

Тема 12. Интерференция электромагнитных волн

- 12.1. Когерентные источники и когерентные волны.



Ньютон Исаак (1643–1727)

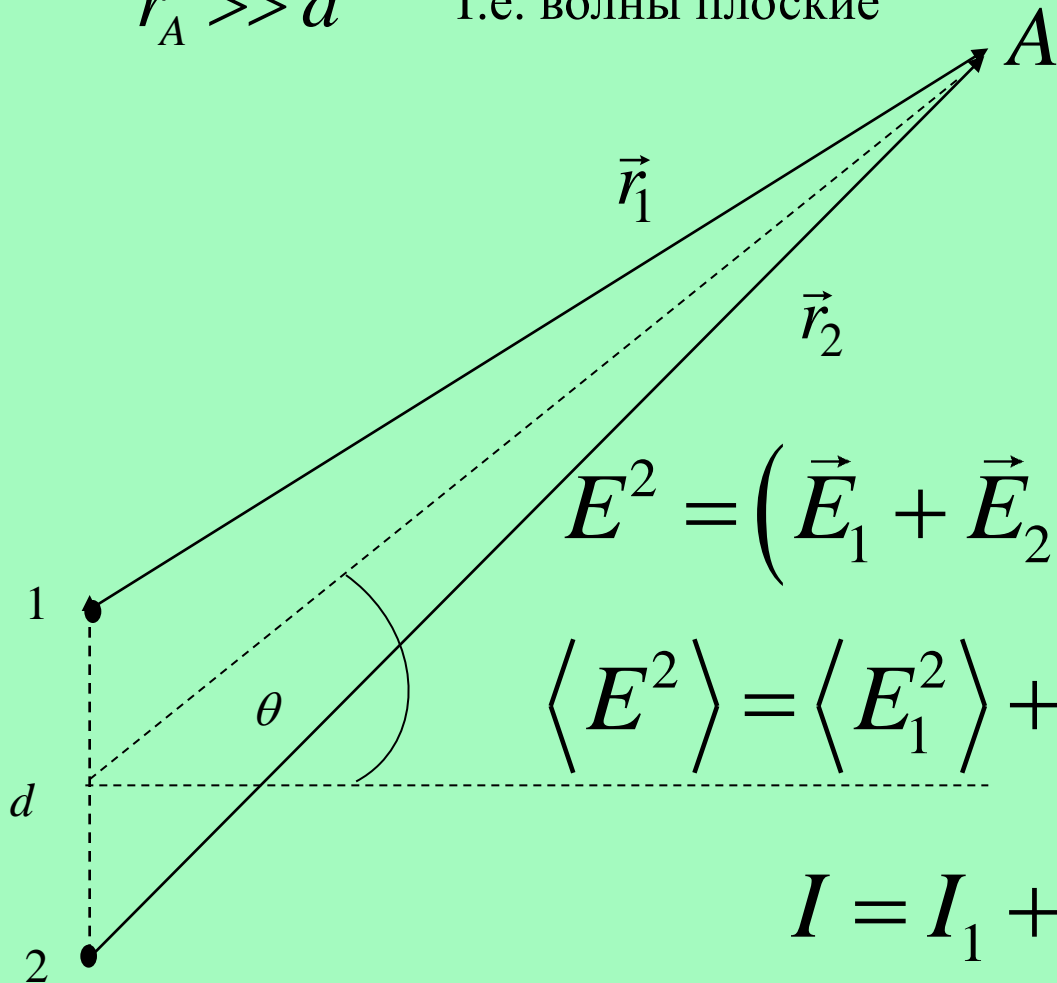


Гюйгенс Христиан (1629–95)

Волны от двух источников (линейных антенн)

$$\vec{r}_A \gg d$$

Т.е. волны плоские



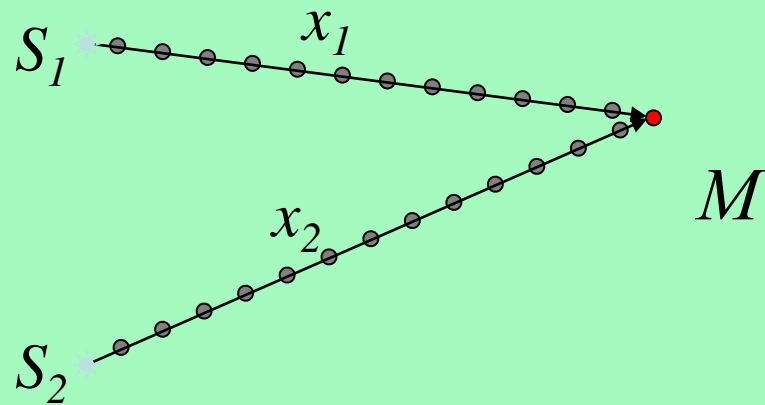
$$E^2 = (\vec{E}_1 + \vec{E}_2)^2 = E_1^2 + E_2^2 + 2\vec{E}_1\vec{E}_2$$

$$\langle E^2 \rangle = \langle E_1^2 \rangle + \langle E_2^2 \rangle + \langle 2\vec{E}_1\vec{E}_2 \rangle$$

$$I = I_1 + I_2 + ???$$

Определение когерентности волн

- 1. Если интенсивность результирующей волны аддитивна ($I = I_1 + I_2$), то волны некогерентные
- 2. Если интенсивность результирующей волны неаддитивная ($I \neq I_1 + I_2$), то волны когерентные



$$I = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_0^2$$

$$\langle E^2 \rangle = \langle E_1^2 \rangle + \langle E_2^2 \rangle + E_{01} E_{02} \langle \cos(k_1 x_1 - k_2 x_2 + \Delta\varphi) \rangle$$

$$\langle E^2 \rangle = \frac{1}{2} \langle E_{01}^2 \rangle + \frac{1}{2} \langle E_{02}^2 \rangle + E_{01} E_{02} \langle \cos(k_1 x_1 - k_2 x_2 + \Delta\varphi) \rangle$$

Интенсивность результирующей волны в точке M

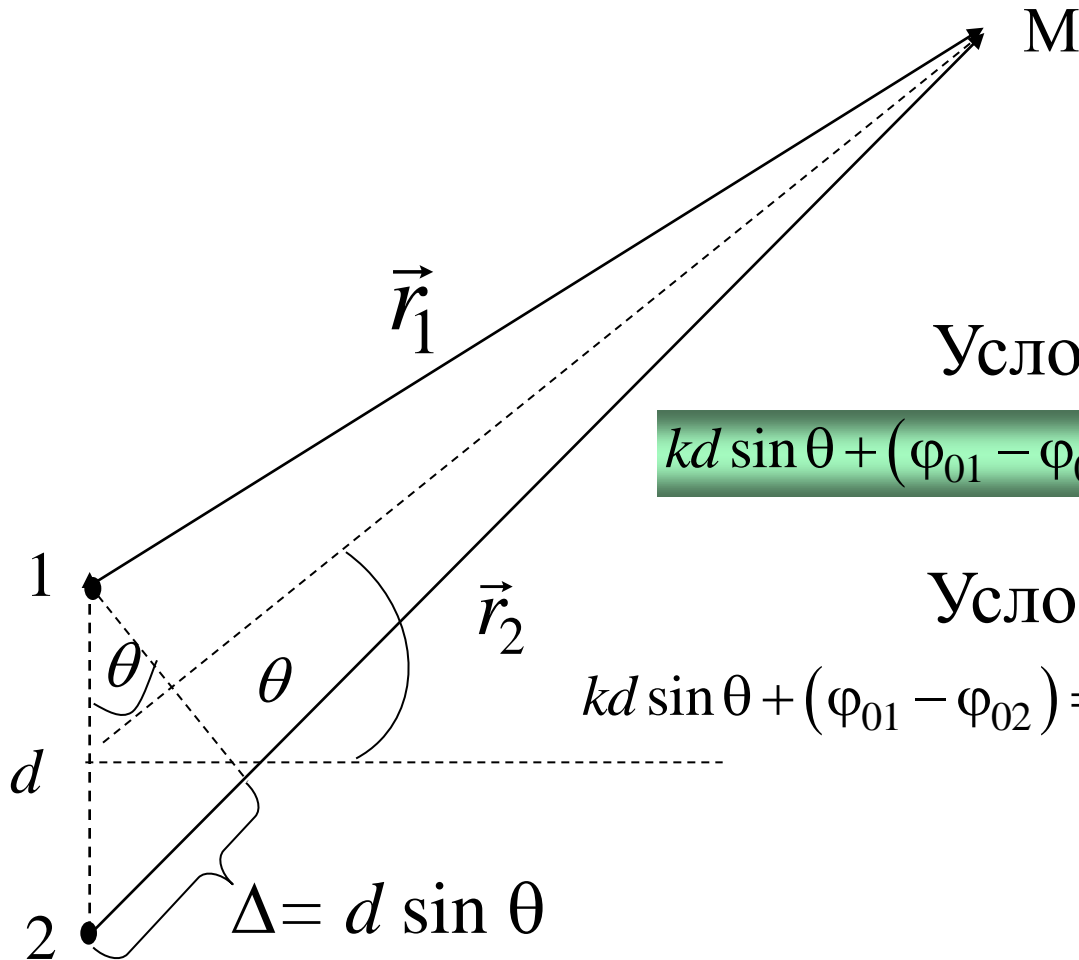
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(k_1 x_1 - k_2 x_2 + \Delta\varphi)$$

Тема 12. Интерференция электромагнитных волн

- 12.1. Когерентные источники и когерентные волны
- 12.2. Интерференция волн от двух когерентных источников



$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos[kd \sin \theta + (\varphi_{01} - \varphi_{02})]$$



Условие максимумов:

$$kd \sin \theta + (\varphi_{01} - \varphi_{02}) = 2n\pi, \quad \text{где } n = (0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Условие минимумов:

$$kd \sin \theta + (\varphi_{01} - \varphi_{02}) = (2n + 1)\pi, \quad \text{где } n = (0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Интерференция -

-устойчивое во времени пространственное распределение амплитуд суммарной волны от когерентных источников, приводящее к неаддитивности интенсивностей

$$(I \neq I_1 + I_2)$$

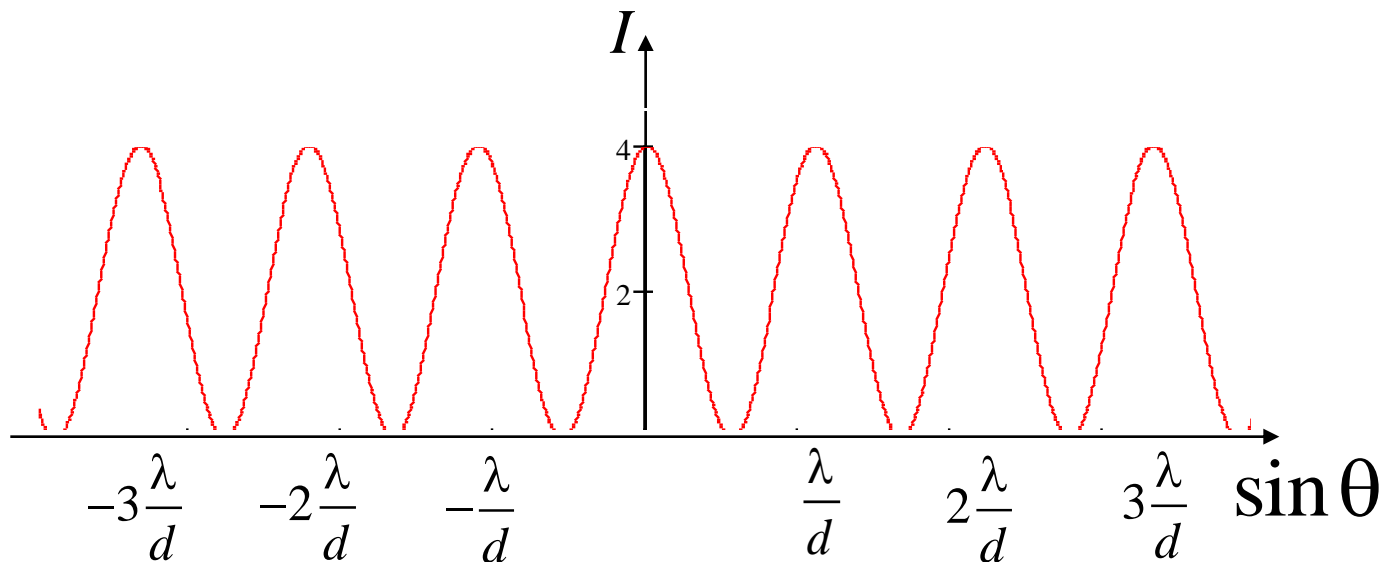
$$\left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2 \leq I \leq \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2$$

Если $I_1 = I_2 = I_0 \implies 0 \leq I \leq 4I_0$

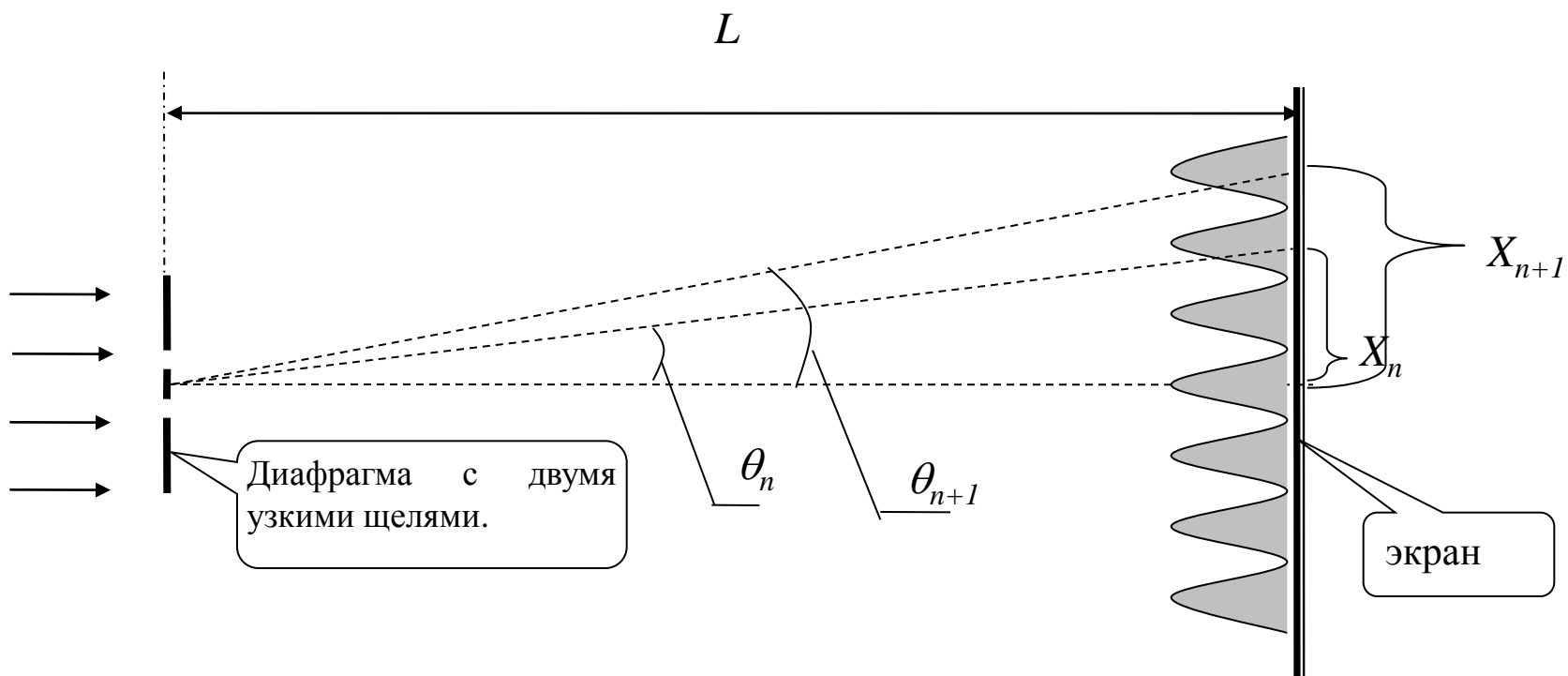
$$I = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{1}{2} kd \sin \theta \right)$$

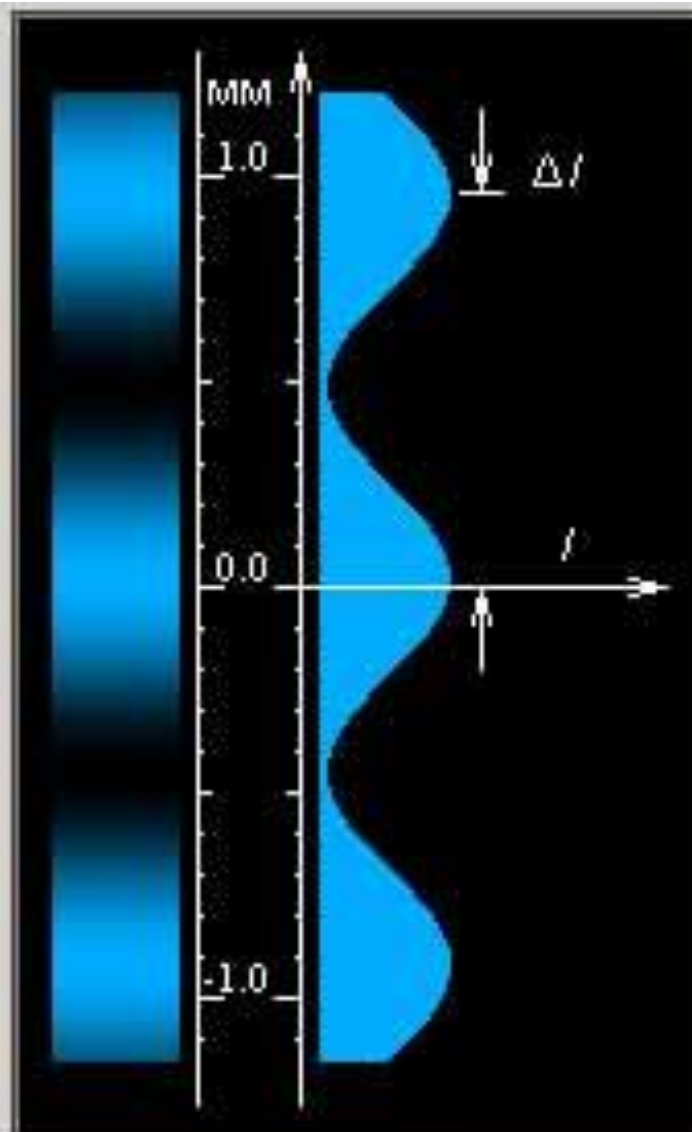
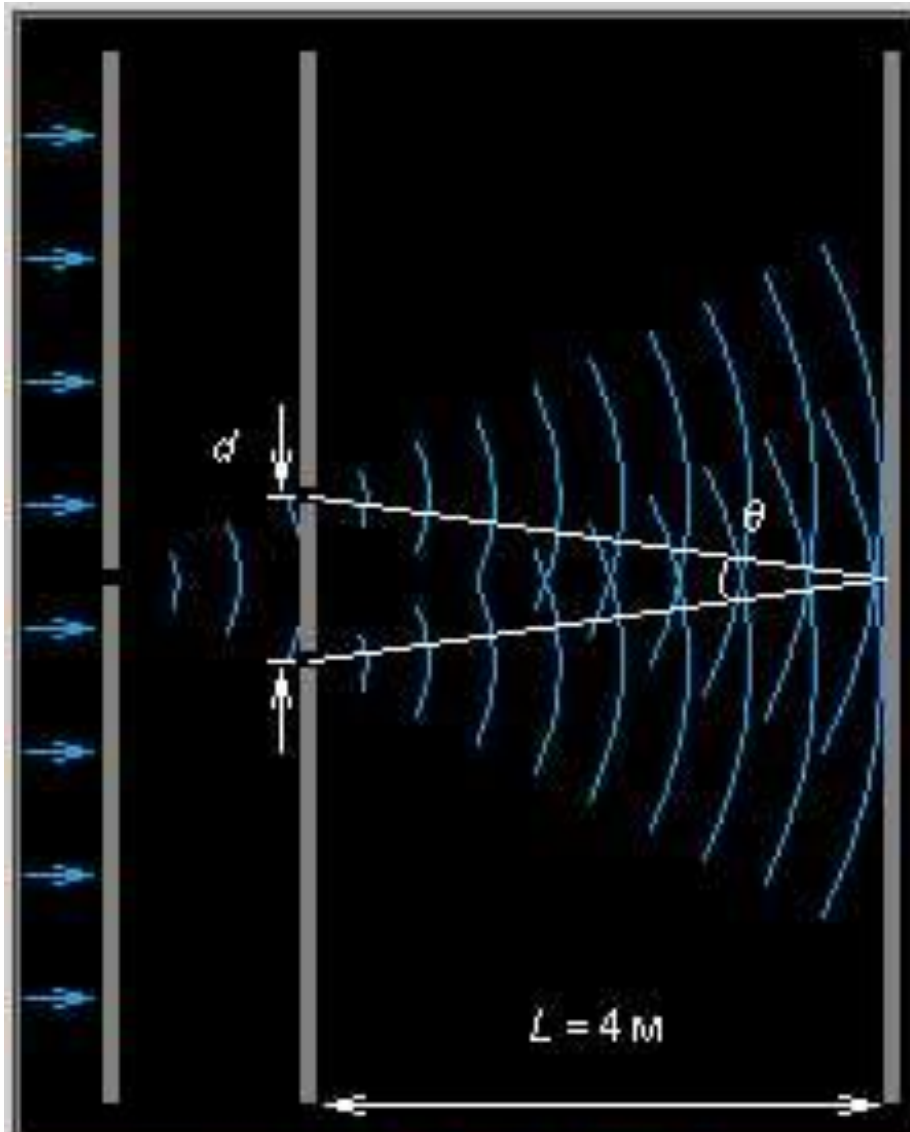
Условие максимумов:

$$d \sin \theta = n\lambda, \quad \text{где } n = (0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$




Интерференция света после прохождения двух узких щелей





$\lambda = 469$  nm

$d = 2.0$  mm

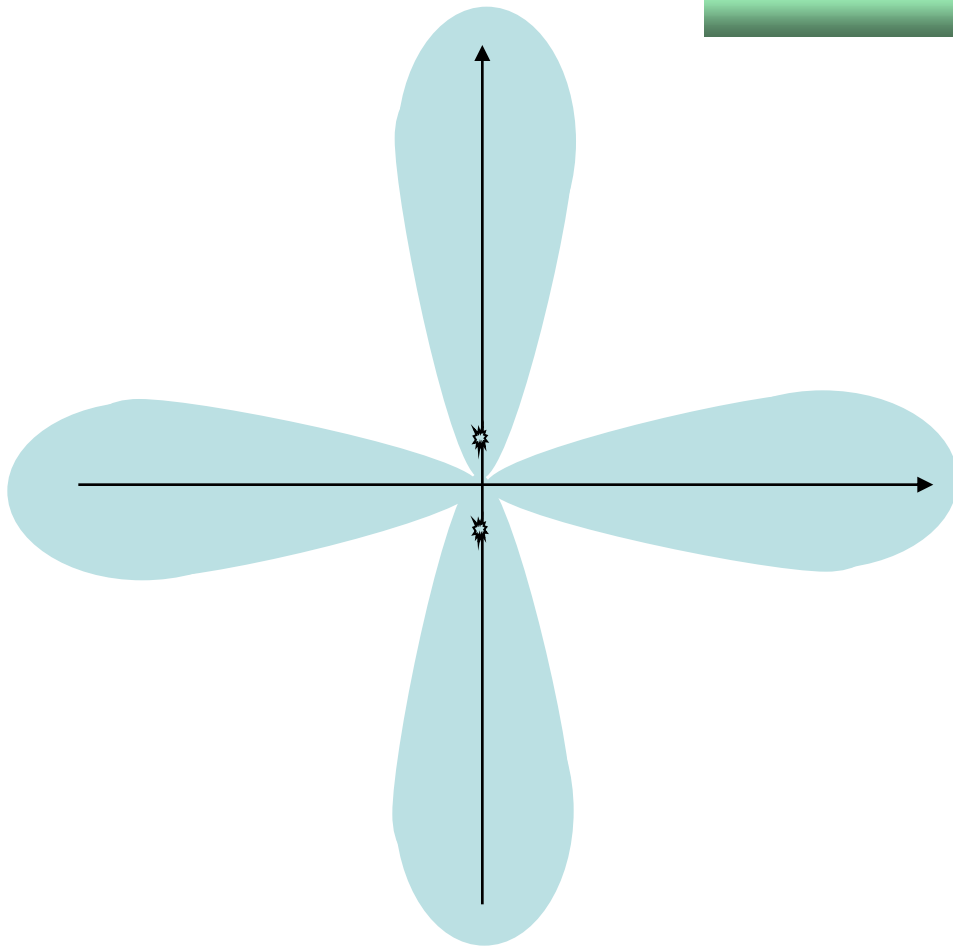
$$\Delta l = \frac{\lambda \cdot L}{d} = 0.94 \text{ mm}$$

$$\theta = \frac{d}{L} = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

Условие максимумов:

$$I = 4I_0 \cos^2 \left(\frac{1}{2} kd \sin \theta \right)$$

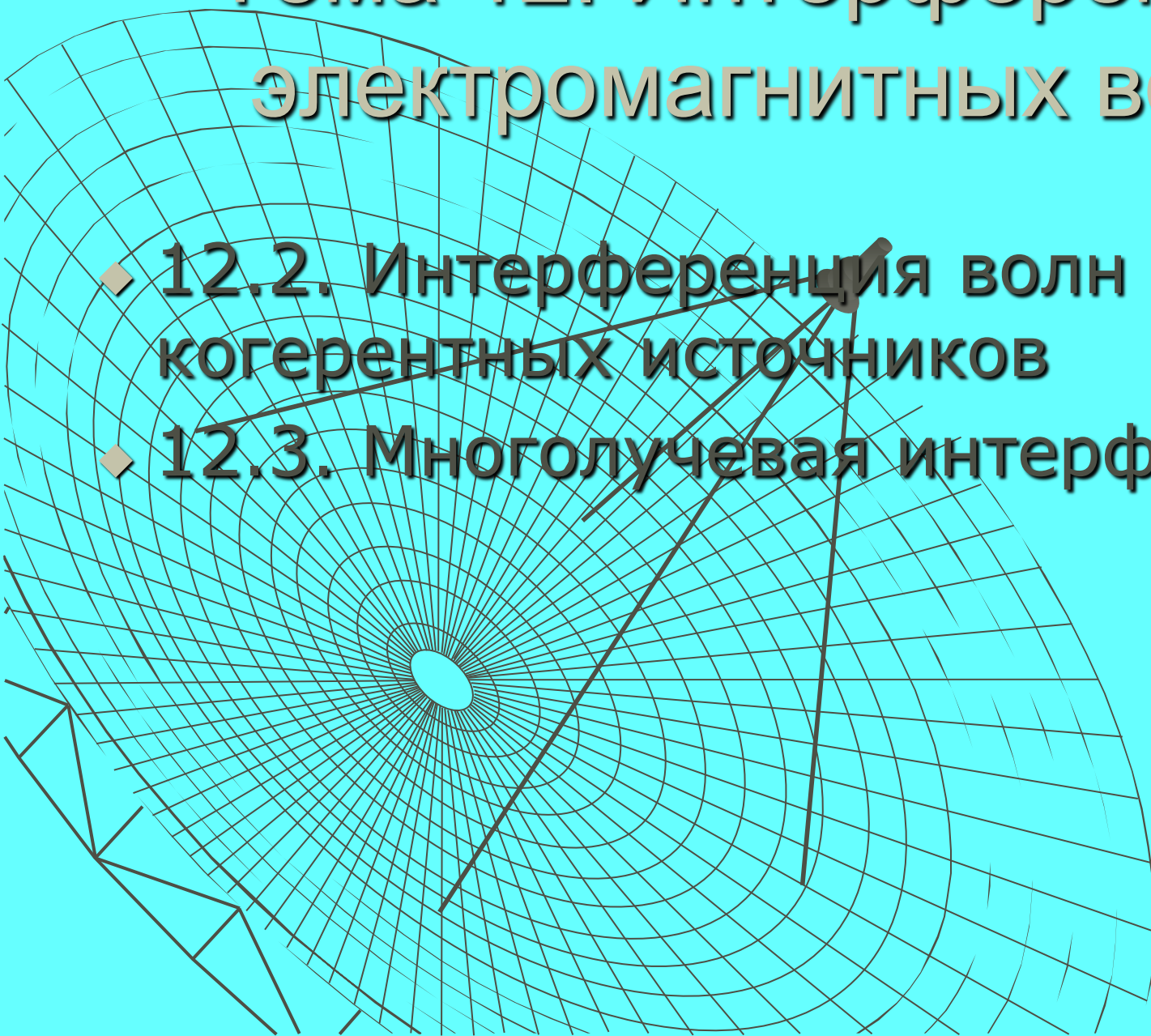
$$d \sin \theta = n\lambda, \quad \text{где } n = (0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$



Пусть $d = \lambda$

Тема 12. Интерференция электромагнитных волн

- ◆ 12.2. Интерференция волн от двух когерентных источников
- ◆ 12.3. Многолучевая интерференция



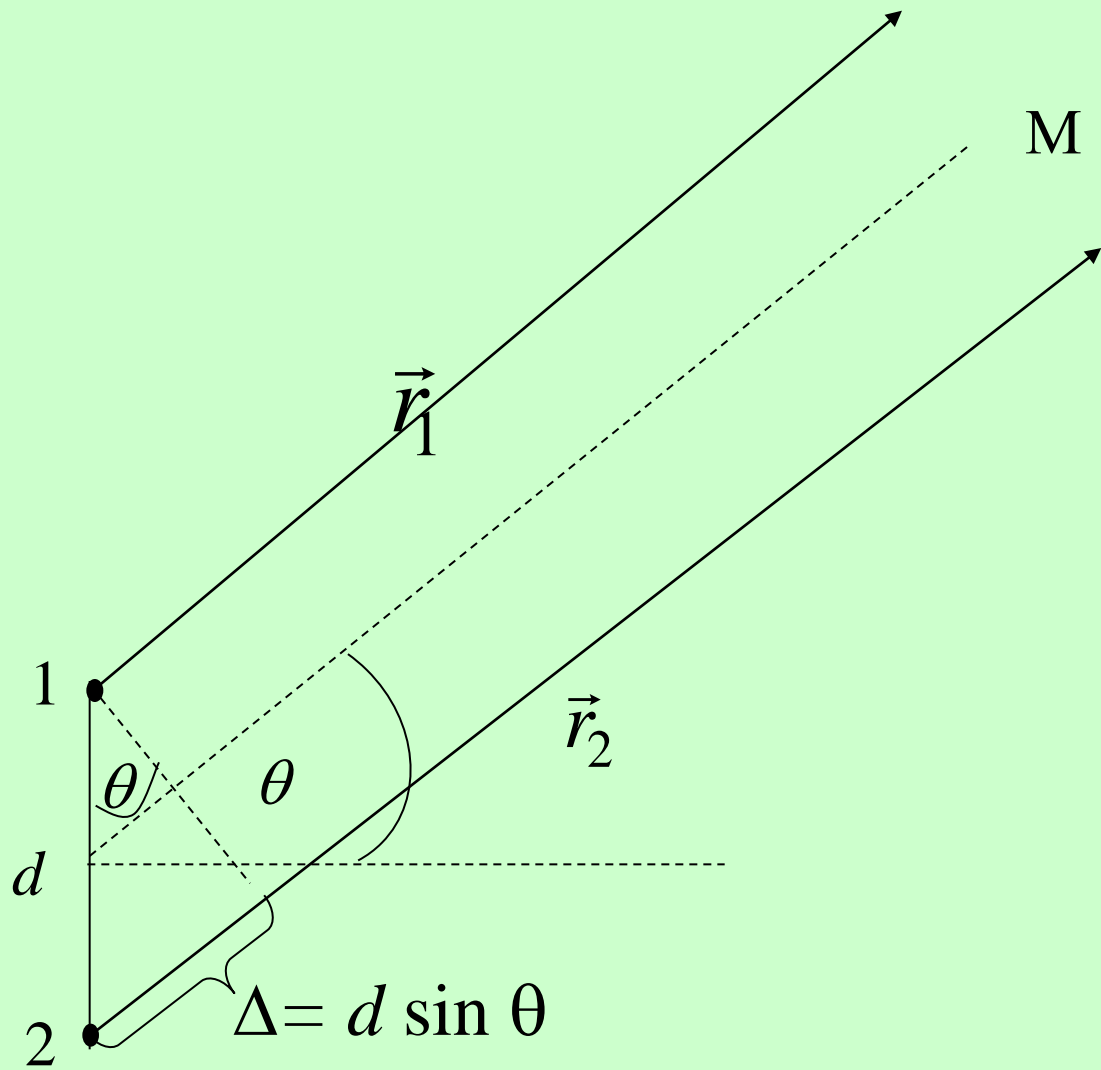
Плоская гармоническая волна

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha)$$

$$e^{i\alpha} = \cos \alpha + i \sin \alpha$$

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha)}$$

$$\vec{E} = \text{Re } \vec{E} = \text{Re } \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \alpha)}$$

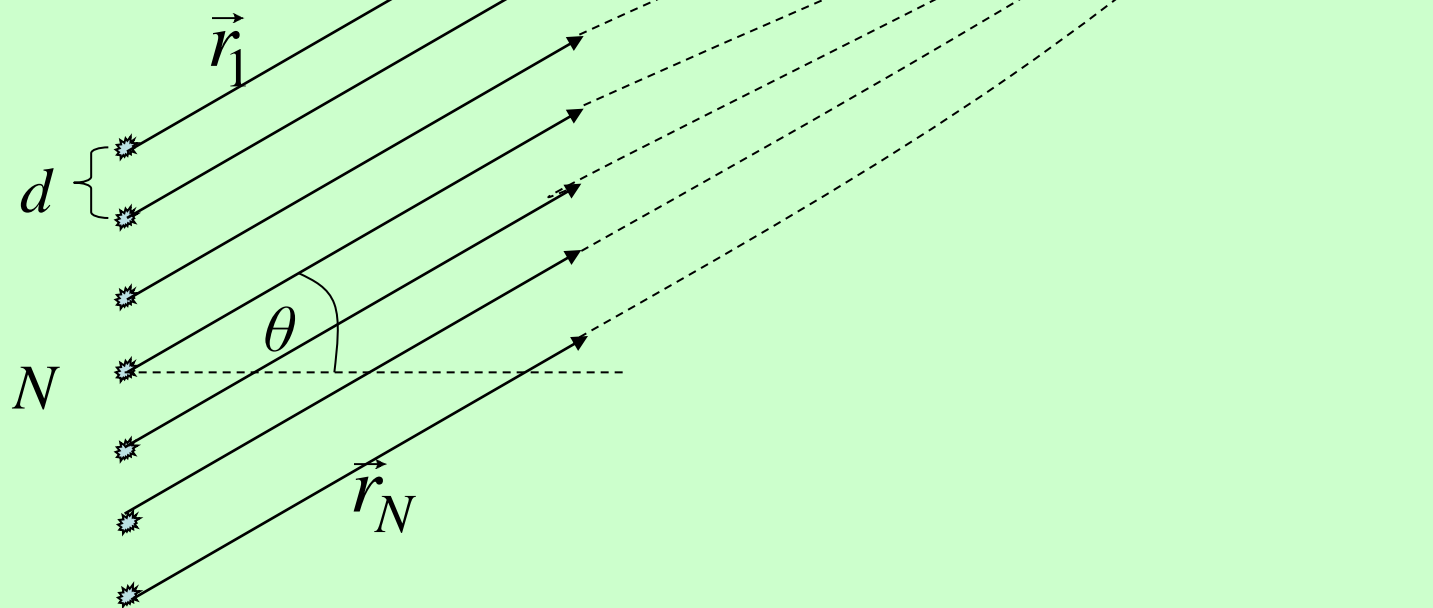


$$r_n \gg d$$

$$i_n = i_0 \cos(\omega t)$$

$$\vec{k}_n \equiv \vec{k}$$

$$\alpha = 0$$

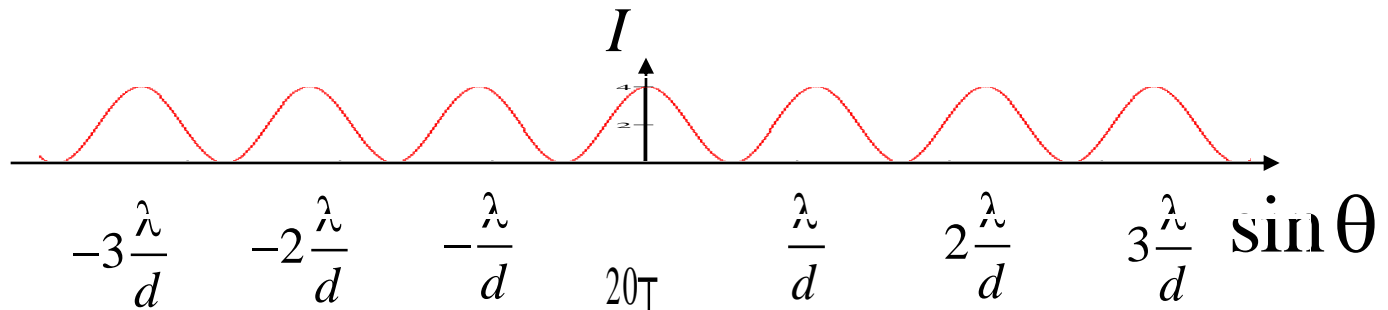


$$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{N}{2} kd \sin \theta\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2} kd \sin \theta\right)}$$

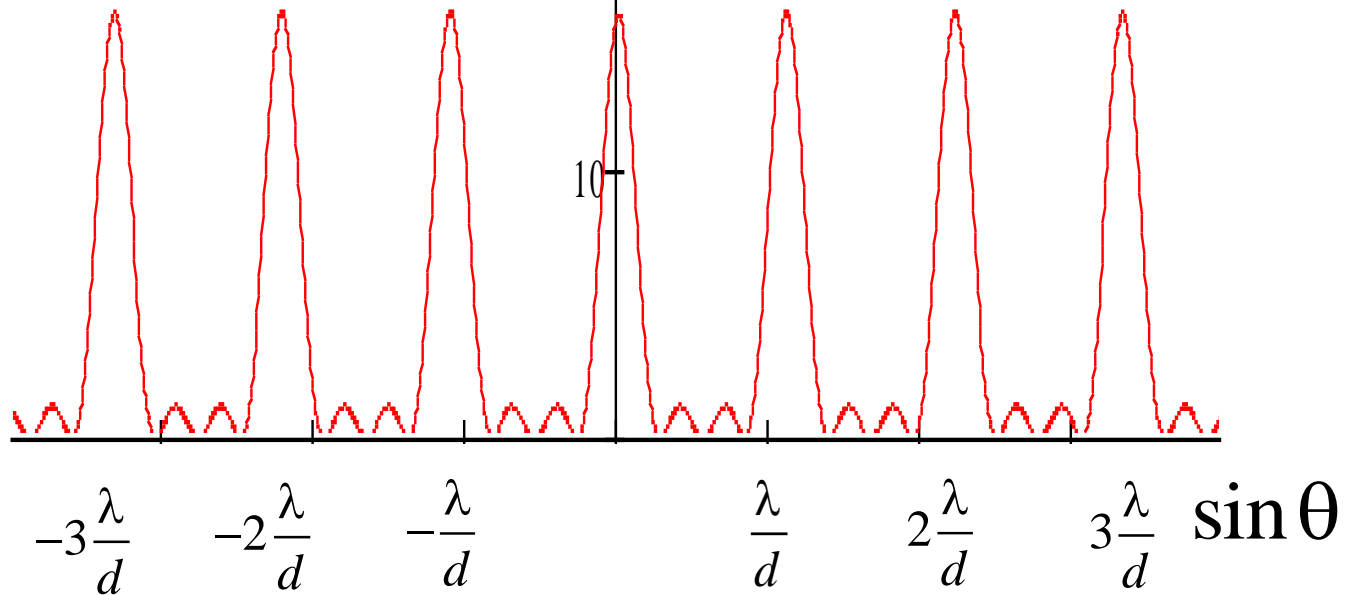
$$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{N}{2} kd \sin \theta\right)}{\sin^2\left(\frac{1}{2} kd \sin \theta\right)}$$

- 1. $N = 2$ $I = 4I_0 \cdot \cos^2\left(\frac{1}{2} kd \sin \theta\right)$
- 2. $N > 2; \theta = 0$ $I(0) = N^2 I_0$
- 3. Главные максимумы $d \sin \theta = n\lambda$, где $n = (0, \pm 1, \pm 2, \dots)$
- 4. Между соседними главными максимумами $N - 1$ min,
 $N - 2$ max

$$N = 2$$

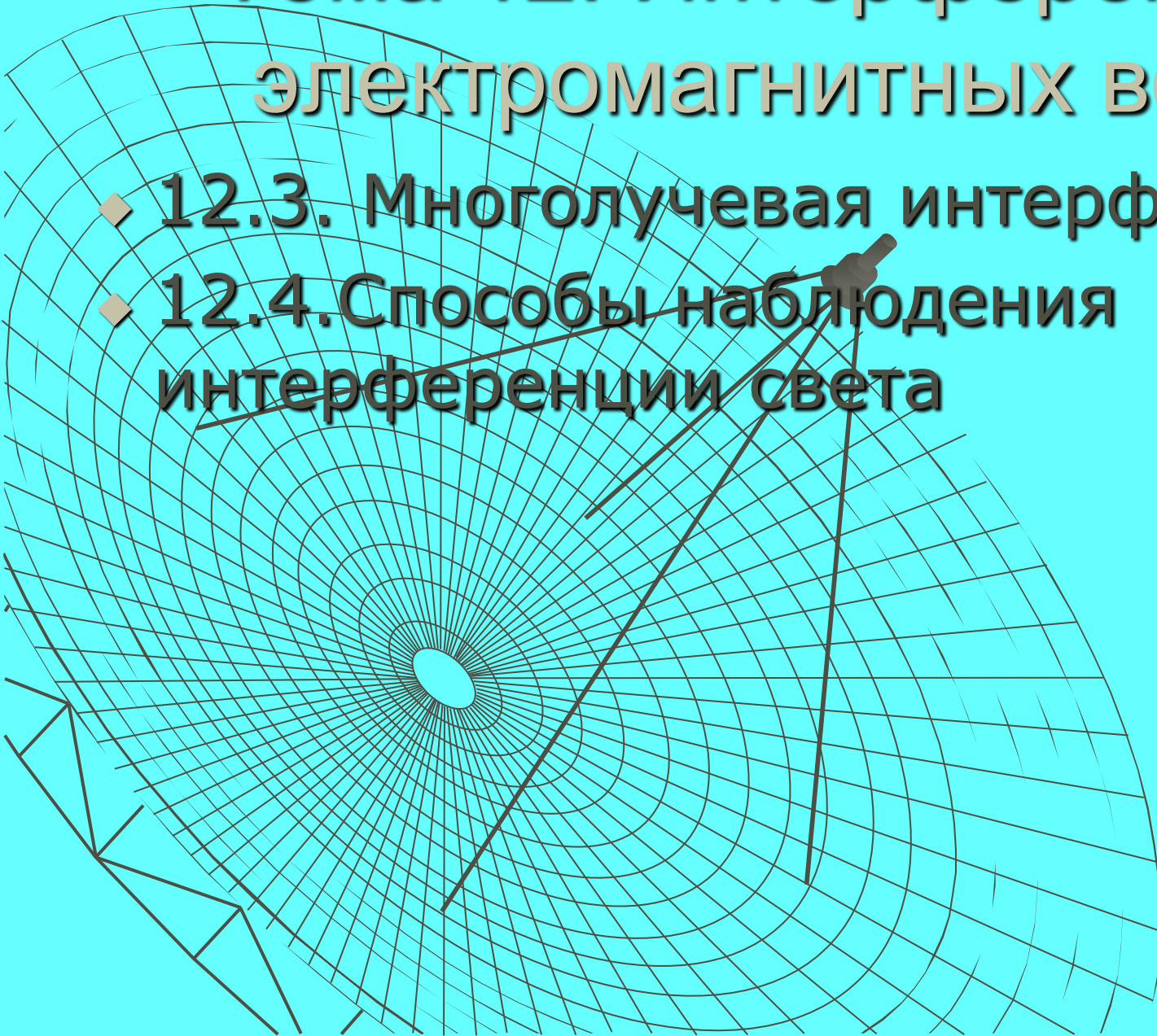


$$N = 4$$



Тема 12. Интерференция электромагнитных волн

- ◆ 12.3. Многолучевая интерференция
- ◆ 12.4. Способы наблюдения интерференции света



Интерференция от тонких пленок

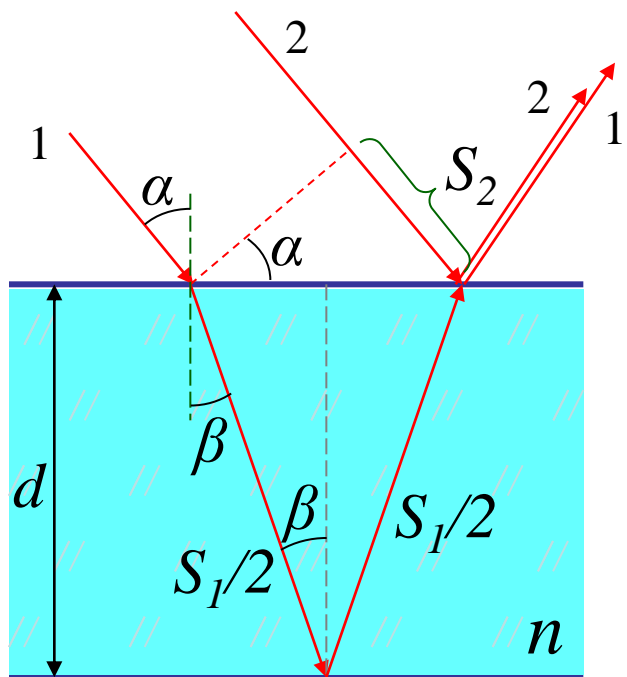
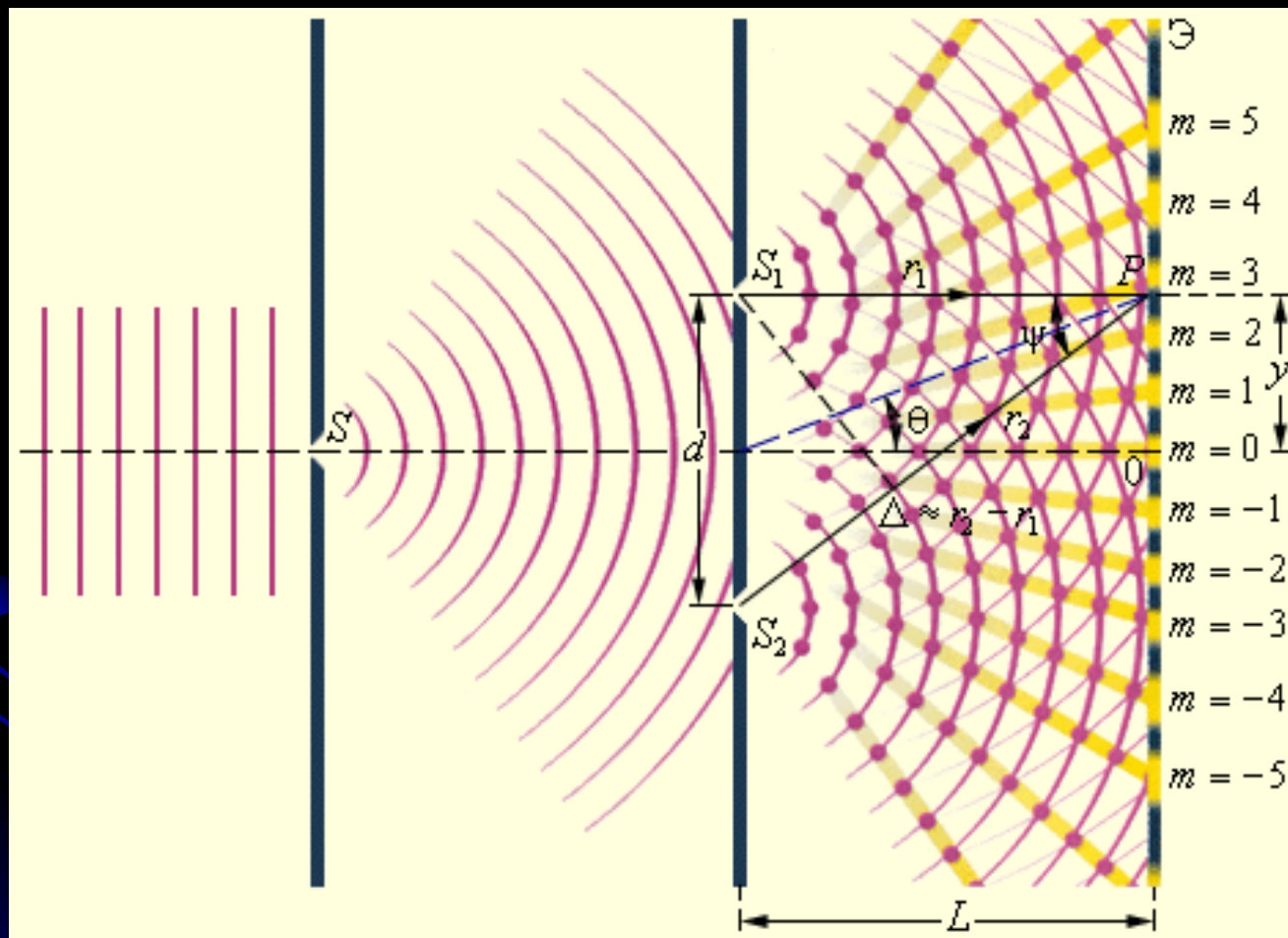
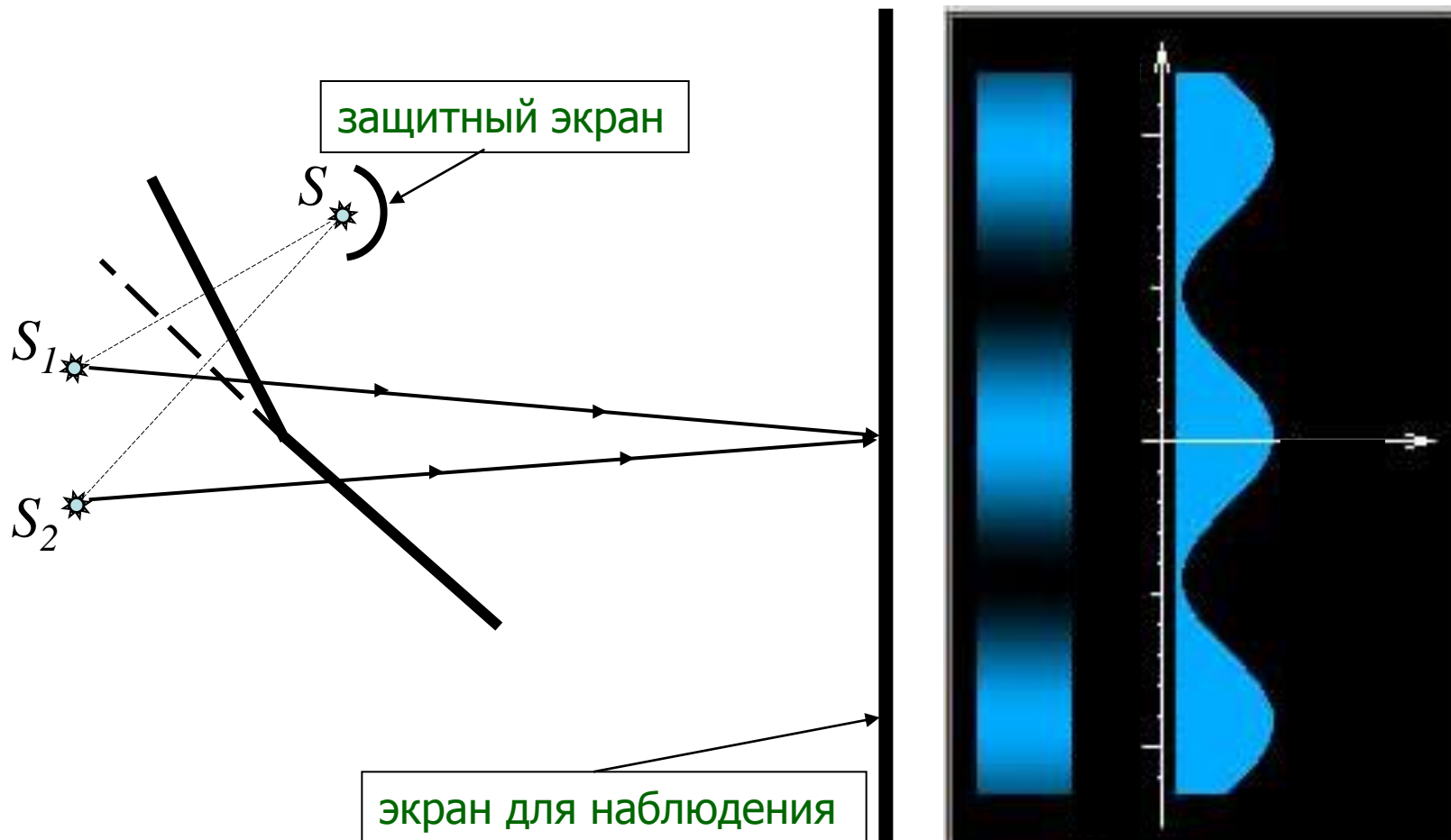


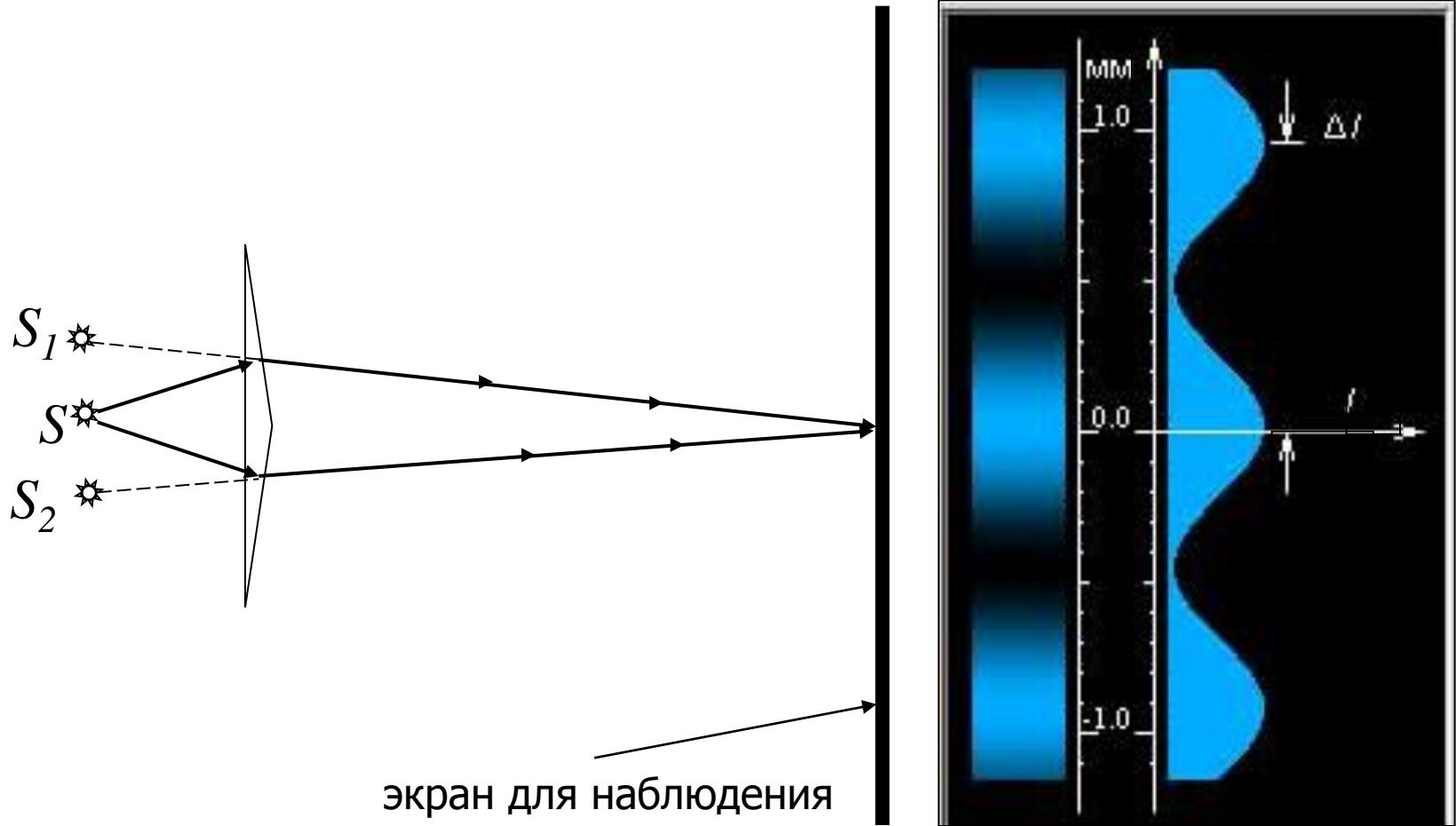
Схема интерференционного опыта Юнга



Зеркала Френеля



Бипризма Френеля



Наблюдение колец Ньютона

