

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН

Световой вектор. Интенсивность света

Интерференция света. Условия максимума и минимума

Связь между разностью фаз и разностью хода. Оптическая разность хода

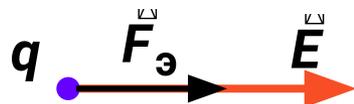
Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников

Способы получения когерентных волн

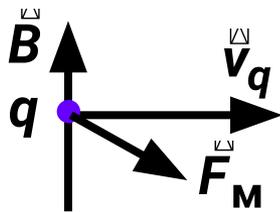
Световой вектор

Оценим силы, действующие на заряженные частицы со стороны электромагнитной волны

$$F_{\text{Э}} = qE$$



$$F_{\text{М}} = qv_q B$$



$$\frac{F_{\text{Э}}}{F_{\text{М}}} = \frac{E}{v_q B} = \frac{E}{v_q \mu \mu_0 H} = \frac{E \sqrt{\mu \mu_0}}{v_q \mu \mu_0 \sqrt{\epsilon \epsilon_0} E} = \frac{v_{\text{ф}}}{v_q} \approx 10^4$$

\vec{E} - световой вектор

$$E_y = E_m \cos(\omega t - kr)$$

$$H_z = H_m \cos(\omega t - kr)$$

$$\sqrt{\epsilon \epsilon_0} E_m = \sqrt{\mu \mu_0} H_m$$

Интенсивность света

$$\vec{S} = [\vec{E} \vec{H}]$$

$$\nu = (3,9 - 7,5) \cdot 10^{14} \text{ 1/c}$$

Модуль среднего по времени значения плотности потока энергии, переносимой световой волной, называется **интенсивностью света** I в данной точке пространства.

$$I = \left| \frac{1}{\tau_0} \int_0^\tau [\vec{E} \vec{H}] dt \right|$$

$$\sqrt{\epsilon \epsilon_0} E_m = \sqrt{\mu \mu_0} H_m$$

$$H_m \sim n E_m$$

$$I \sim n E_m^2$$

Интерференция света

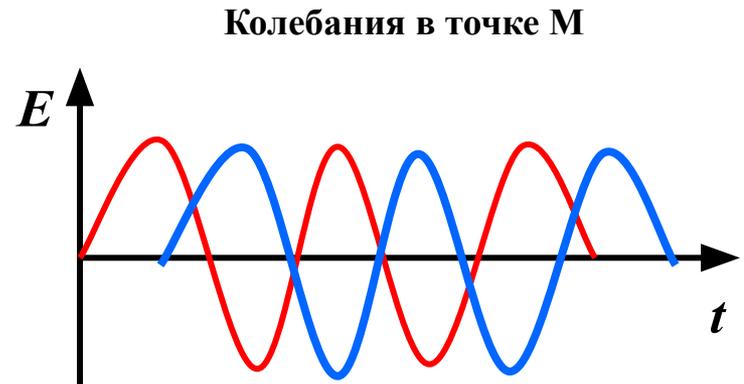
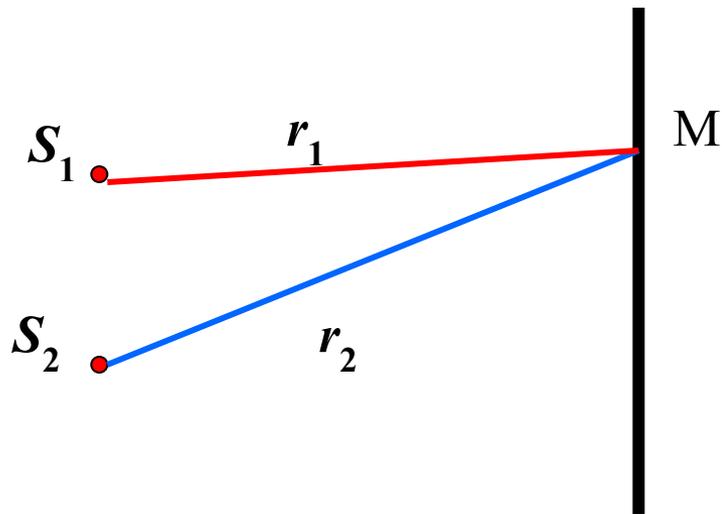
Интерференцией называется явление перераспределения энергии в пространстве, связанное с наложением двух и более волн.

Результат интерференции в данной точке пространства определяется **разностью фаз** колебаний, возбуждаемых волнами, приходящими в данную точку.

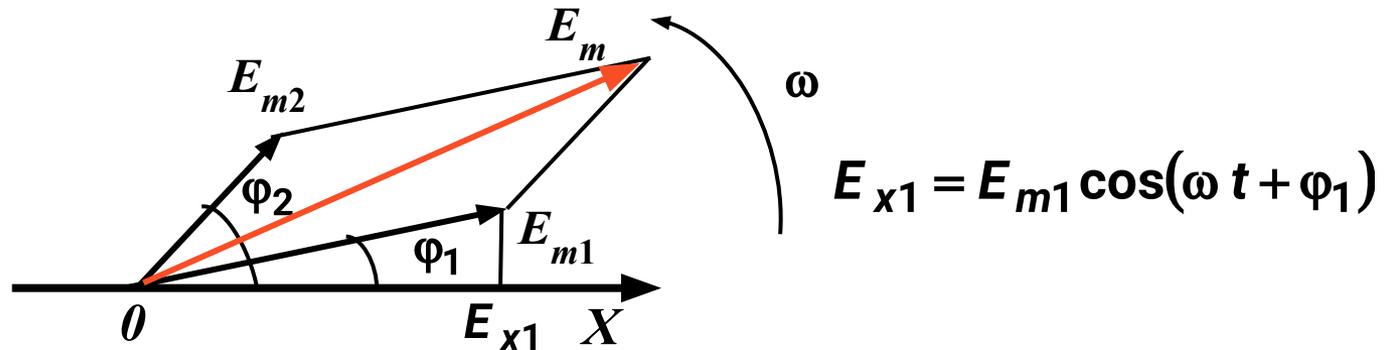
Устойчивая интерференционная картина наблюдается при наложении **когерентных** волн.

Качество интерференционной картины зависит от степени **монохроматичности** и соотношения **амплитуд** интерферирующих волн.

Условия максимума и минимума интерференции



Сложение колебаний с помощью векторной диаграммы



$$E_m^2 = E_{m1}^2 + E_{m2}^2 + 2E_{m1}E_{m2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Условия максимума: $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$

$$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi, \quad \text{где } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$E_m = E_{m1} + E_{m2}$$

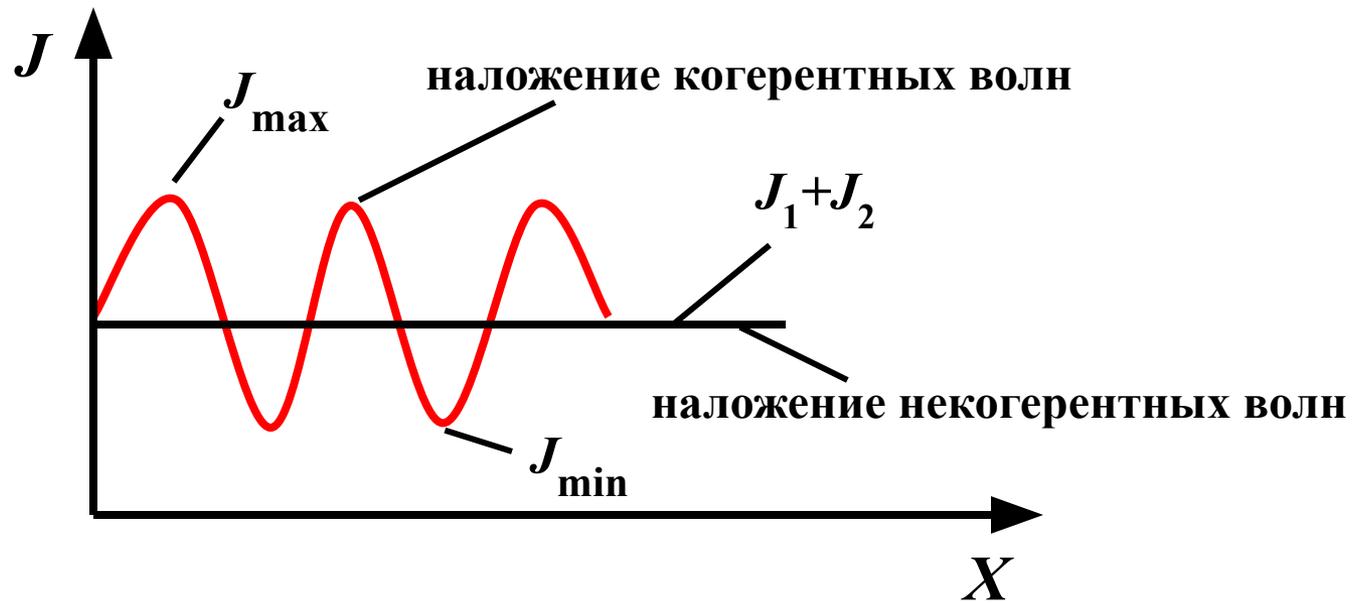
$$J = J_1 + J_2 + 2\sqrt{J_1 J_2} > J_1 + J_2$$

Условия минимума: $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$

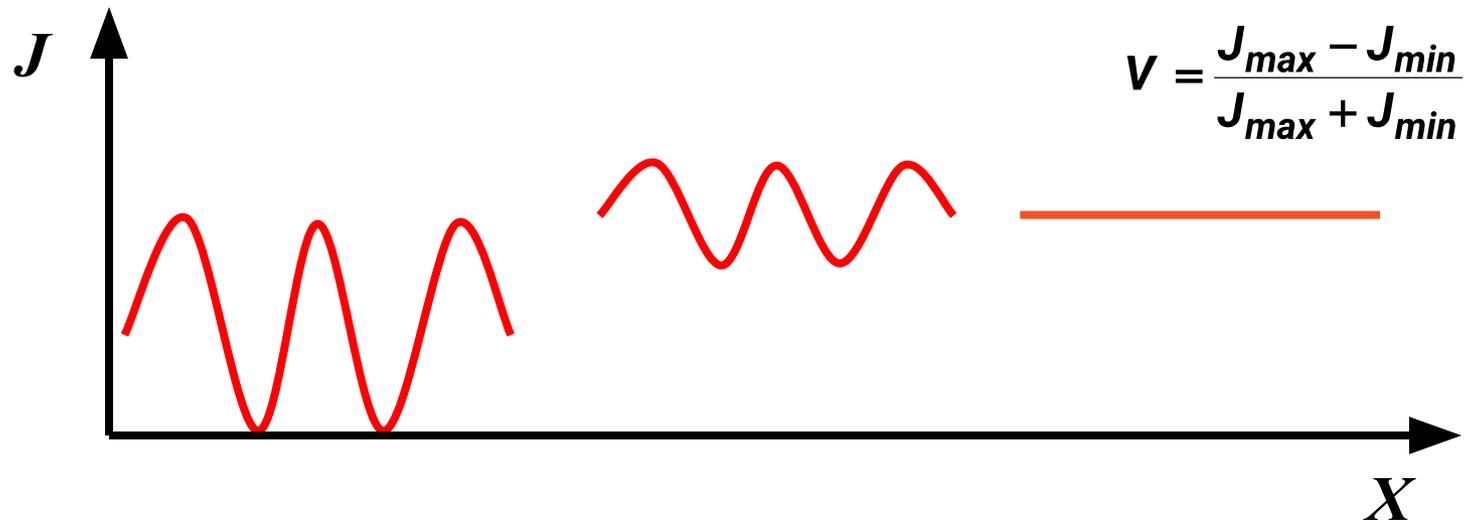
$$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = (2m + 1)\pi, \quad \text{где } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$E_m = E_{m1} - E_{m2}$$

$$J = J_1 + J_2 - 2\sqrt{J_1 J_2} < J_1 + J_2$$

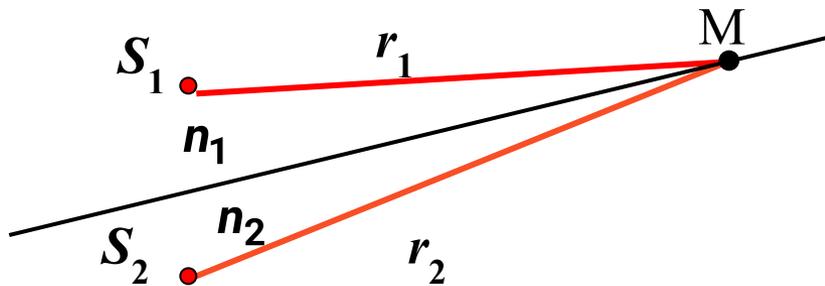


Видимость интерференционной картины



Связь между разностью фаз и разностью хода.

Оптическая разность хода



$$n_1 \neq n_2; \quad n = \frac{c}{v};$$

$$\omega_1 = \omega_2; \quad v_1 \neq v_2$$

$$\delta = \omega \left(t - \frac{r_2}{v_2} \right) - \omega \left(t - \frac{r_1}{v_1} \right) \times \frac{c}{c} \longrightarrow \delta = \frac{\omega}{c} \left(tc - \frac{cr_2}{v_2} \right) - \frac{\omega}{c} \left(tc - \frac{cr_1}{v_1} \right)$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} |n_2 r_2 - n_1 r_1|$$

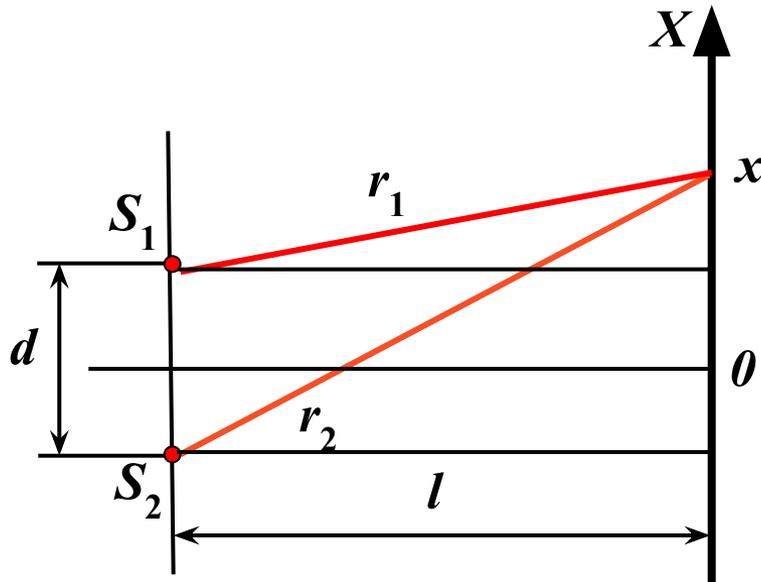
$\Delta_{\text{опт}} = |n_2 r_2 - n_1 r_1|$ – оптическая разность хода

$\Delta = |r_2 - r_1|$ – геометрическая разность хода

Условия максимума: $\Delta_{\text{опт}} = 2k \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$, где $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Условия минимума: $\Delta_{\text{опт}} = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}$, где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников



$$r_2^2 - r_1^2 = \left[l^2 + \left(x - \frac{d}{2} \right)^2 \right] - \left[l^2 + \left(x + \frac{d}{2} \right)^2 \right]$$



$$r_2^2 - r_1^2 = 2dx \quad (r_2 - r_1)(r_2 + r_1) = 2dx$$

пусть $d \ll l$, тогда $r_1 \approx r_2$

$$r_2 - r_1 = \frac{d}{l} x$$

Условие максимума: $\Delta_{\text{опт}} = 2k \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$,

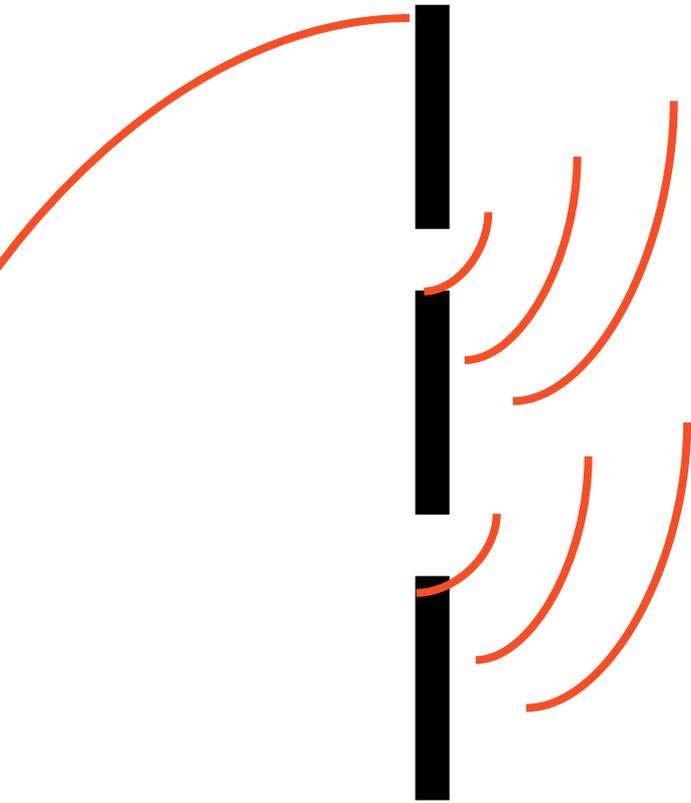
$$\Delta_{\text{опт}} = r_2 - r_1 = \frac{d}{l} x_m = k\lambda_0,$$

$x_m = k \frac{l}{d} \lambda_0$ – координаты максимума.

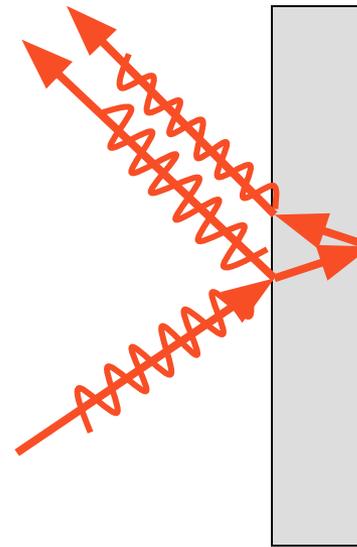
$\Delta x_m = \frac{l}{d} \lambda_0$ – **ширина интерференционной полосы.**

Способы получения когерентных волн от некогерентных источников

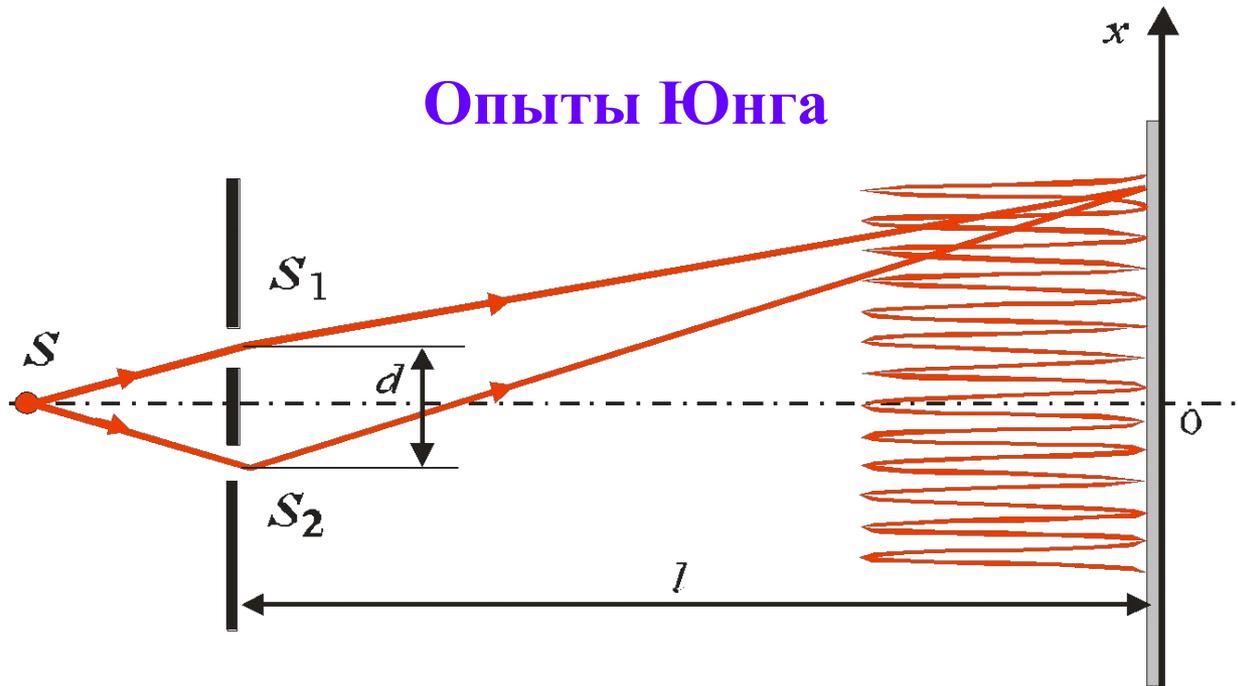
Деление фронта



Деление амплитуды



Опыты Юнга



$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ – ширина интерференционной полосы

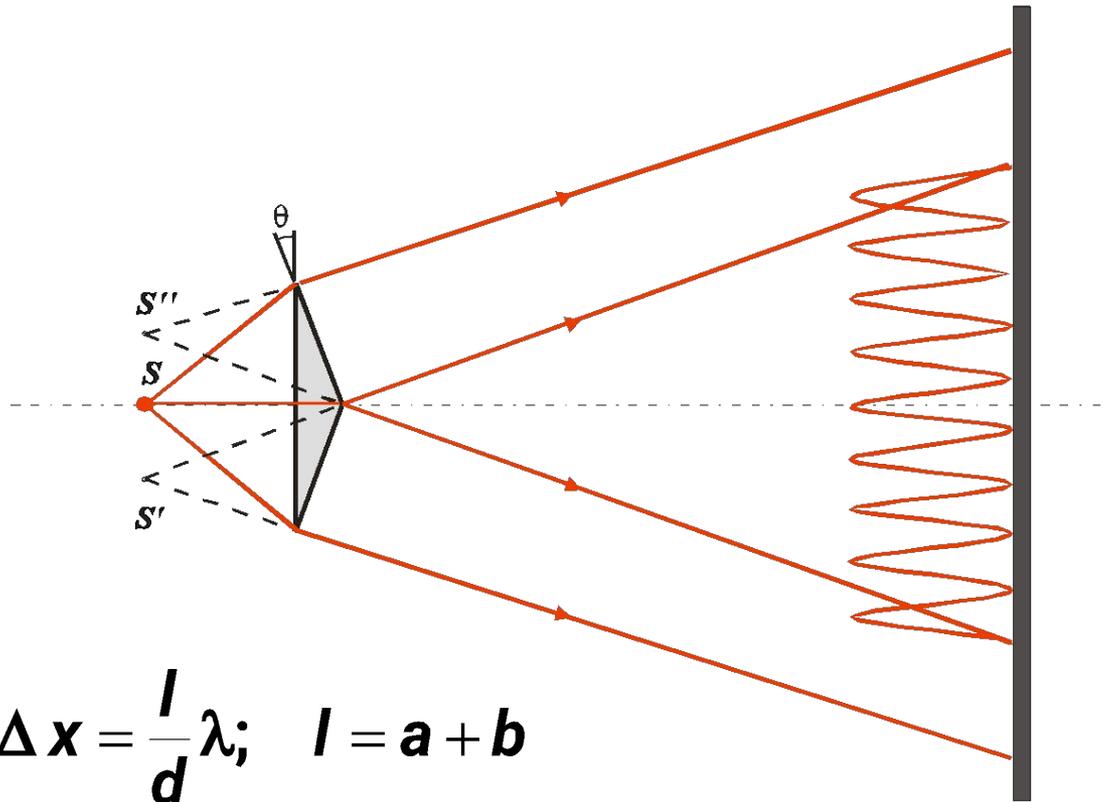
$\Delta = \frac{d}{l} x$ – разность хода

$\delta = \frac{2\pi d}{\lambda l} x$ – разность фаз

$J(x) = J_1 + J_2 + 2\sqrt{J_1 J_2} \cos(\delta)$

$J(x) = 2J_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda l} x \right) \right)$ при $J_1 = J_2 = J_0$

Бипризма Френеля



$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda; \quad l = a + b$$

$$d = 2a \sin \alpha = 2a \alpha$$

$$\alpha = \theta (n_{\text{СТ}} - n_{\text{СР}})$$

$$\Delta x = \frac{a + b}{2a\theta(n_{\text{СТ}} - n_{\text{СР}})} \lambda$$