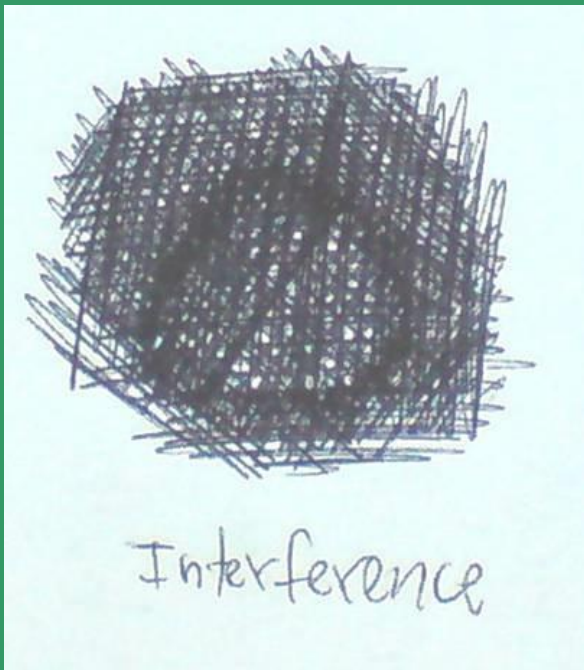


ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ НА СВЕТЛИНАТА



Лектор: проф. д-р Т. Йовчева



1. Събиране на монохроматични вълни

Разглеждаме два монохроматични източника с еднаква честота и еднаква поляризация, независими един от друг.

В дадена точка от пространството тези вълни се сумират по принципа на суперпозицията и предизвикват резултантно трептене със същата честота и постоянна с времето амплитуда, зависеща от разликата във фазите на двете вълни за дадената точка.

$$E_1 = E_{01} \cdot \cos(\omega \cdot t - k_1 \cdot r_1 + \alpha_1) = E_{01} \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi_1), \quad \varphi_1 = k_1 \cdot r_1 - \alpha_1$$

$$E_2 = E_{02} \cdot \cos(\omega \cdot t - k_2 \cdot r_2 + \alpha_2) = E_{02} \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi_2), \quad \varphi_2 = k_2 \cdot r_2 - \alpha_2$$

Резултантното трептене е :

$$E = E_1 + E_2$$

Резултантния интензитет е : $I = c \cdot E_0^2$

$$I = c \cdot [E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02} \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)]$$

2. Интерференция на светлината

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Означаваме фазовата разлика като:

$$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = k_2 r_2 - \alpha_2 - k_1 r_1 + \alpha_1$$

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos \delta$$

Интерференчен член

а) $\alpha_2 = \alpha_1$ или $\alpha_2 - \alpha_1 = \text{const}$, $\delta(t) = \text{const}$.

Началните фази са еднакви или постоянни с времето, т.е. **вълните са кохерентни**. Тогава се наблюдава интерференция.

$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = k_2 r_2 - k_1 r_1 = \text{const}$, за дадена точка

☞ $\delta = 0, 2\pi, \dots, 2m\pi$, четно число π , $\cos\delta = 1$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}, \text{ max}$$

☞ $\delta = \pi, 3\pi, \dots, (2m+1)\pi$, нечетно число π , $\cos\delta = -1$

$$I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}, \text{ min}$$


Интерференция – явление, при което в резултат на наслагване на кохерентни вълни става преразпределение на светлинния поток в пространството и възникват максимуми и минимуми на интензитета.

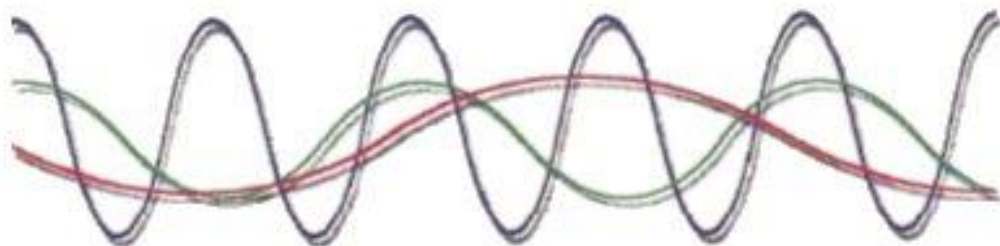
б) $\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = f(t),$

тъй като $\alpha_2 - \alpha_1 = f(t)$ – некохерентни вълни

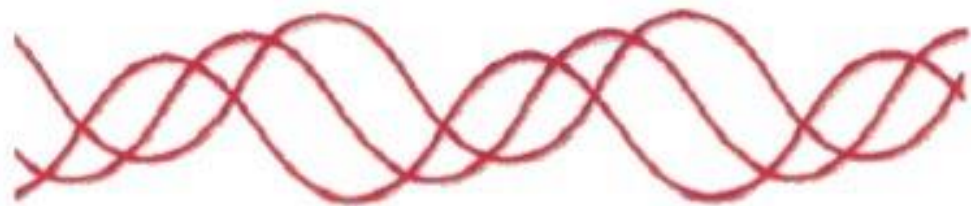
В случай на некохерентни вълни δ непрекъснато се изменя, приемайки с равна вероятност произволни стойности, т.е $\langle \cos\delta \rangle = 0$

$$I = I_1 + I_2$$

 **Кохерентност** се нарича съгласуваното протичане на няколко трептения или вълнови процеси. Степента на тази съгласуваност е различна, за това се въвежда понятието **степен на кохерентност** на две вълни: $\gamma/(1-\gamma)$.



Sunlight (many different colors)



LED: one color (monochromatic) and waves not in phase (non-coherent)



LASER: One color (monochromatic) and waves in phase (coherent)

Кохерентни в класическия смисъл са две вълни, които имат:

- една и съща честота
- запазват постоянна разликата във фазите си за времето на наблюдение.

Условия за кохерентност

▶ Пространствена кохерентност

$\vec{k}_{01} = \vec{k}_{02}$ - вълните са излъчени от точков източник;

▶ Временна кохерентност

$\omega_1 = \omega_2$ - вълните са напълно монохроматични;

▶ $\delta(t) = \text{const}$;

▶ $A_{01}, A_{02} = \text{const}$;

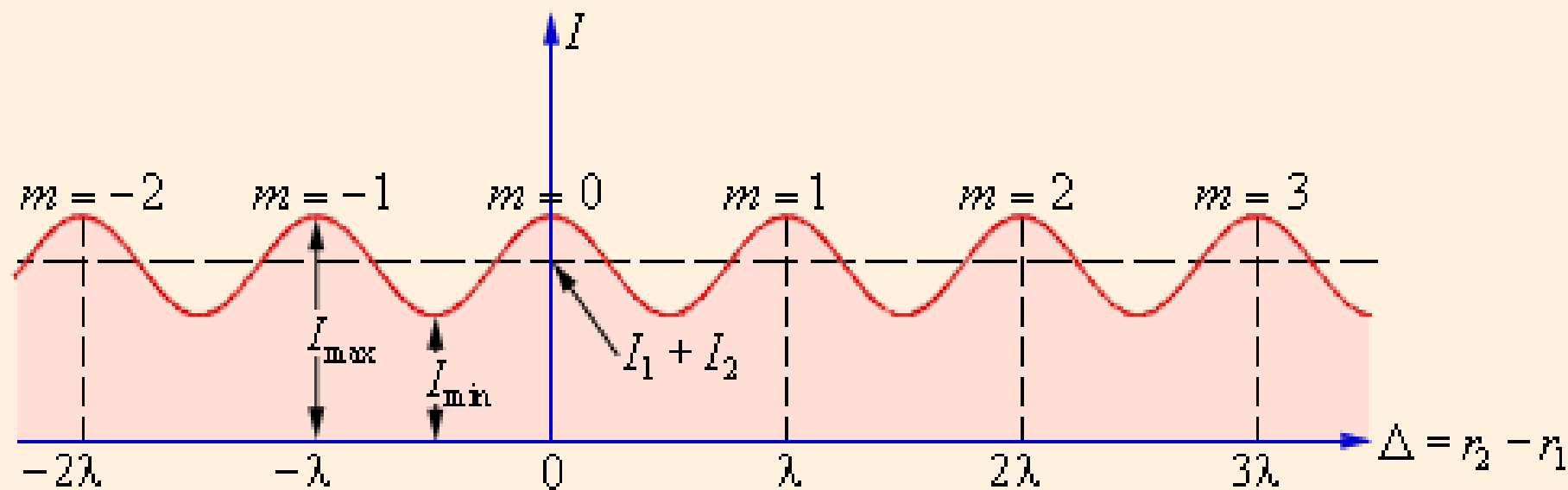
▶ еднаква поляризация ;

▶ $A_{01} = A_{02}$.



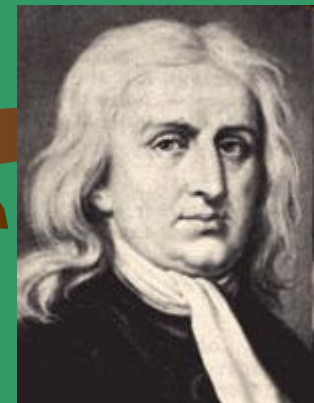
Распределение на интензитета в интерференчната картина.

Цяло число m - порядък на интерференчните максимуми



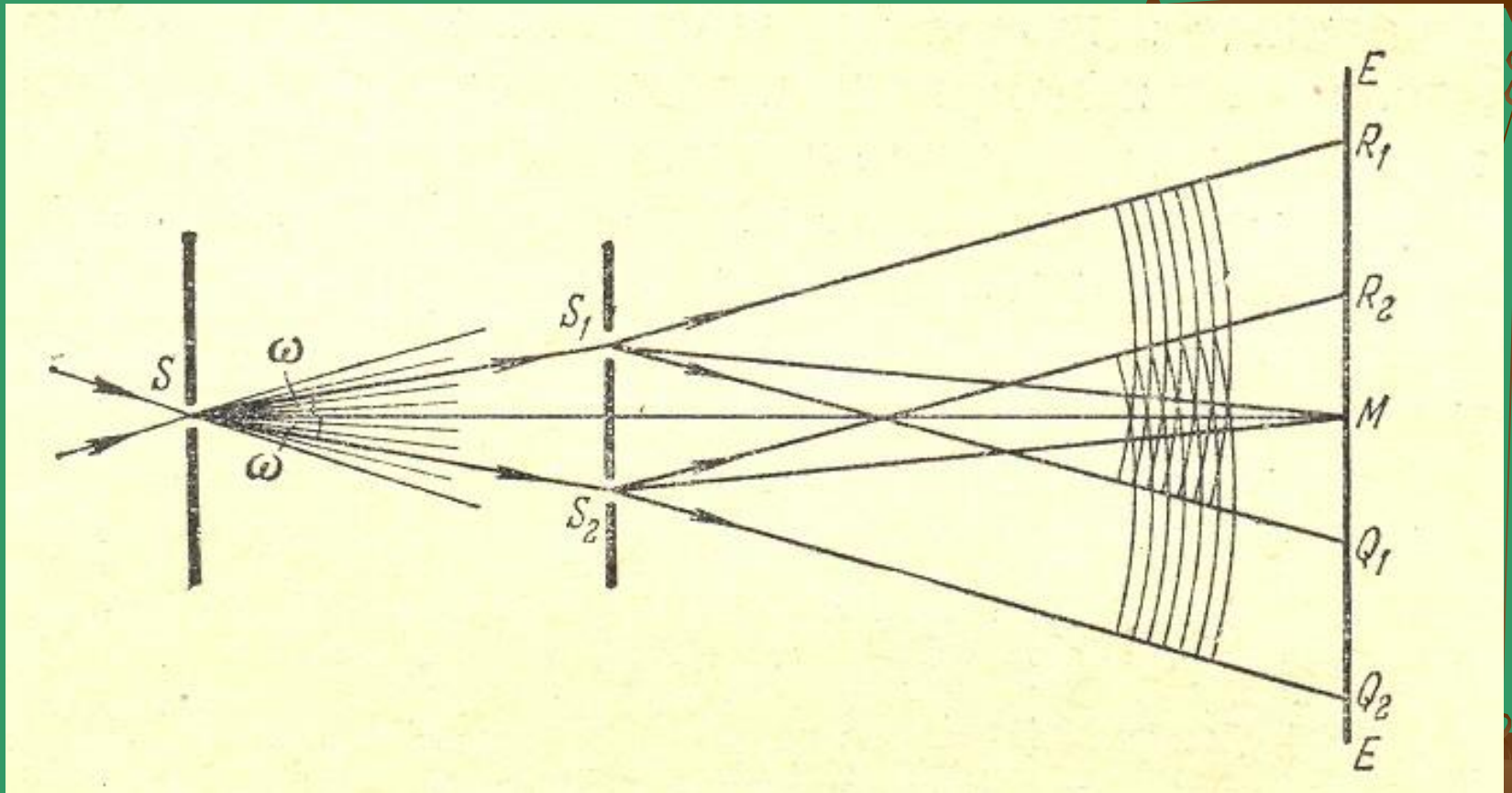
Експериментално наблюдение на явленияето интерференция на светлината

- Първи експеримент за наблюдение на интерференция на светлината в лабораторни условия – Исак Нютон.
- Нютонови пръстени – ИК е концентрични кръгове. Нютон не успява да обясни чрез корпускулярната теория, защо се появяват тези кръгове. Но, разбира, че явленияето е свързано с някаква периодичност на светлинните процеси.
- Първи експериментален опит на явленияето интерференция, което се обяснява с вълновата теория на светлината - опита на Томас Юнг 1802г.
- Юнг първи разбира, че интерференция не може да се наблюдава при събиране на вълни от два независими източника.



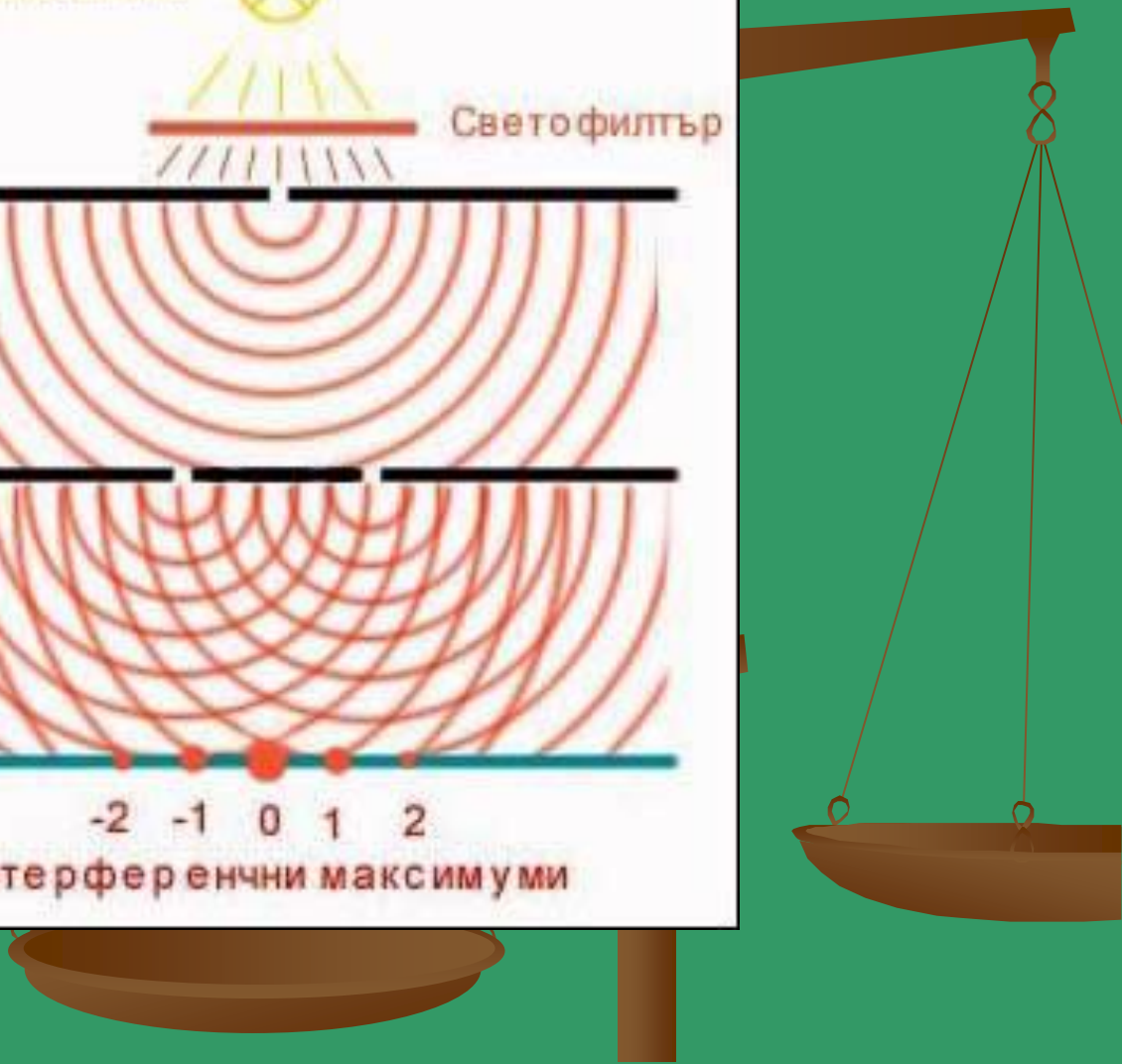
3.1 Опыт на Юнг

Първа експериментална установка за демонстрация на интерференцията на светлината (1802г.).



$\angle S_1SS_2$ – апертура на интерференция при опыта на Юнг.

Опит на Юнг



3.2. Оптичен път

Явлението интерференция е свързано с разликата във фазите, с която пристигат лъчите в дадена точка, а самите фази зависят от това, колко дължини на вълната могат да се насложат в разстоянието от източника до разглежданата точка. Този брой зависи от средата, в която се разпространява лъча.

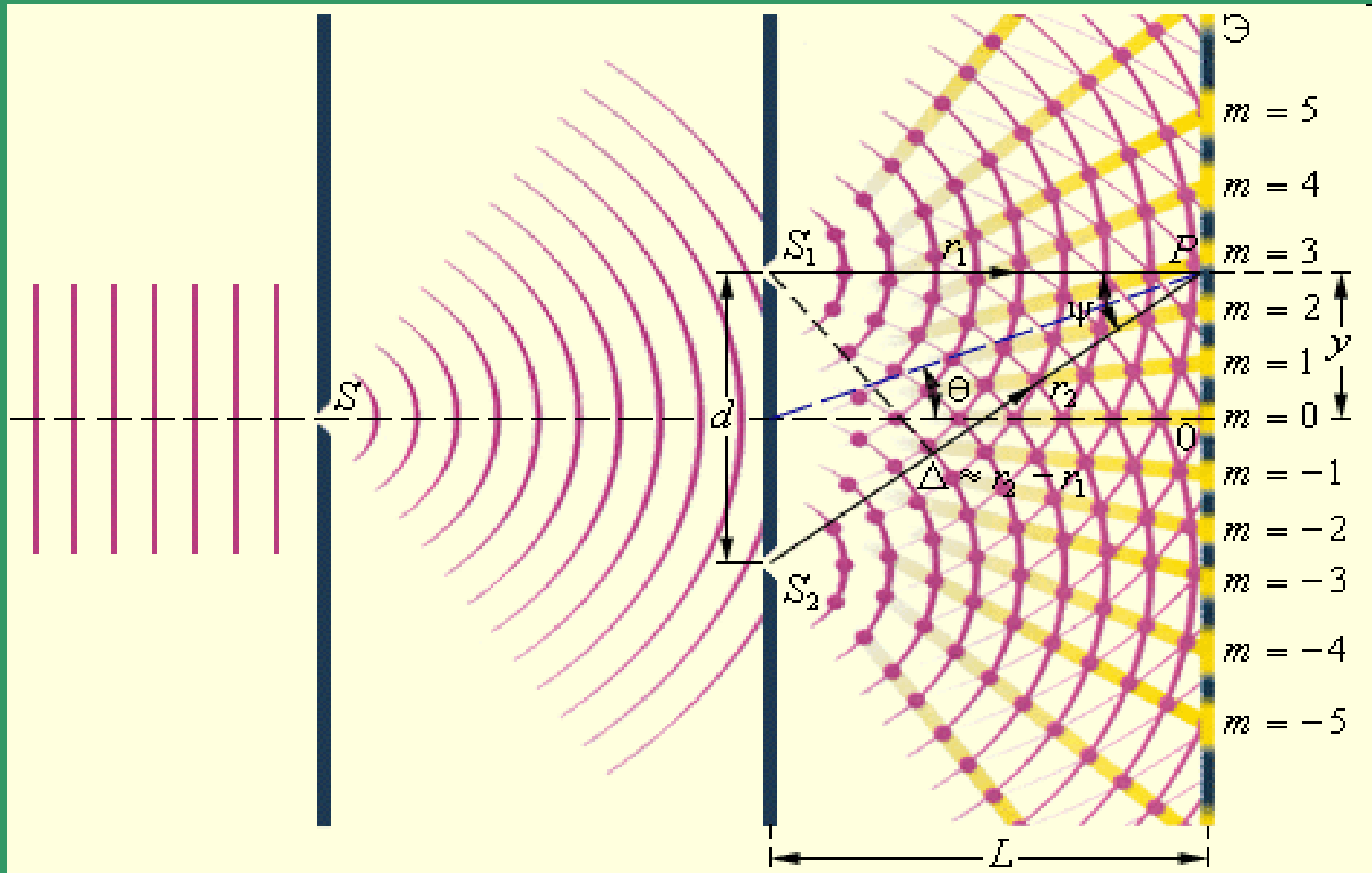
$$L = n \cdot r \quad - \text{оптичен път}$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot (n_2 \cdot r_2 - n_1 \cdot r_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta \quad - \text{разлика във фазите}$$

λ_0 - дължина на вълната на светлинните трептения във вакуум,

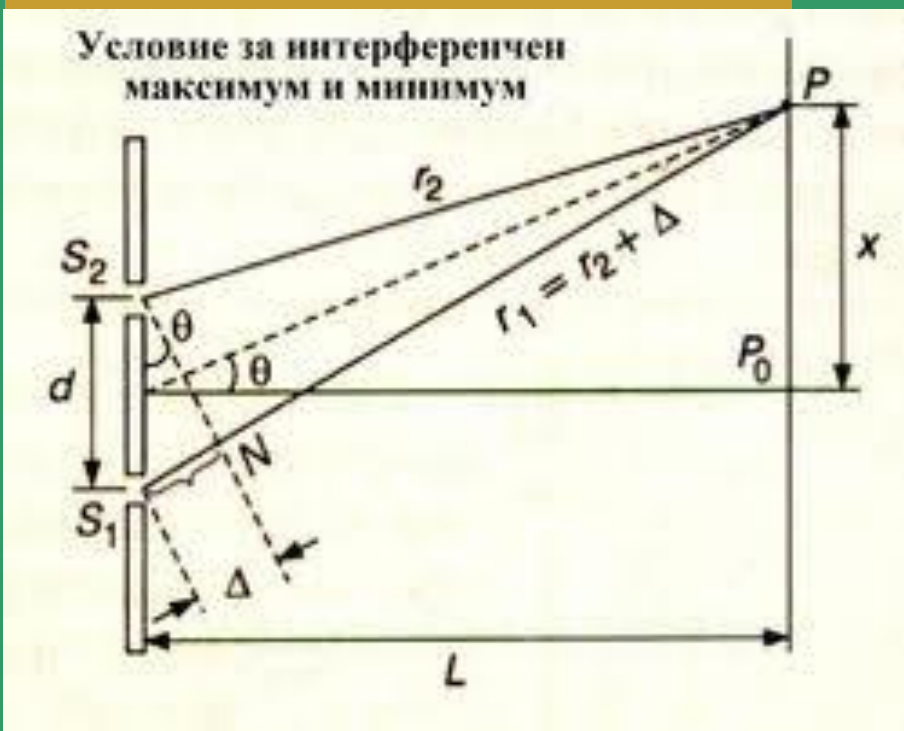
Δ - разлик в оптичните пътища.

Опыт на Юнг



4. Условия за получаване на максимуми и минимуми

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos \delta$$



$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta, \quad E_{01} = E_{02} = E_0$$

а) Условия за максимум –

$$I = I_{\max} = 4I_0 \quad (\cos \delta = 1)$$

$$\delta = 2m \cdot \pi \quad \text{или} \quad \Delta = 2m \cdot \frac{\lambda}{2}$$

б) Условия за минимум – $I = I_{\min} = 0 \quad (\cos \delta = -1)$

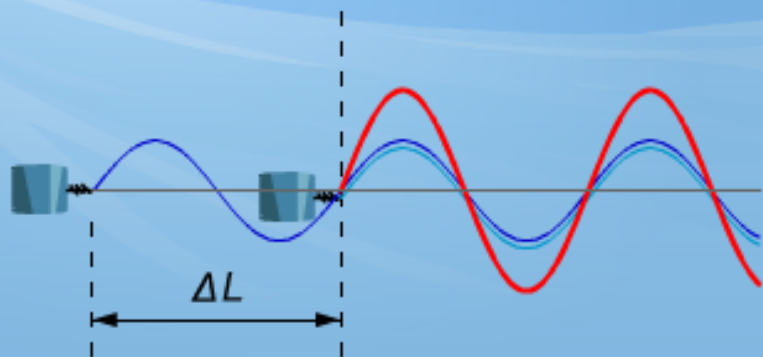
$$\delta = (2m+1) \cdot \pi \quad \text{или} \quad \Delta = (2m+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$m = \frac{\delta}{2\pi} = \frac{\Delta}{\lambda}$$

- порядък на интерференчните линии

$$\Delta L = 1.00\lambda$$

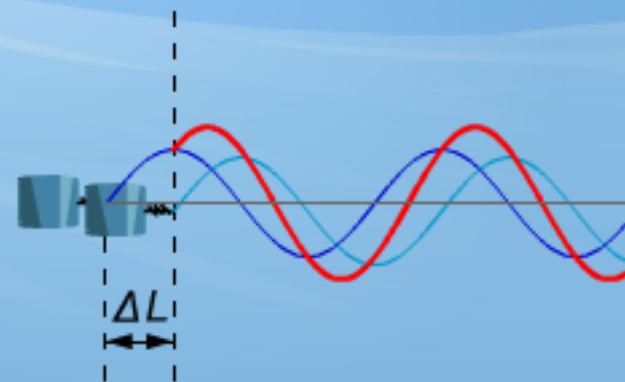
фазова разлика $= 2,0\pi$



интерференчни максимуми

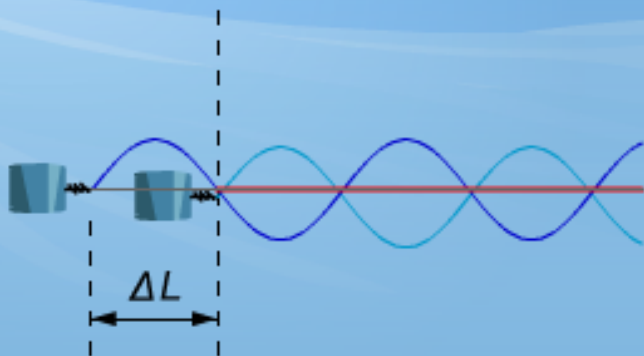
$$\Delta L = 0.25\lambda$$

фазова разлика $= 0,5\pi$



$$\Delta L = 0.50\lambda$$

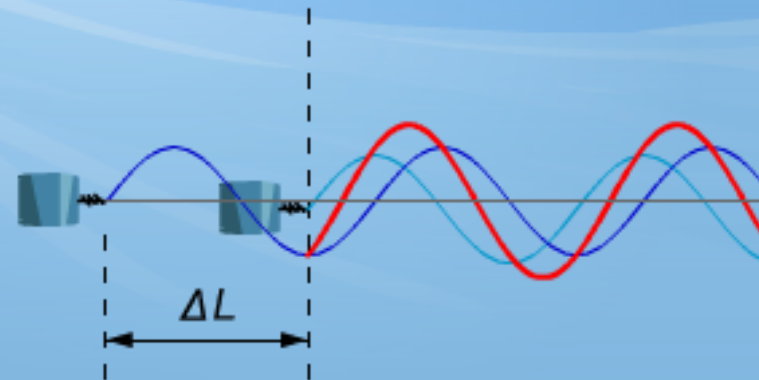
фазова разлика $= 1,0\pi$



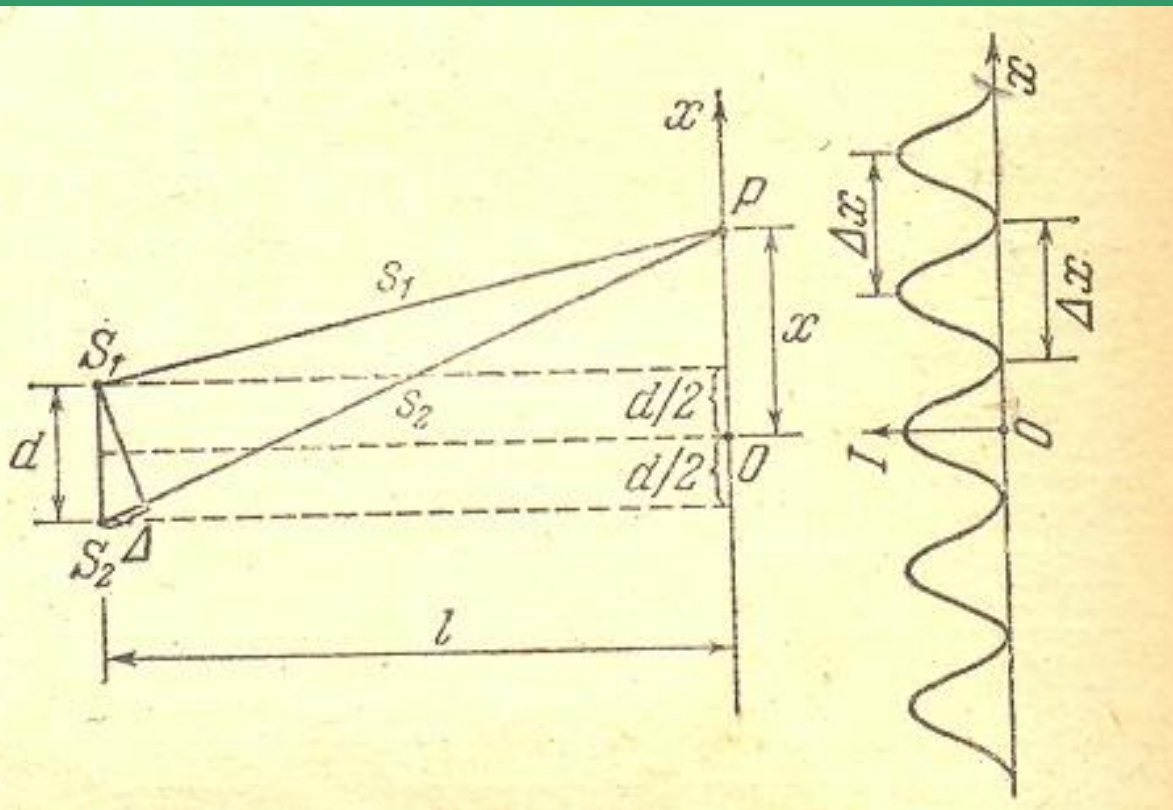
интерференчни минимуми

$$\Delta L = 0.75\lambda$$

фазова разлика $= 1,5\pi$



5. Анализ на интерференчната картина



$$\Delta = (s_2 - s_1) \cdot n, \quad n_e = 1$$

$$s_1^2 = l^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

$$s_2^2 = l^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2$$

$$s_2^2 - s_1^2 = 2 \cdot x \cdot d$$

$$(s_2 - s_1) \cdot (s_2 + s_1) = 2 \cdot x \cdot d$$

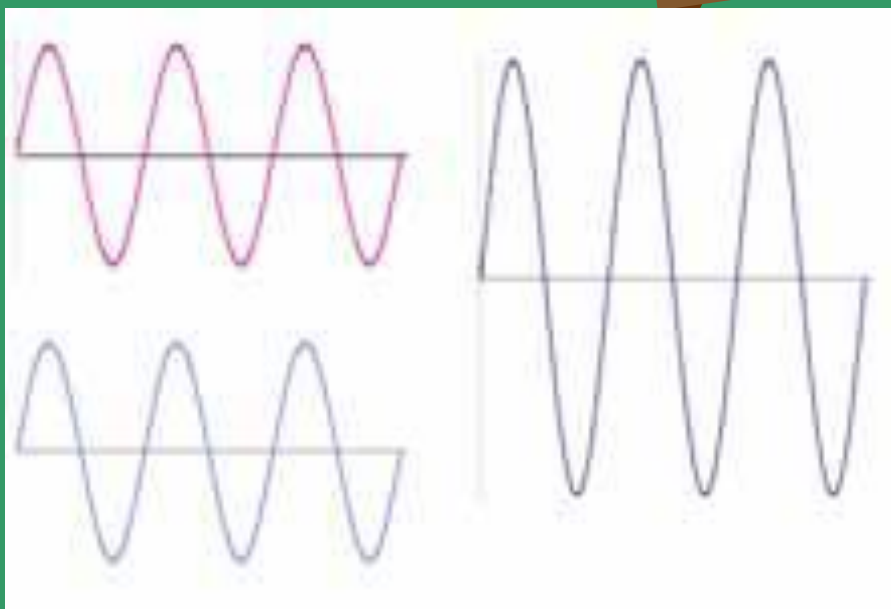
$$\Delta \cdot 2l = 2 \cdot x \cdot d$$

$$\Delta = \frac{d}{l} \cdot x$$

- разлика в оптичните пътища

☞ **Максимум** – при стойности $x_{\max} = x_m$ на екрана се наблюдават максимуми

$$\Delta = \frac{d}{l} \cdot x_m = m \cdot \lambda; \quad x_m = m \cdot \frac{l}{d} \cdot \lambda$$

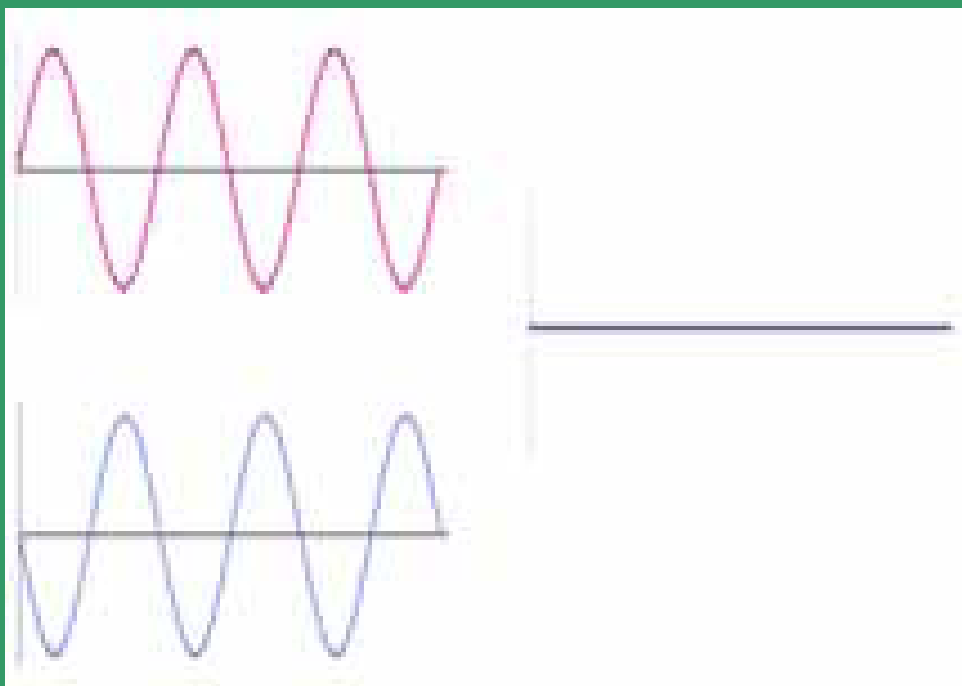


**Конструктивна интерференция
(Интерференчен максимум)**



☞ **Минимум** – при стойности $x_{\min} = x'_m$ на екрана се наблюдават минимуми

$$\Delta = \frac{d}{l} \cdot x'_m = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}; \quad x'_m = (2m + 1) \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\lambda}{2}$$



**Деструктивна интерференция
(Интерференчен минимум)**



☞ Ширина на интерференчна линия

$\Delta x = (x_m - x_{m-1})$ - разстояние между интерференчни линии

$\Delta x = (x'_m - x'_{m-1})$ - ширина на интерференчна линия

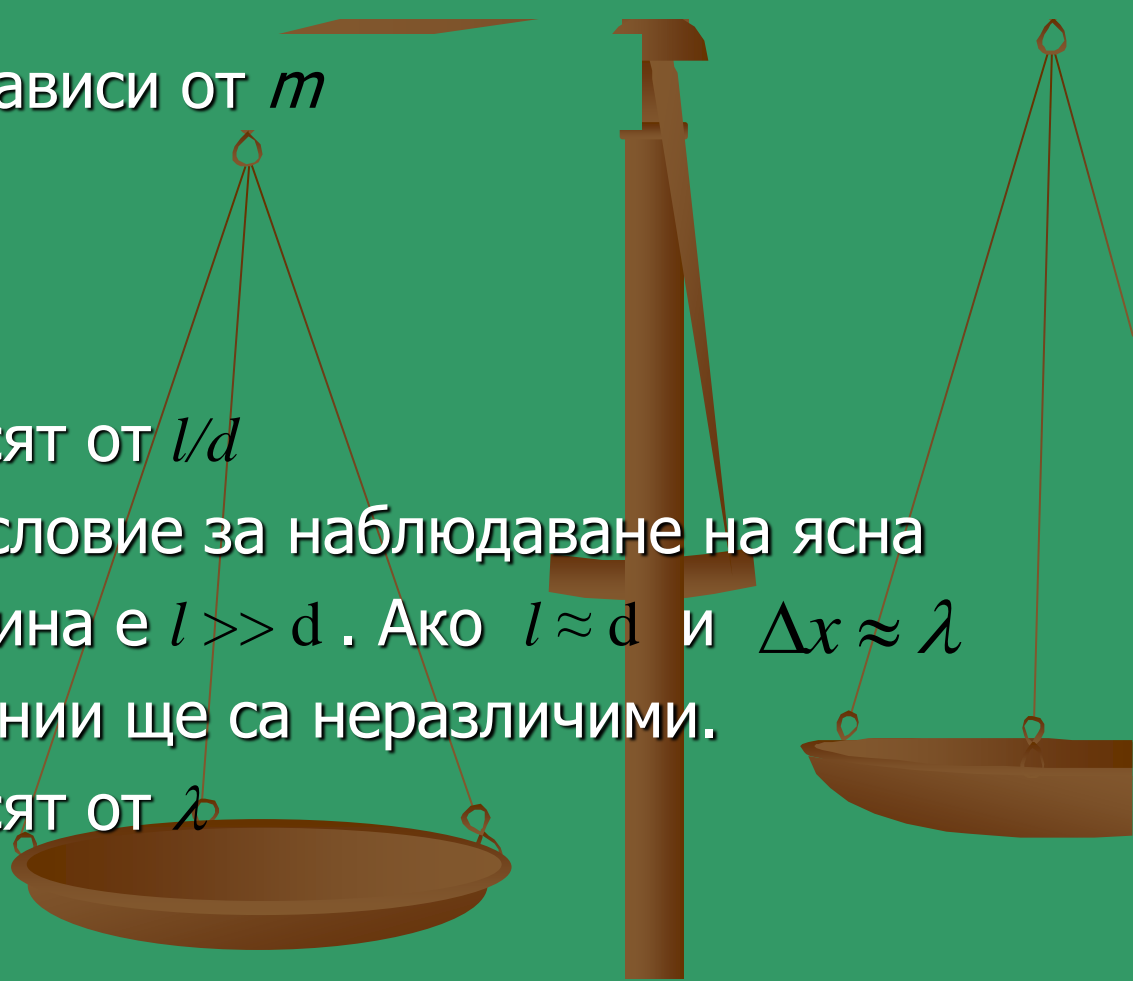
$$\Delta x = \frac{l}{d} \cdot \lambda \quad - \text{не зависи от } m$$

ИЗВОДИ:

✓ $x_m, x'_m, \Delta x$ зависят от l/d

Необходимо условие за наблюдаване на ясна интерференчна картина е $l \gg d$. Ако $l \approx d$ и $\Delta x \approx \lambda$ интерференчните линии ще са неразличими.

✓ $x_m, x'_m, \Delta x$ зависят от λ



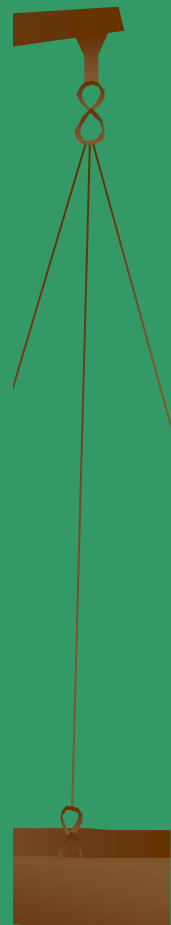
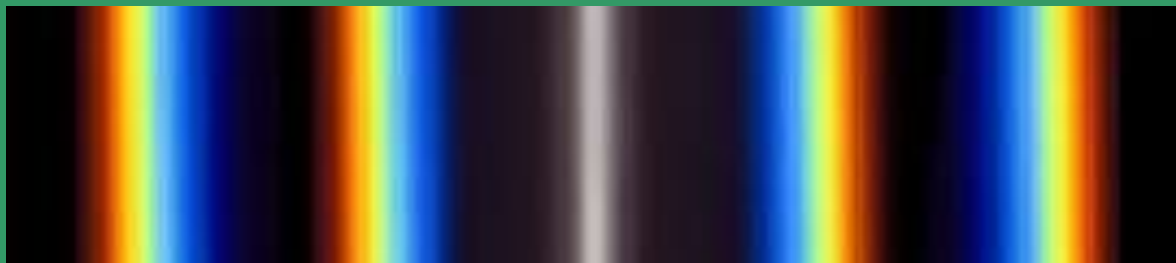
ИЗВОДИ:

$$x_m = m \cdot \frac{l}{d} \cdot \lambda$$

◇ Бяла светлина:

➤ За $m = 0$ при $x = 0$ се наблюдава нулев максимум за всички λ (бял, нецветен).

➤ За $m \neq 0$ при $x \neq 0$ максимумите за различните λ са отместени. Най-близко до нулевия максимум е максимумът за цвета с минимална λ (син). С отдалечаване от нулевия максимум, максимумите за различни λ се отместват един спрямо друг все повече и повече. Това води до наслагване на ивици и размазване на картината.



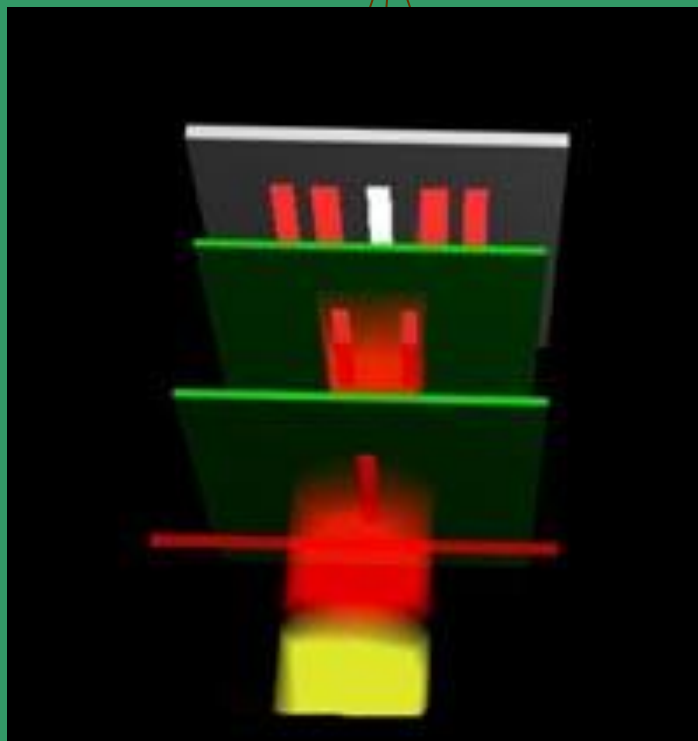
◇ Монохроматична светлина:

Броят различни интерференчните линии значително нараства. Оцветени са в един цвят.

✓ Δx - не зависи от m .

За дадено λ ширината Δx не се променя.

$$\Delta x = \frac{l}{d} \cdot \lambda$$



Измерване на дължината на вълната

