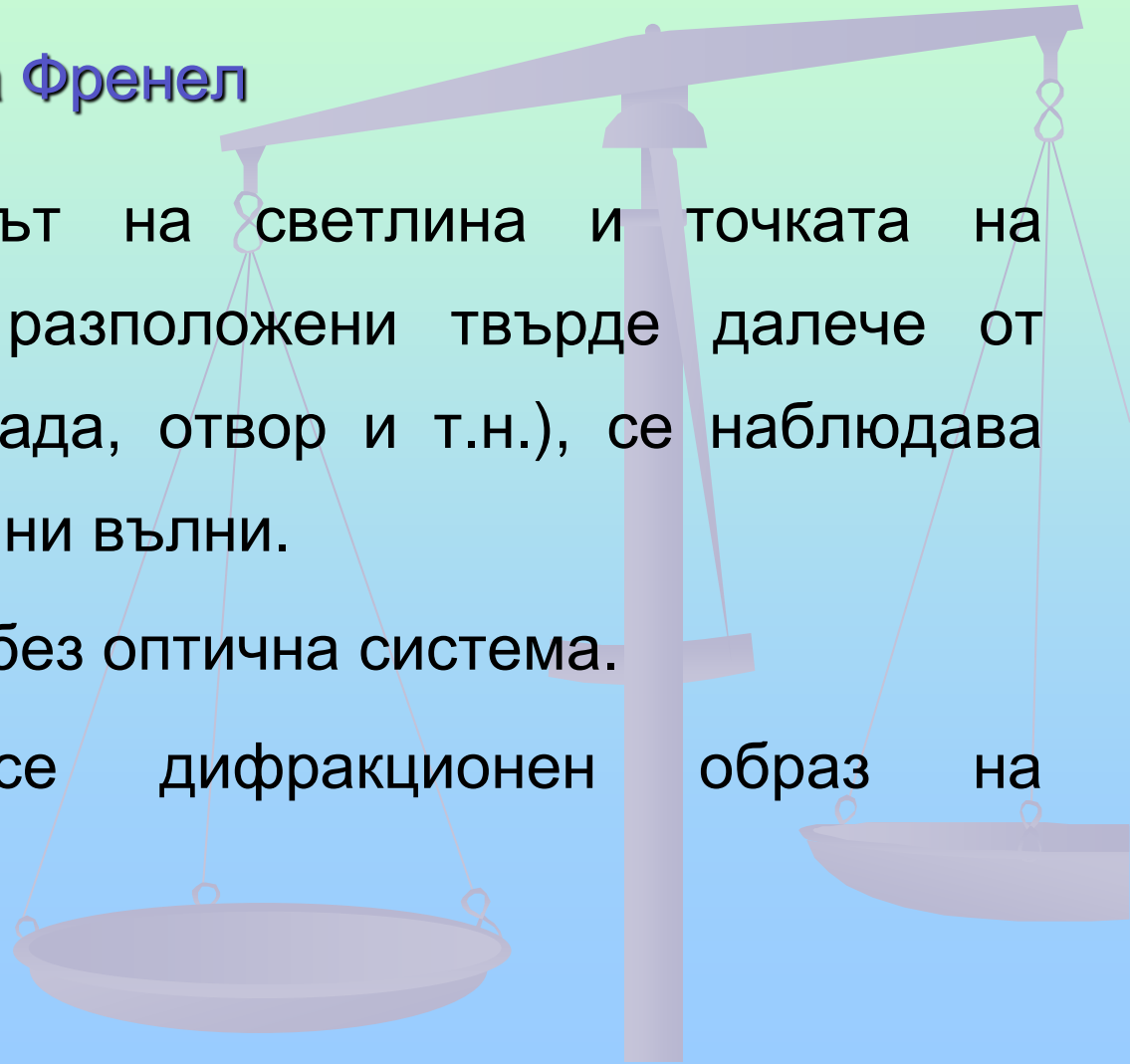
При изчисляване на амплитудата на трептене в т.Р, породено от светлинна вълна, разпространяваща се от реален източник, източникът може да се замени със съвкупност от вторични точкови източници, разположение по вълновата повърхност S.

## 4. Френелова и Фраунhoferова дифракция

Различават се два вида дифракция:

### А) Дифракция на Френел

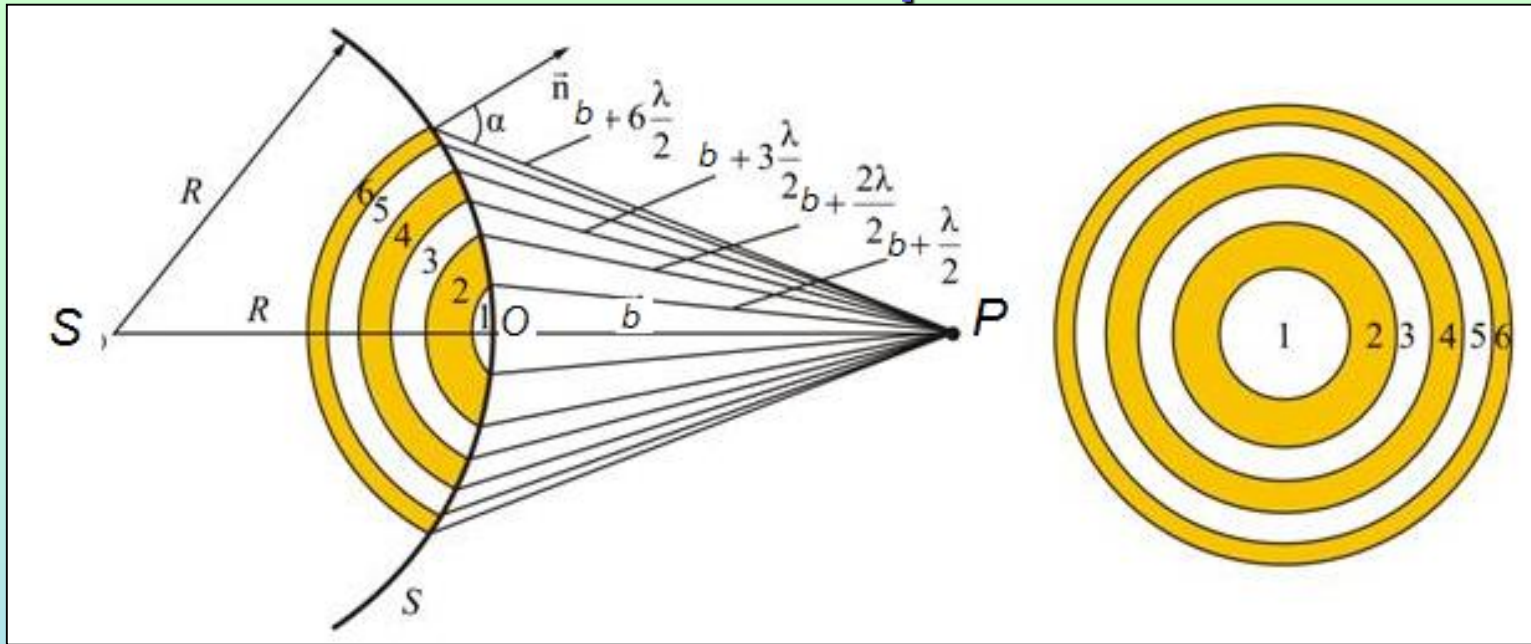
- ✓ Ако източникът на светлина и точката на наблюдение не са разположени твърде далече от препятствието (преграда, отвор и т.н.), се наблюдава дифракция на сферични вълни.
- ✓ Наблюдава се без оптична система.
- ✓ Наблюдава се дифракционен образ на препятствието.



## В) Дифракция на Фраунхофер

- ✓ Ако източникът на светлина и точката на наблюдение са разположени от препятствието толкова далече, че лъчите образуват практически успореден сноп лъчи, се наблюдава дифракция на плоски вълни.
- ✓ Може да се наблюдава като след източника  $O$  и пред точката на наблюдение  $t$ .  $P$  се поставят лещи, така че  $t.O$  и  $t.P$  да са във фокалните равнини на лещите.
- ✓ Наблюдава се с оптична система - леща пред екрана.
- ✓ Наблюдава се дифракционен образ на източника.

## 5. Зони на Френел

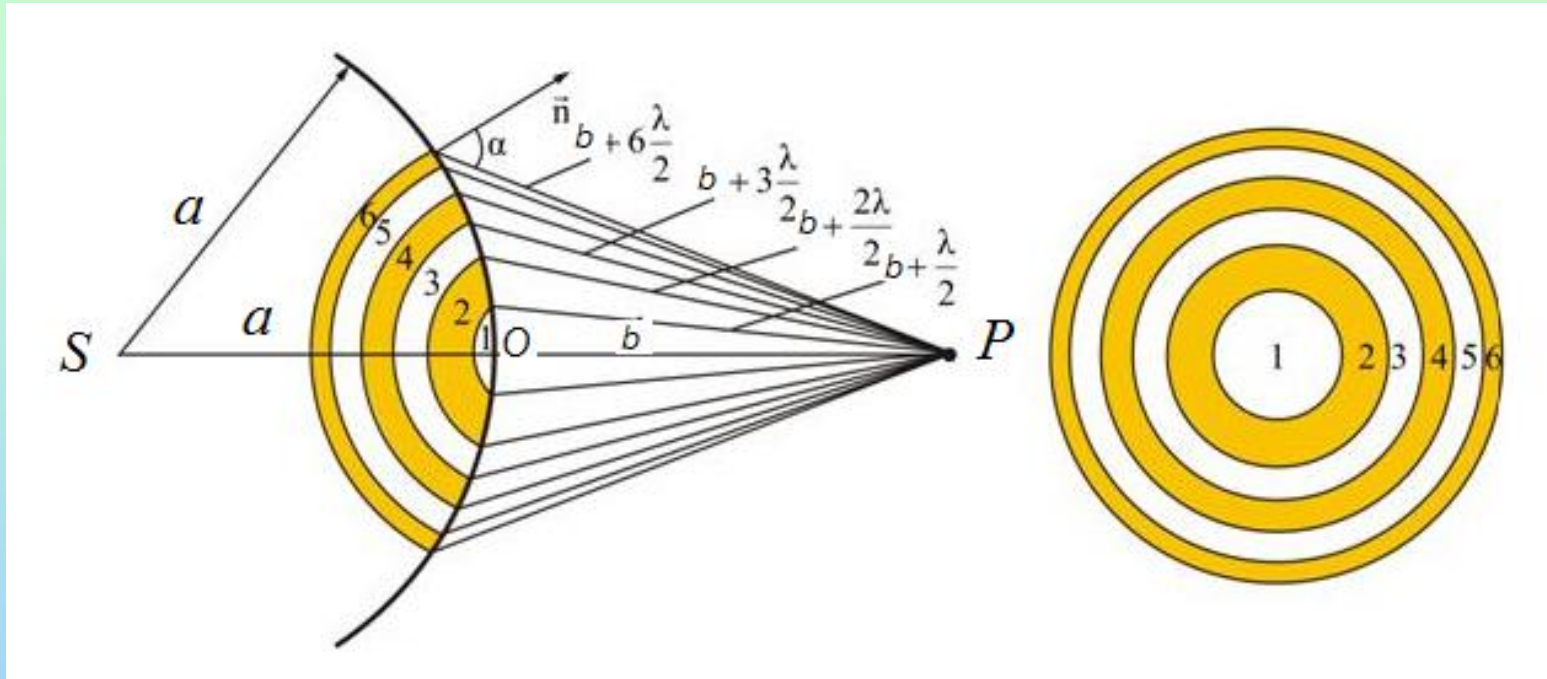


Трябва да се определи амплитудата на светлинното трептене в т.  $P$ , възбудено от сферична вълна, разпространяваща се в избрана еднородна среда от точков източник  $S$ .

Вълновата повърхност на тази вълна е симетрична спрямо правата  $SP$ .

## 5. Зони на Френел

Разделяме вълновата повърхност на кръгови зони.



(3)  $b_m = b + m \cdot \frac{\lambda}{2}$  - разстояние от края на  $m$ -та зона до т.Р

$b$  – разстояние от върха на вълновата повърхност до т.Р

Резултантните трептения, създавани от всяка зона, ще са в противофаза с тези, създадени от съседните зони.

- разлика в оптичните пътища за две съседни зони:

$$\Delta = \lambda/2,$$

- разлика във фазите за две съседни зони:

$$\delta = \pi$$

**Амплитуда на резултатното трептене в  $m$ .  $P$ :**

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4$$

$$A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_m}{2}, \quad m - \text{нечетно число}$$

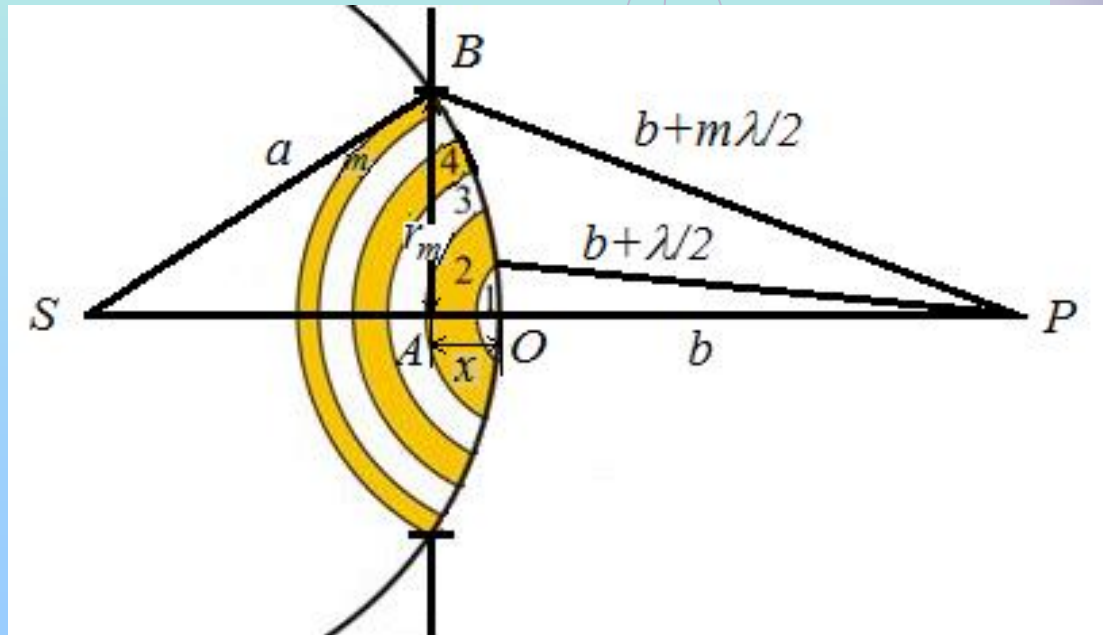
$$A = \frac{A_1}{2} - \frac{A_m}{2}, \quad m - \text{четно число}$$

Да се определи броят на откритите зони на Френел -  $m$ .

Радиусът на последната открита  $m^{\text{та}}$  френелова зона съвпада с радиуса на отвора  $r$ :

$$r = \sqrt{m \cdot \frac{a \cdot b}{a + b} \cdot \lambda}$$

$$m = \frac{r^2 (a + b)}{a \cdot b \cdot \lambda}$$



$$m = \frac{r^2(a+b)}{a \cdot b \cdot \lambda}$$

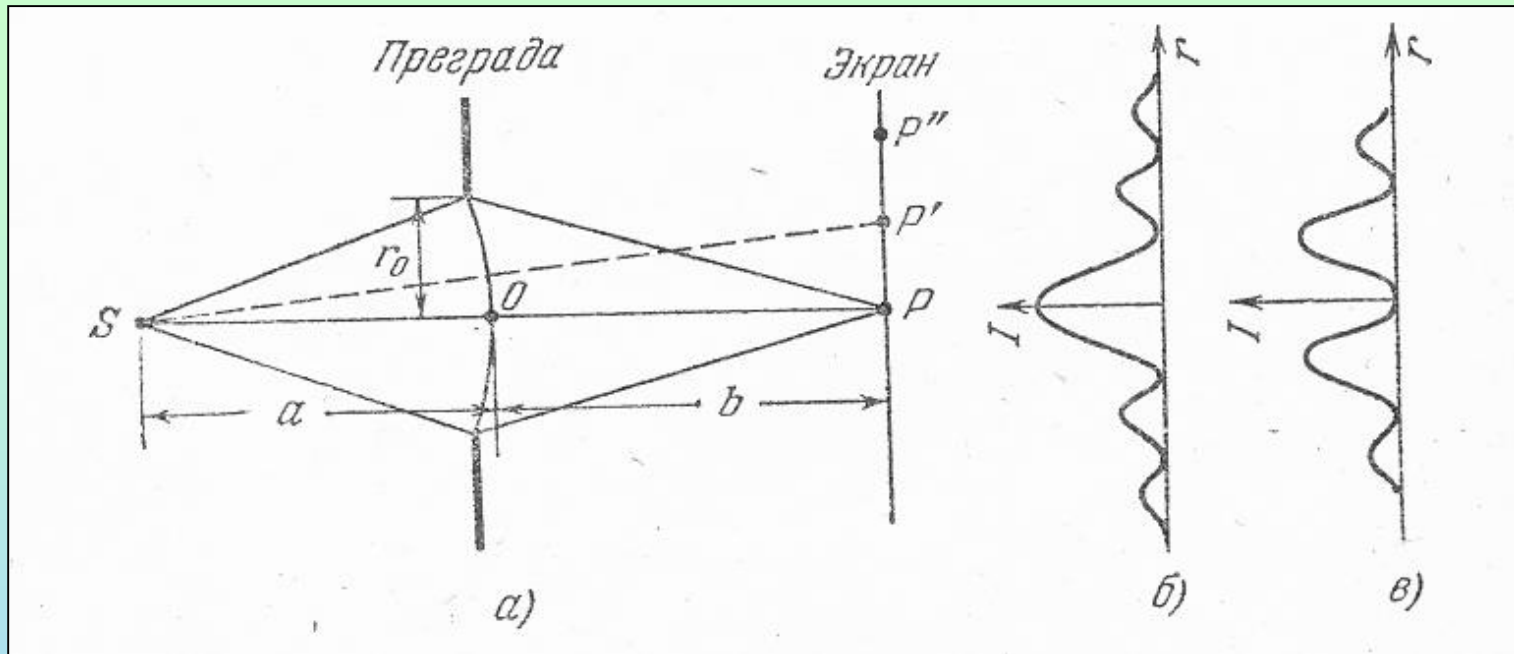
Броят на френеловите зони зависи от големината на отвора  $r$ , дължината на вълната  $\lambda$ , от радиуса на сферичната вълна  $a$  и от разстоянието  $b$  от т.О до екрана (в т.Р).

Следователно, изменяйки  $b$  ще се изменя и броят на френеловите зони, които ще се виждат от т.Р.

С нарастване на  $b$  ще намалява  $m$ , ще се откриват по-малко зони.



## 6. Дифракция от кръгъл отвор



Поставяме зад сферична вълна преграда с изрязан отвор, кръгъл с радиус  $r_0$ . Както показахме, откриват се  $m$  на брой зони:

$$m = \frac{r^2}{\lambda} \cdot \frac{(a+b)}{a \cdot b}, \quad r = r_0$$

В т.Р за амплитудата се получава:

$$A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_m}{2}, m - \text{нечетно}; \quad A = \frac{A_1}{2} - \frac{A_m}{2}, m - \text{четно}$$

А/ За много малки  $m$ , например 1, 2, 3, 4, 5

а) нечетно:  $I = c \cdot A_1^2$

$$m = 1, \quad A = A_1;$$

$$m = 3, \quad A = \frac{A_1}{2} + \frac{A_3}{2} \approx A_1, \quad A_1 \approx A_3$$

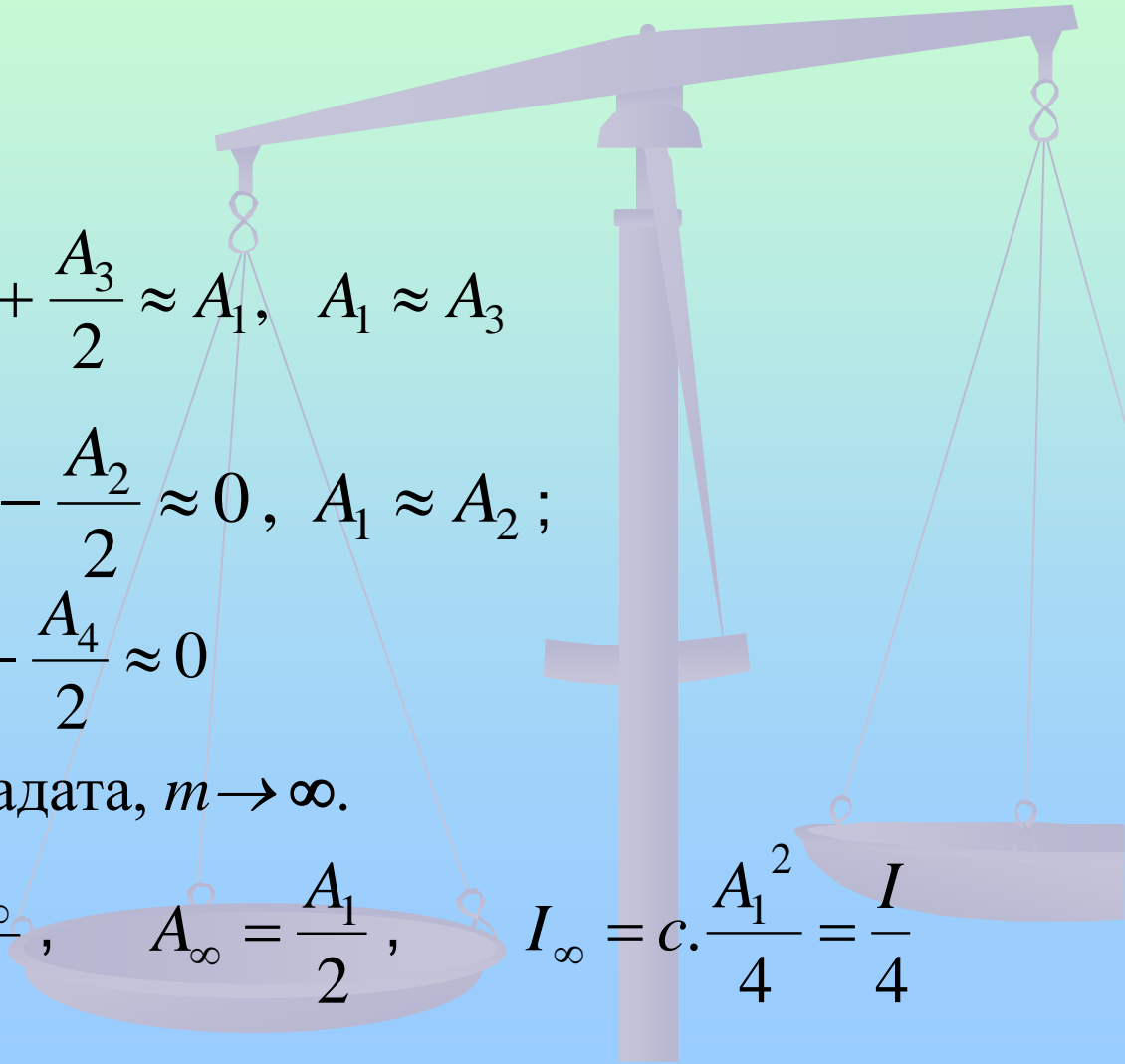
б) четно:  $I = 0$

$$m = 2, \quad A = \frac{A_1}{2} - \frac{A_2}{2} \approx 0, \quad A_1 \approx A_2;$$

$$m = 4, \quad A = \frac{A_1}{2} - \frac{A_4}{2} \approx 0$$

Б/ Ако премахнем преградата,  $m \rightarrow \infty$ .

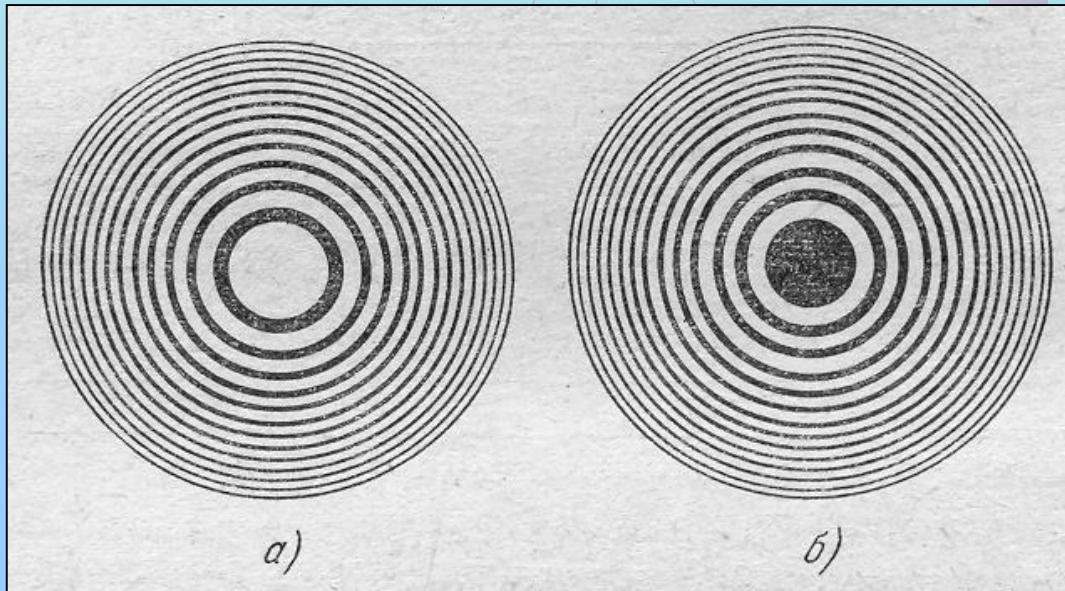
$$\text{В т. Р: } A_\infty = \frac{A_1}{2} \pm \frac{A'_\infty}{2}, \quad A_\infty = \frac{A_1}{2}, \quad I_\infty = c \cdot \frac{A_1^2}{4} = \frac{I}{4}$$



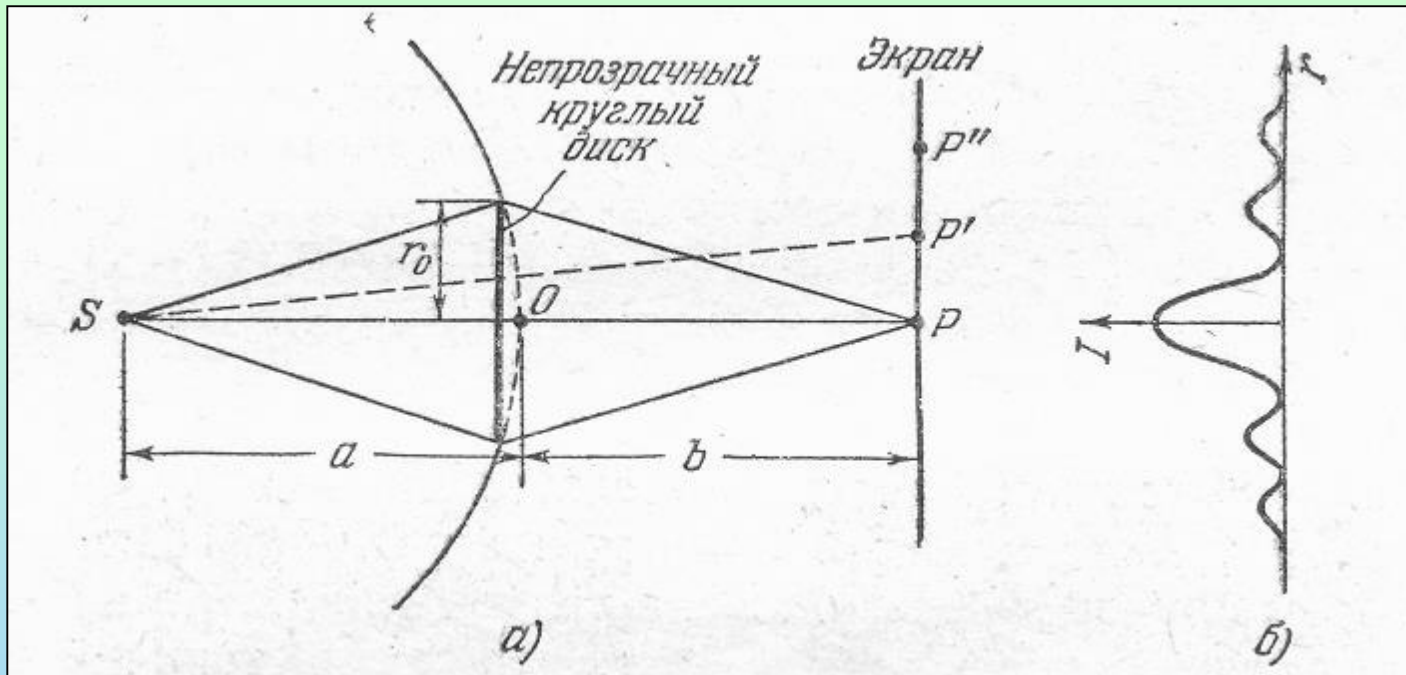
Преграда с неголям, нечетен брой открити зони на Френел ( $m = 1; 3$ ) увеличава осветеността в т.Р почти 4 пъти, т.к. амплитудата е 2 пъти по-голяма.

$$A = A_1, I = c \cdot A_1^2 - \text{с преграда}; \quad A_\infty = \frac{A_1}{2}, I_\infty = c \cdot \frac{A_1^2}{4} - \text{без преграда}$$

Дифракционната картина от кръгъл отвор е редуващи се светли и тъмни концентрични кръгове. В център ще е светло петно (нечетно  $m$ ) – фиг.а) или тъмно петно (четно  $m$ ) – фиг.б).



## 7. Дифракция зад кръгъл непрозрачен екран



Поставяме зад източника  $S$  непрозрачен кръгъл екран с радиус  $r_0$ . Той закрива първите  $m$  зони на Френел.

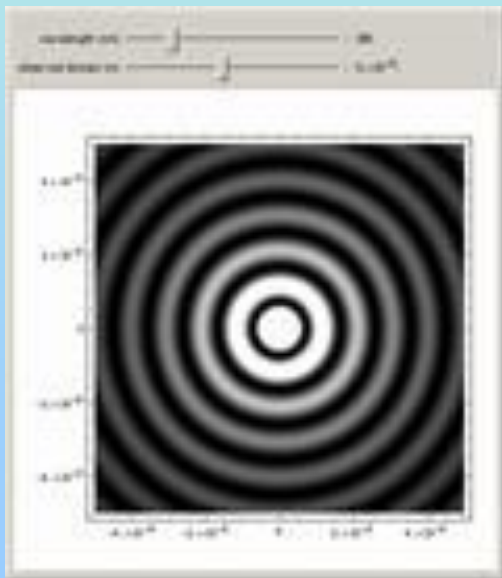
В т. Р:

$$A(P) = A_{m+1} - A_{m+2} + A_{m+3} \dots = \frac{A_{m+1}}{2} + \left( \frac{A_{m+1}}{2} - A_{m+2} + \frac{A_{m+3}}{2} \right) + \dots$$

Изразът в скобите е  $\sim 0 \Rightarrow A(P) = \frac{A_{m+1}}{2}$  ,  $I(P) = \frac{1}{4} c \cdot A_{m+1}^2$

Ако  $m$  е малко:  $I_{\infty} = c \cdot \frac{1}{4} A_1^2$

$A_{m+1} \approx A_1$  ,  $I(P) \approx I_{\infty}(P)$  - при отсъствие на преграда,



Дифракционната картина е редуващи се светли и тъмни концентрични кръгове. Винаги в центъра има светло петно – петно на Пуасон. То зависи от броя на френеловите зони.