

Интерференция света

Интерференция света — сложение в пространстве двух или более когерентных световых волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны.

Условие интерференции

Волны должны иметь одинаковую длину , и примерно одинаковую амплитуду.

Волны должны быть согласованы по фазе.

Такие «согласованные» волны называют когерентными.

Принцип Гюйгенса



Пусть в данной точке M две монохроматические волны с циклической частотой ω возбуждают два колебания, причем до точки M одна волна прошла в среде с показателем преломления n_1 путь s_1 , с фазовой скоростью v_1 , а вторая — в среде n_2 путь s_2 фазовой скоростью v_2

$$x_1 = A_1 \cos \omega \left(t - \frac{s_1}{v_1} \right), \quad x_2 = A_2 \cos \omega \left(t - \frac{s_2}{v_2} \right).$$

Амплитуда результирующего колебания

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta.$$

Разность фаз колебаний, возбуждаемых волнами в точке M , равна

$$\delta = \omega \left(\frac{s_2}{v_2} - \frac{s_1}{v_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (s_2 n_2 - s_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$

$v_1 = c/n_1$, $v_2 = c/n_2$ — соответственно фазовая скорость первой и второй волны, $\omega/c = 2\pi\nu/c = 2\pi/\lambda_0$, где λ_0 — длина волны в вакууме.

- **Условие интерференционного максимума:**
- Если оптическая разность хода равна целому числу длин волн в вакууме

$$\Delta = \pm m\lambda_0 \quad (m=0, 1, 2, \dots),$$

то $\delta = \pm 2m\pi$, и колебания, возбуждаемые в точке M обеими волнами, будут происходить в одинаковой фазе.

- **Условие интерференционного минимума:**
- Если оптическая разность хода

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

- то $\delta = \pm 2(m+1)\pi$, и колебания, возбуждаемые в точке M обеими волнами, будут происходить в противофазе.

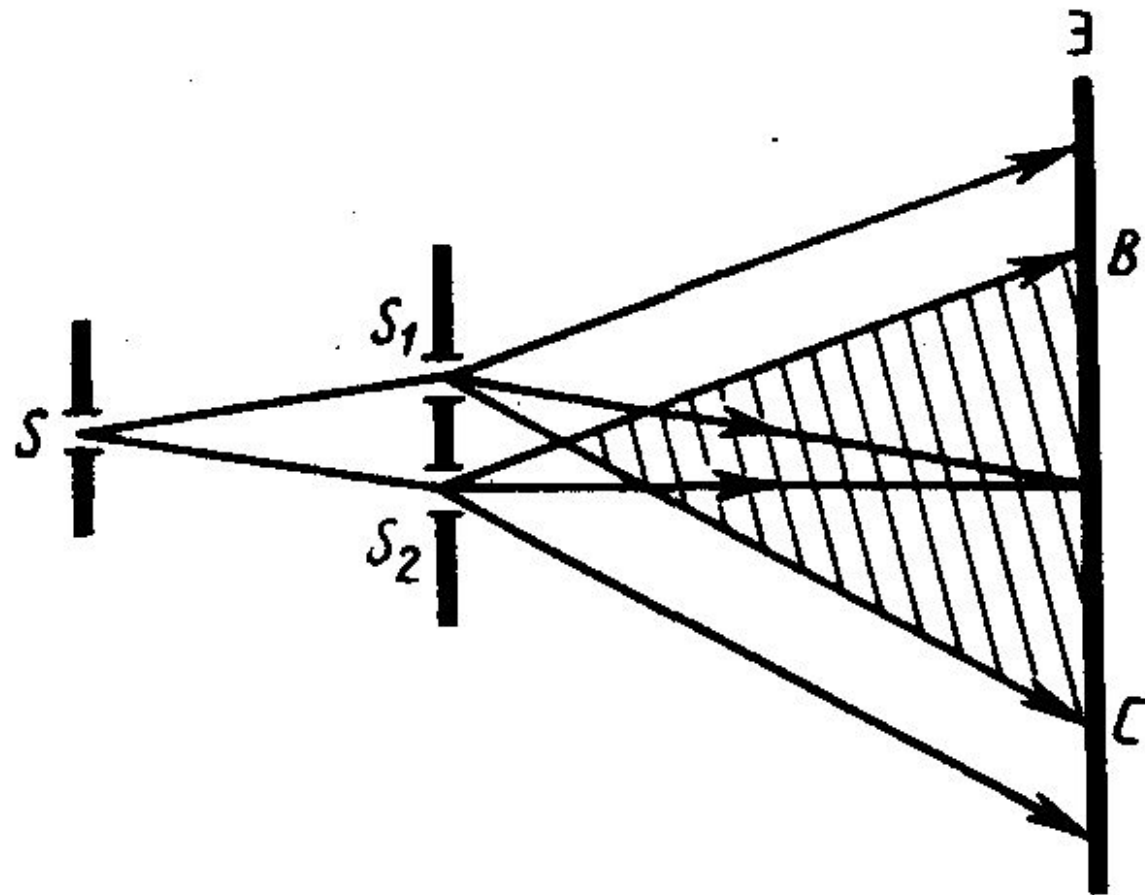
- **Условие интерференционного минимума:**
- Если оптическая разность хода

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

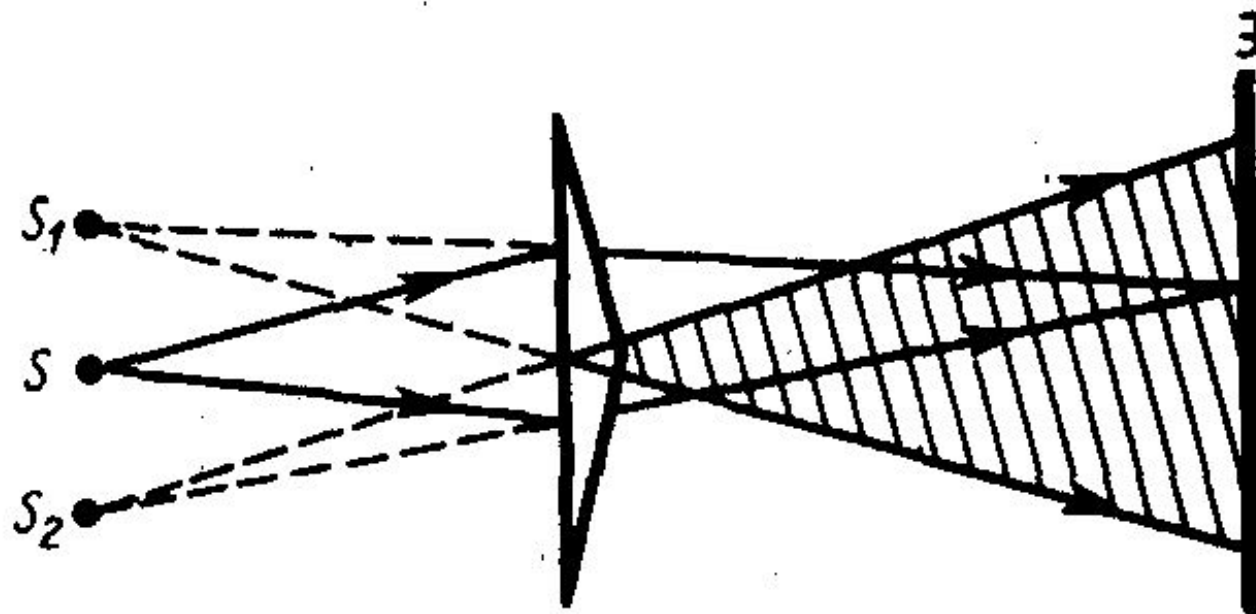
- то $\delta = \pm 2(m+1)\pi$, и колебания, возбуждаемые в точке M обеими волнами, будут происходить в противофазе.

Методы наблюдения света

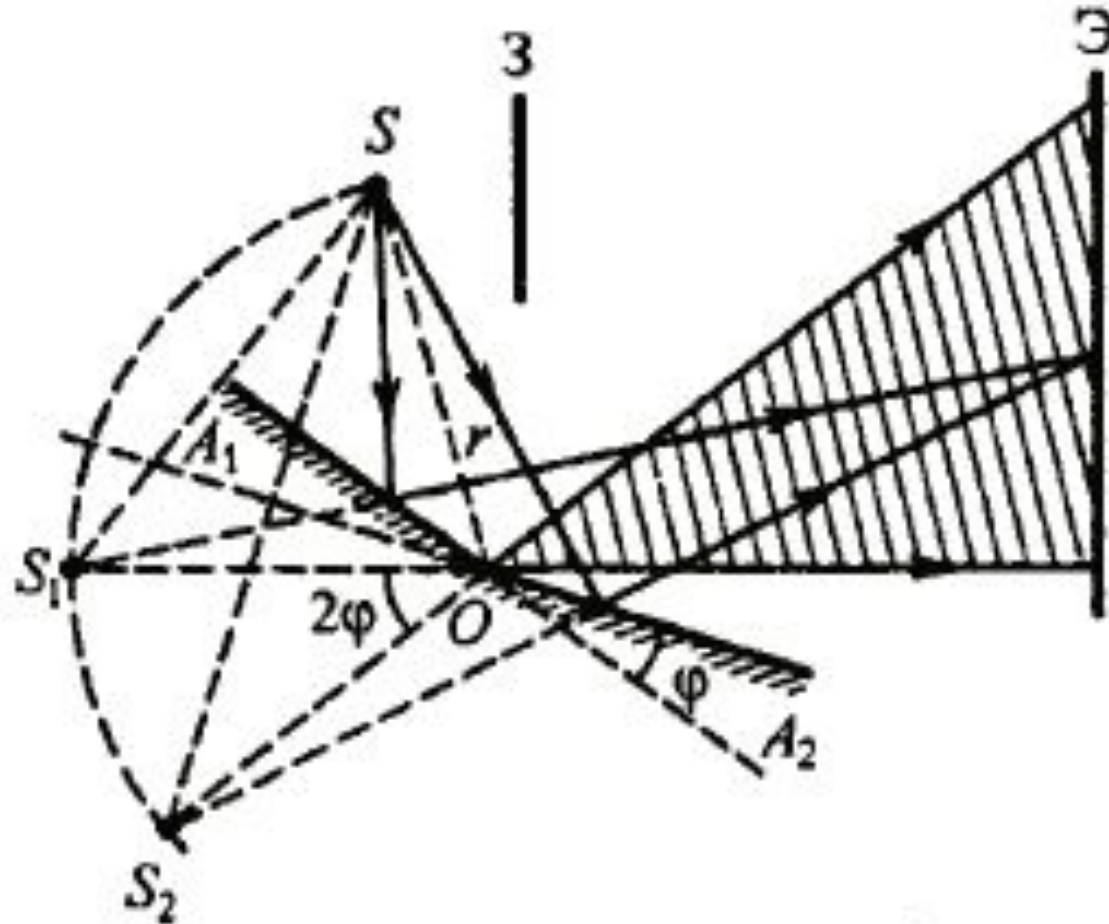
1. Метод Юнга



2. Бипризма Френеля



3. Зеркала Френеля





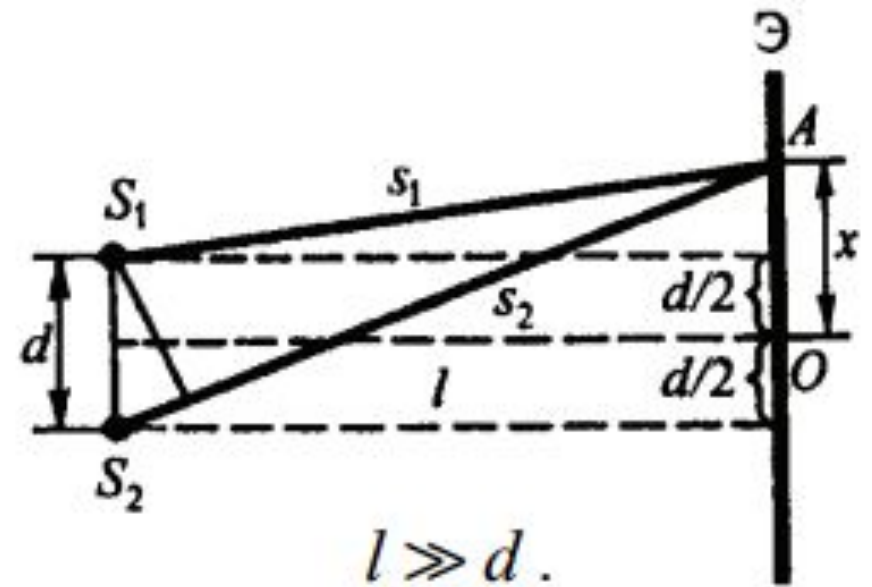
Расчет интерференционной картины от двух источников

- Два когерентных источника S_1 и S_2 находятся на расстоянии d друг от друга. Экран находится на расстоянии l от источников.
- Разность хода $\Delta = s_2 - s_1$,

$$s_2^2 = l^2 + (x + d/2)^2, \quad s_1^2 = l^2 + (x - d/2)^2, \quad \text{откуда}$$

$$s_2^2 - s_1^2 = 2xd \quad \text{или} \quad \Delta = s_2 - s_1 = 2xd / (s_1 + s_2).$$

Из $l \gg d$ следует $s_1 + s_2 \approx 2l$, поэтому $\Delta = xd/l$.



Положение максимумов: $\frac{xd}{l} = \pm m\lambda_0 \Rightarrow x_{\max} = \pm m \frac{l}{d} \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$.

Положение минимумов: $\frac{xd}{l} = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_0 \Rightarrow x_{\min} = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{l}{d} \lambda_0 \quad (m = 0, 1, \dots)$

Расстояние Δx между двумя соседними максимумами (минимумами) называется **шириной интерференционной полосы**

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda_0.$$

Интерференционная картина представляет собой чередование на экране светлых и темных полос, параллельных друг другу.

Интерференция света в тонких пленках

1 Полосы равного наклона.

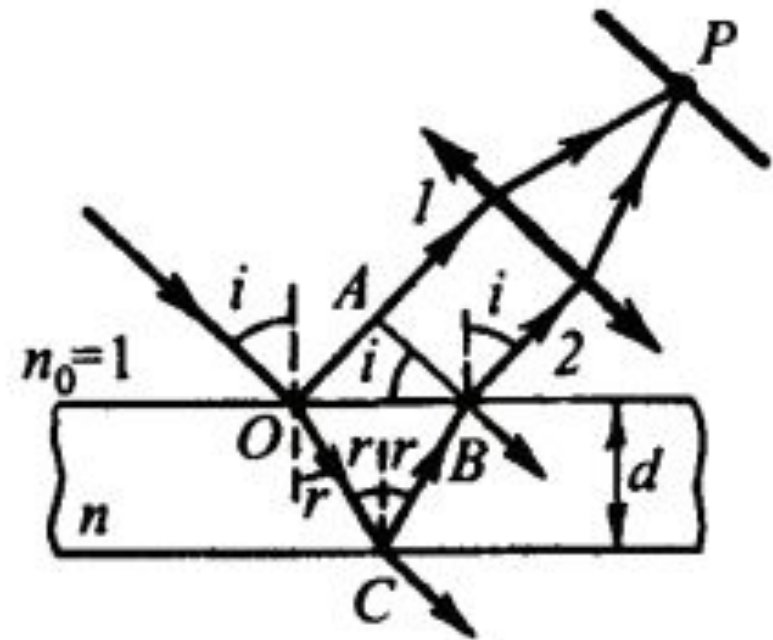
Пусть из воздуха ($n_0 = 1$) на плоскопараллельную прозрачную пластинку с показателем преломления n и толщиной d под углом i падает плоская монохроматическая волна

$$\Delta = n(OC + CB) - (OA - \lambda_0/2)$$

$$\sin i = n \sin r$$

$$OC = CB = d / \cos r$$

$$OA = OB \sin i = 2d \operatorname{tg} r \sin i$$



$$\Delta - \frac{\lambda_0}{2} = \frac{2dn}{\cos r} - 2dn \operatorname{tg} r \sin r = 2dn \left(\frac{1}{\cos r} - \frac{\sin^2 r}{\cos r} \right) = 2dn \cos r = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

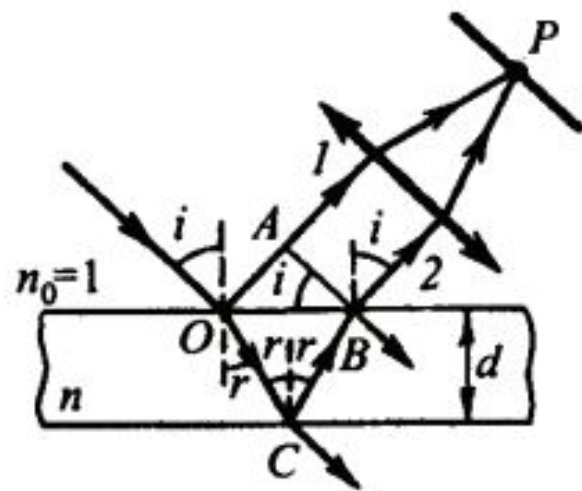
В точке P будет **интерференционный максимум**, если

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = 2m \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

В точке P будет **интерференционный минимум**, если

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

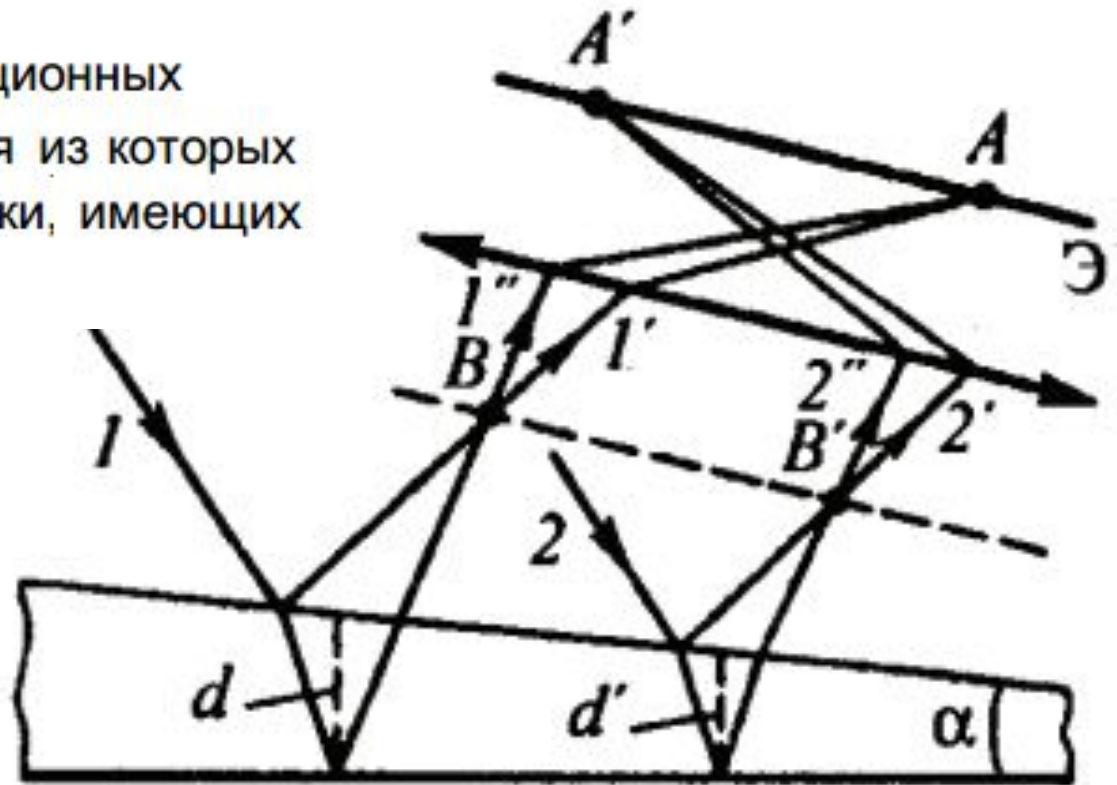
Таким образом, для данных λ_0 , d и n каждому наклону i лучей соответствует своя интерференционная полоса.



2. Полосы равной толщины

Пусть на прозрачную пластинку *переменной толщины* – **клин** с малым углом α между боковыми гранями – падает плоская волна в направлении параллельных лучей 1 и 2.

на экране возникает система интерференционных полос – **полос равной толщины** – каждая из которых возникает при отражении от мест пластинки, имеющих одинаковую толщину.



3. Кольца Ньютона

- Кольца Ньютона наблюдаются при отражении света от воздушного зазора, образованного плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой с большим радиусом кривизны R .

В отраженном свете оптическая разность хода

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda_0}{2} = 2\frac{r^2}{2R} + \frac{\lambda_0}{2}$$

Радиусы светлых колец: $r_m = \sqrt{(m - \frac{1}{2})\lambda_0 R}$ ($m = 1, 2, 3, \dots$).

Радиусы темных колец: $r_m = \sqrt{m\lambda_0 R}$ ($m = 0, 1, 2, \dots$).

