

# Глава 2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.

## § 2.1. Природа света.

*Корпускулярная теория (Ньютон 17в.)*

*Волновая теория (Гюйгенс 17в.)*

Свет имеет двойственную

*Электромагнитная (Максвелл 19в.)*

*Электронная (Лоренц 19в.)*

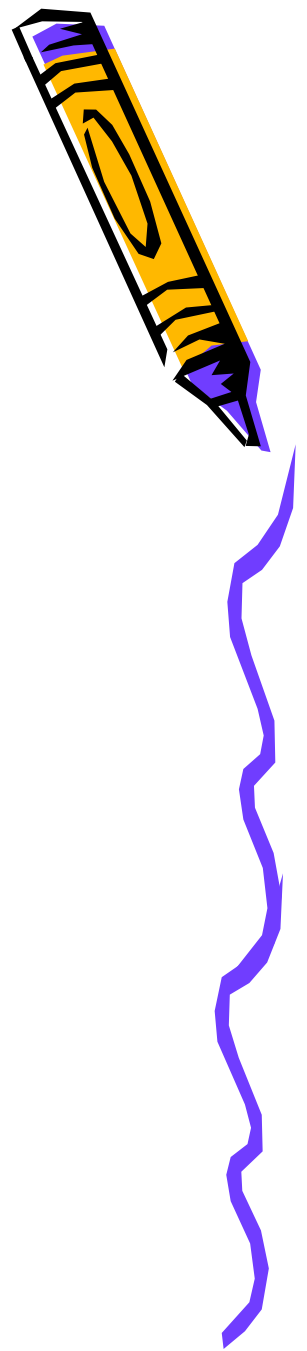
корпускулярно-волновую природу света.

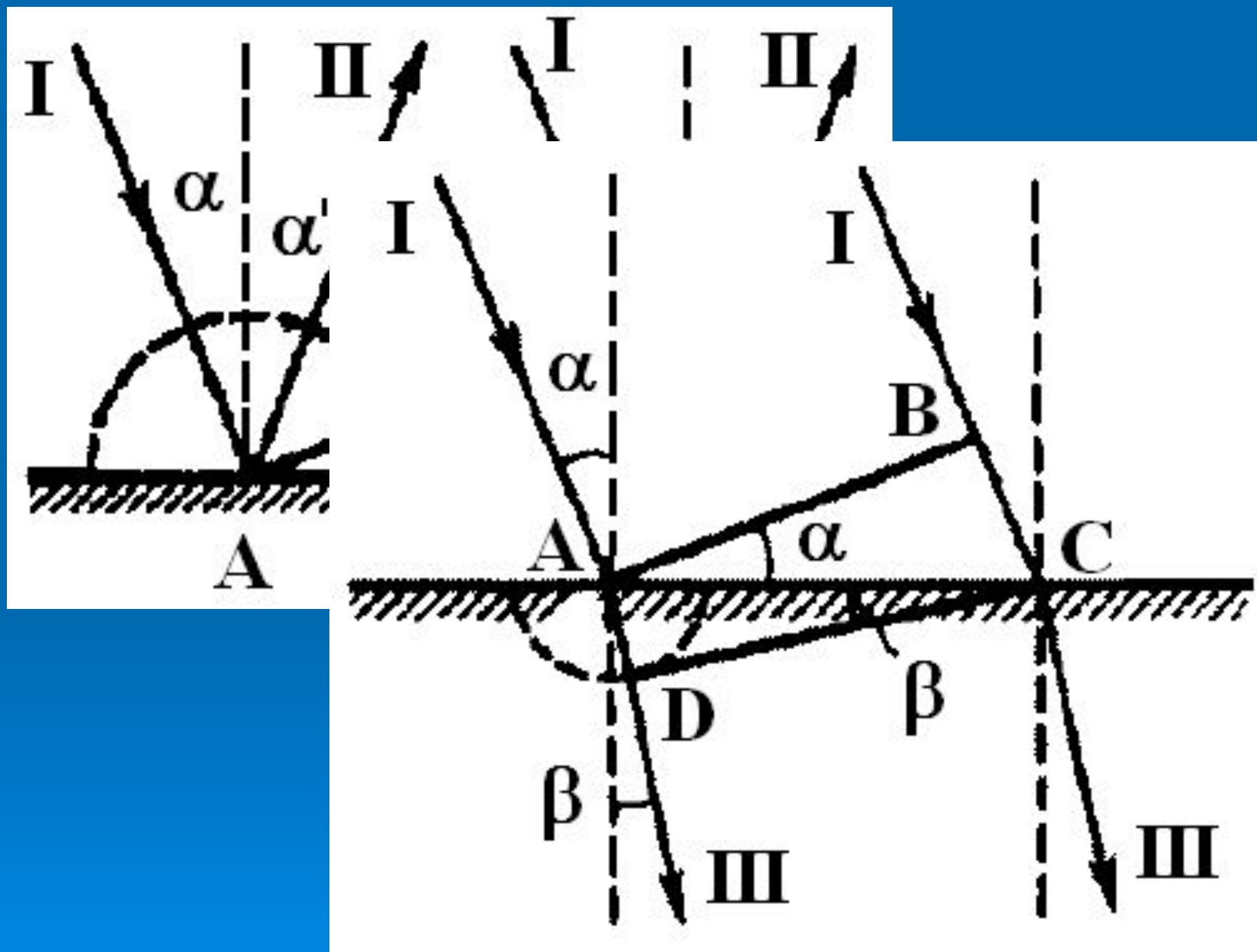
*Квантовая (Эйнштейн начало 20в.)*



## Принцип Гюйгенса:

каждая точка, до которой доходит волна служит центром вторичных волн, а огибающая этих волн дает положение волнового фронта в следующий момент времени.



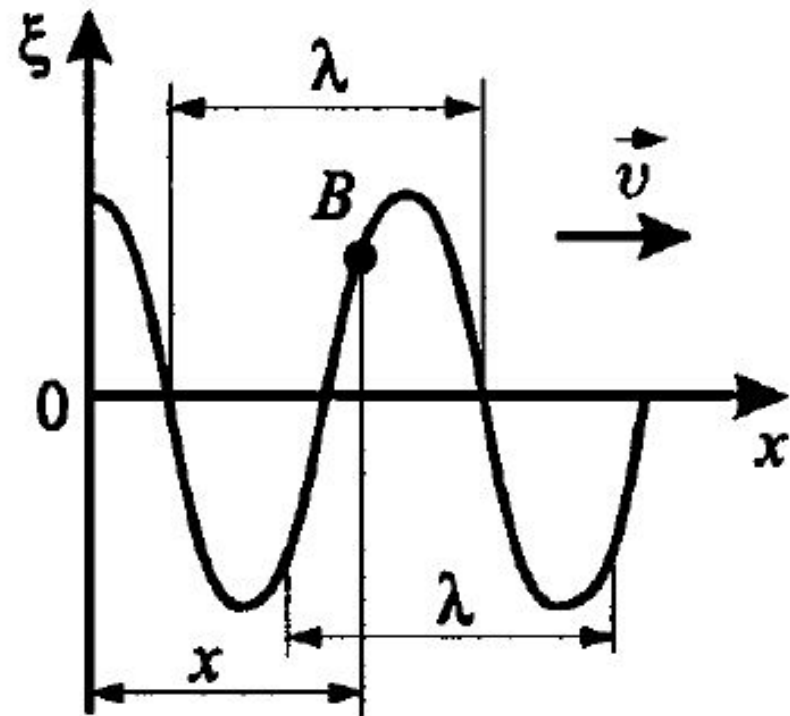


## § 2.2. Волны.

**ВОЛНА** – процесс распространения колебаний в сплошной среде.

**Основное свойство волн** – перенос энергии без переноса вещества.

**График волны** – зависимость смещения всех частиц среды от расстояния до источника в данный момент времени.



$$\xi = \xi(x, t = \text{const})$$

## Уравнение плоской волны:

$$\xi(x, t) = A \cos \omega \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

$$\xi(x, t) = A \cos \left[ \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]$$

$$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

## Уравнение сферической волны:

$$\xi(r, t) = \frac{A}{r} \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$$

## § 2.3. Когерентность и монохроматичность СВЕТОВЫХ ВОЛН

**Интерференция света** – наложение 2 и более когерентных волн в пространстве, ведущее к пространственному перераспределению светового потока, в результате чего в одних местах возникает усиление света (максимумы), в других - ослабление света (минимумы).

**Когерентностью** называется согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов.

**Монохроматические волны** — неограниченные в пространстве волны одной определенной и постоянной частоты — являются когерентными.

Немонохроматический свет можно представить в виде совокупности сменяющих друг друга коротких гармонических импульсов излучаемых атомами — **волновых цугов**.

Средняя продолжительность одного цуга  $\tau_{\text{ког}}$  называется **временем когерентности**.

$l_{\text{КОГ}} = c\tau_{\text{КОГ}}$ , называемое **длиной когерентности** (или **длиной цуга**).

**Временная когерентность** — это, определяемая степенью монохроматичности волн, когерентность колебаний, которые совершаются в одной и той же точке пространства. Временная когерентность существует до тех пор, пока разброс фаз в волне в данной точке не достигнет  $\pi$ .

В плоскости, перпендикулярной направлению распространения цуга волн, случайные изменения разности фаз между двумя точками увеличивается с увеличением расстояния между ними.

### **Пространственная когерентность**

— когерентность колебаний в один и тот же момент времени, но в разных точках такой плоскости — теряется, если разброс фаз в этих точках достигает  $\pi$ .

**Длина пространственной когерентности**

$$r_{\text{КОГ}} \sim \frac{\lambda}{\Delta\varphi}$$

## § 2.4. Интерференция света.

$$x_1 = A_1 \cos \omega \left( t - \frac{s_1}{v_1} \right)$$

$$x_2 = A_2 \cos \omega \left( t - \frac{s_2}{v_2} \right)$$

Амплитуда результирующего колебания:  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta$

Интенсивность результирующей волны ( $I \sim A^2$ ):

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

Разность фаз  $\delta$  колебаний

$$\delta = \omega \left( \frac{s_2}{v_2} - \frac{s_1}{v_1} \right) = \omega \left( \frac{s_2}{c/n_2} - \frac{s_1}{c/n_1} \right) = \frac{\omega}{c} (s_2 n_2 - s_1 n_1) = \delta$$

$$= \frac{2\pi\nu}{c} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$



Оптическая длина пути:

$$L = s \cdot n$$

Оптическая разность хода:

$$\Delta = L_2 - L_1 = s_2 n_2 - s_1 n_1$$

**Условие интерференционного максимума:**

Если оптическая разность хода  $\Delta$  равна целому числу длин волн в вакууме (четному числу полуволен)

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

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

**Условие интерференционного минимума:**

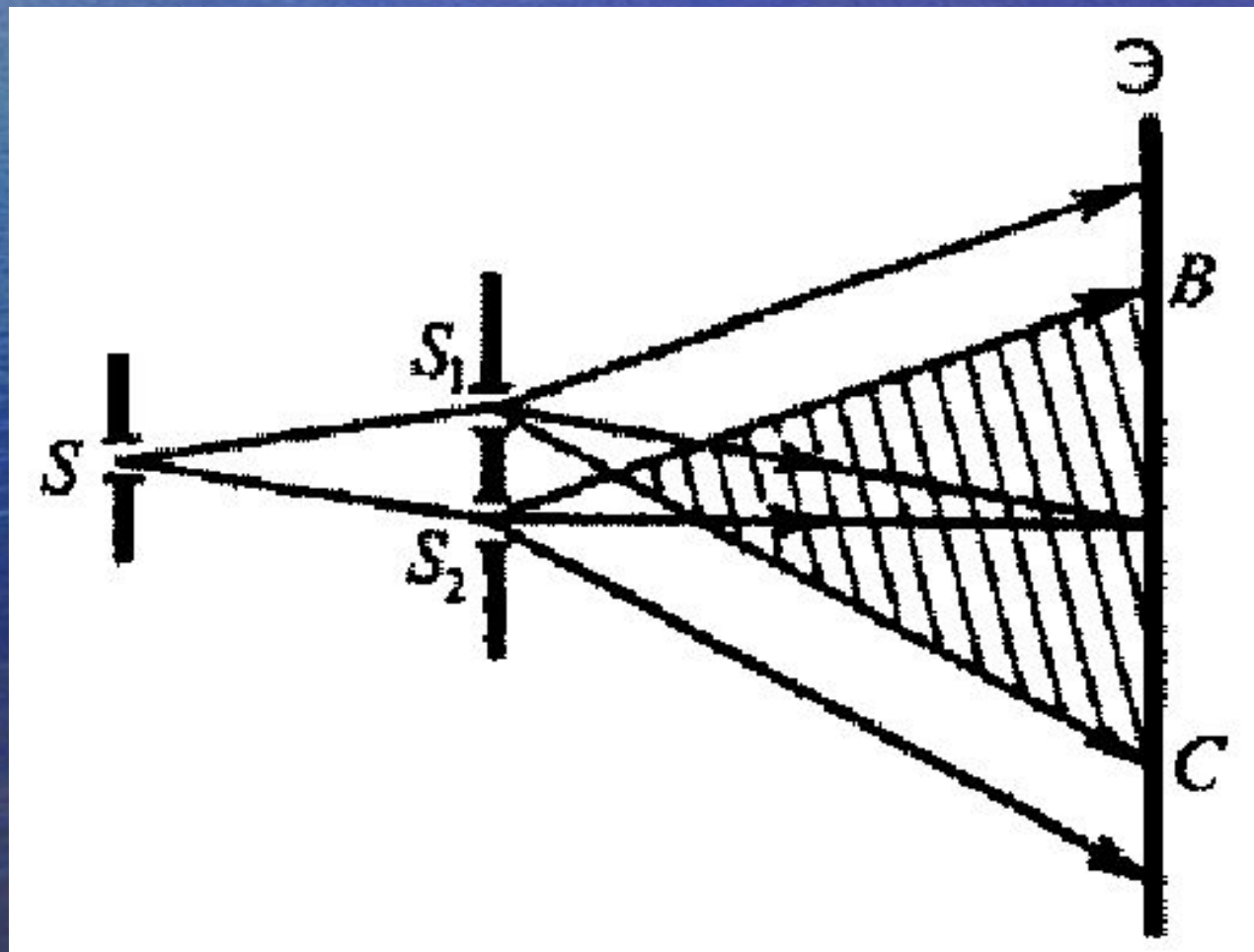
Если оптическая разность хода  $\Delta$  равна нечетному числу полуволен

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

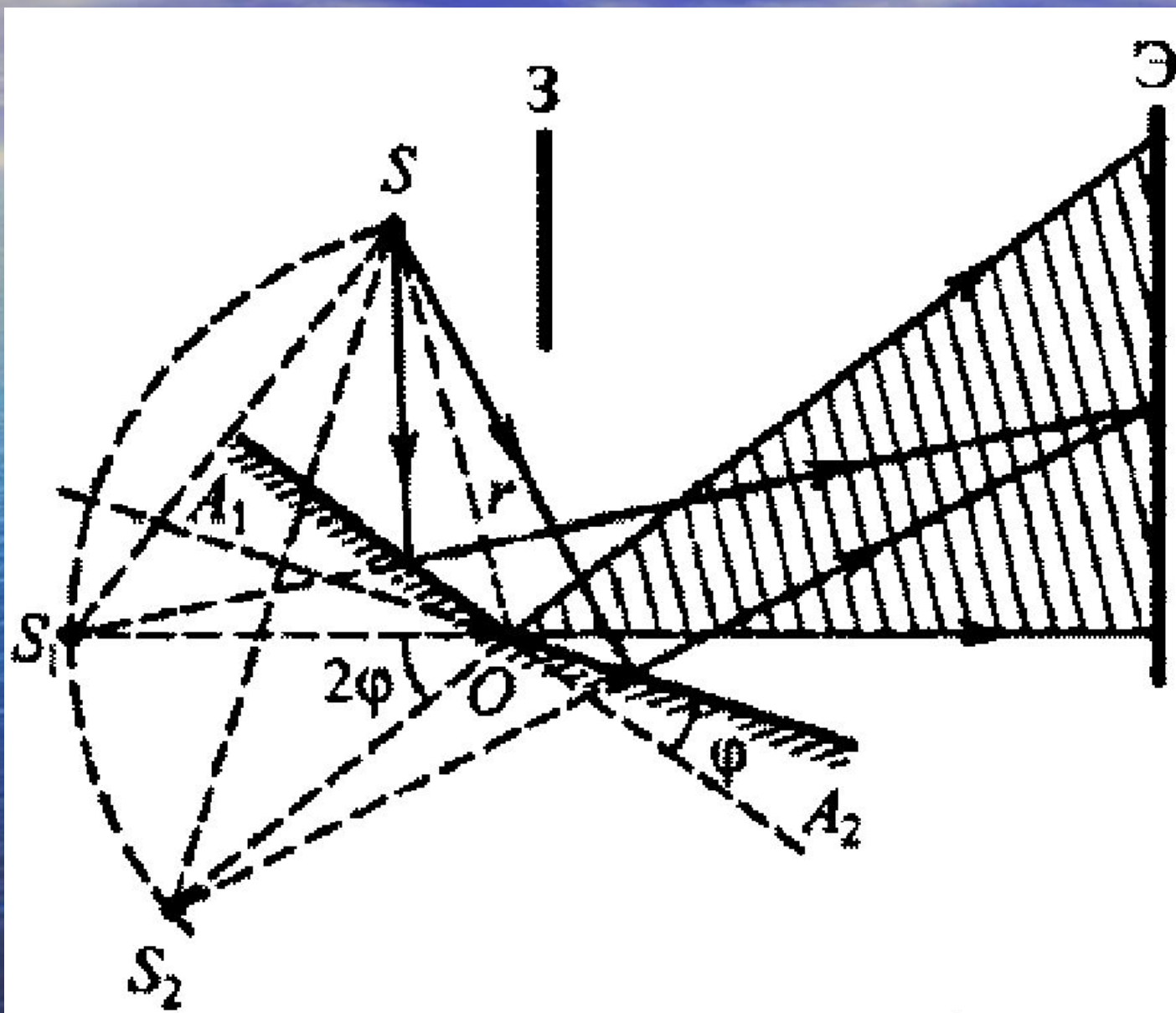
то  $\delta = \pm (2m + 1)\pi$  и колебания, возбуждаемые в точке  $M$ , будут происходить **в противофазе**.

## § 2.5. Методы наблюдения интерференции света.

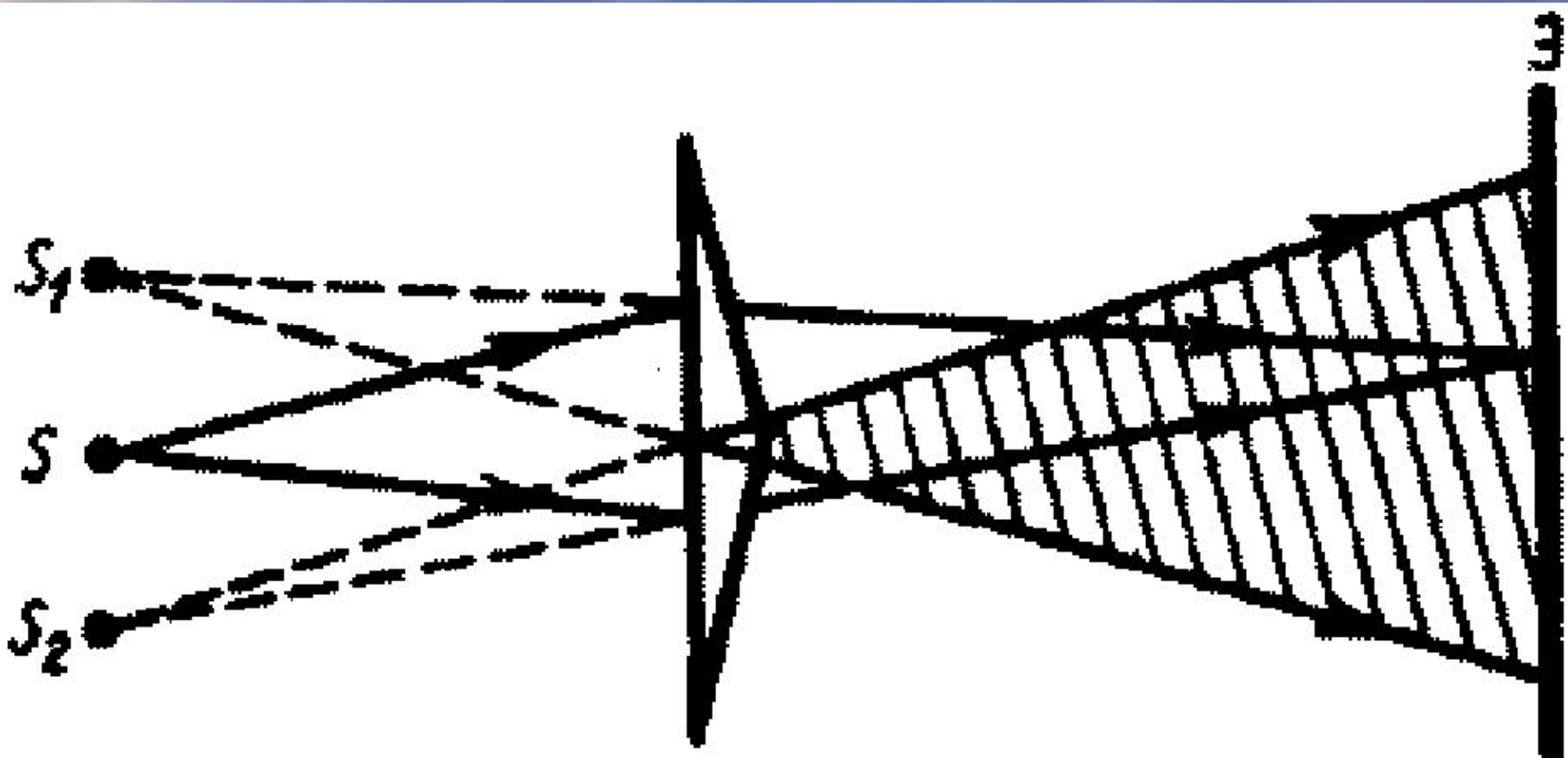
### Метод Юнга



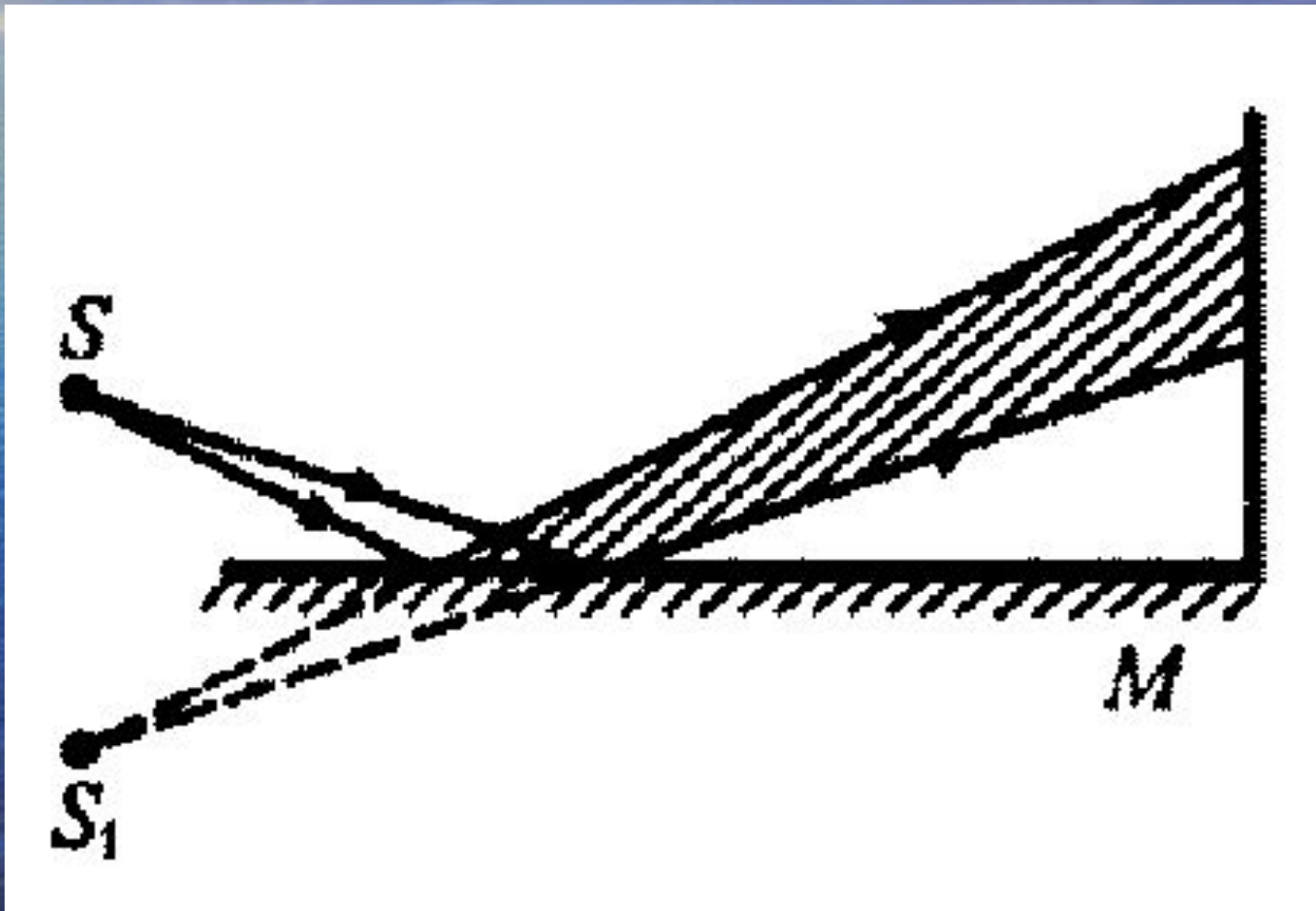
# Зеркала Френеля



# Бипризма Френеля



# Зеркало Ллойда



# Расчет интерференции от двух источников

$$\Delta = s_2 - s_1$$

$$s_2^2 = l^2 + (x + d/2)^2$$

$$s_1^2 = l^2 + (x - d/2)^2$$

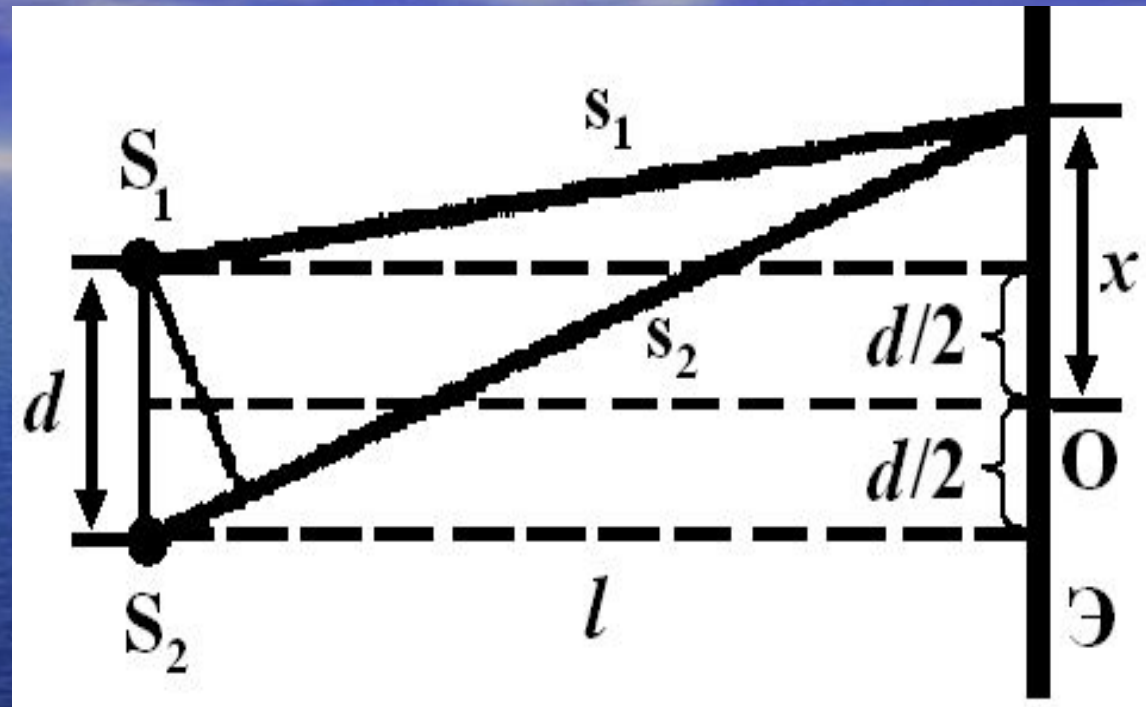
$$l \gg d$$

$$s_2^2 - s_1^2 = 2xd$$

$$\Delta = s_2 - s_1 = 2xd / (s_1 + s_2)$$

$$l \gg d$$

$$s_1 + s_2 \approx 2l$$



$$\Delta = \frac{xd}{l}$$

## Положение максимумов:

$$\Delta = \frac{xd}{l}$$

$$\Delta = \pm m\lambda_0$$

$$x_{max} = \pm m \frac{l}{d} \lambda_0$$

(  $m = 0, 1, 2, \dots$  )

## Положение минимумов:

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

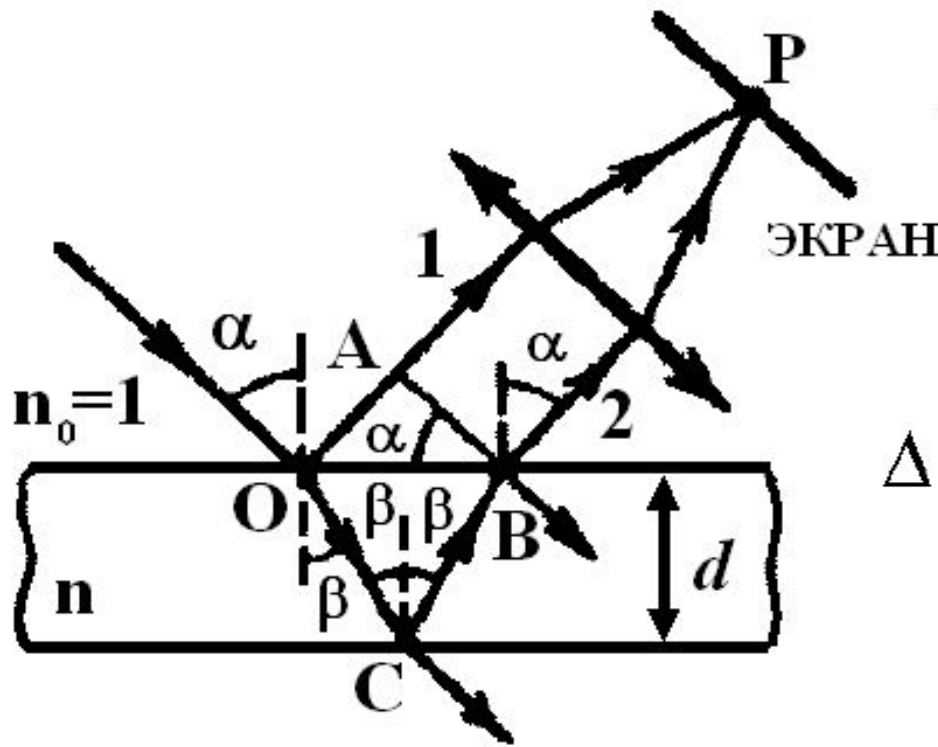
$$x_{min} = \pm \left( m + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{l}{d} \lambda_0$$

(  $m = 0, 1, 2, \dots$  )

Расстояние  $\Delta x$  между двумя соседними максимумами (минимумами) называется **шириной интерференционной полосы:**

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

## § 2.6. Интерференционные полосы равного наклона.



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

$$\Delta - \frac{\lambda_0}{2} = \frac{2dn}{\cos \beta} - 2d \operatorname{tg} \beta \sin \alpha =$$

$$= 2dn \left( \frac{1}{\cos \beta} - \frac{\sin^2 \beta}{\cos \beta} \right) = 2dn \cos \beta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$



$$\Delta = 2dn \cos \beta + \frac{\lambda_0}{2} = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda_0}{2}$$

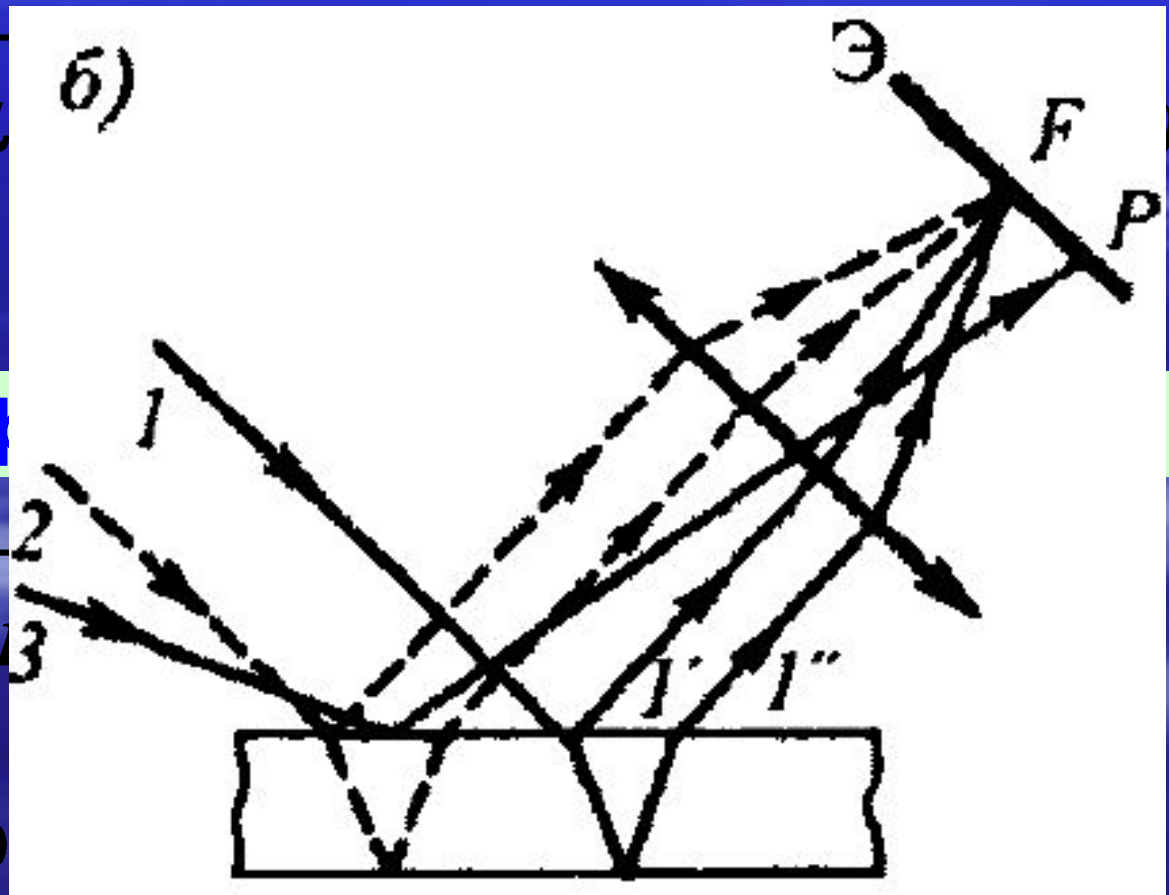
В точке Р интерференционный максимум, если:

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$

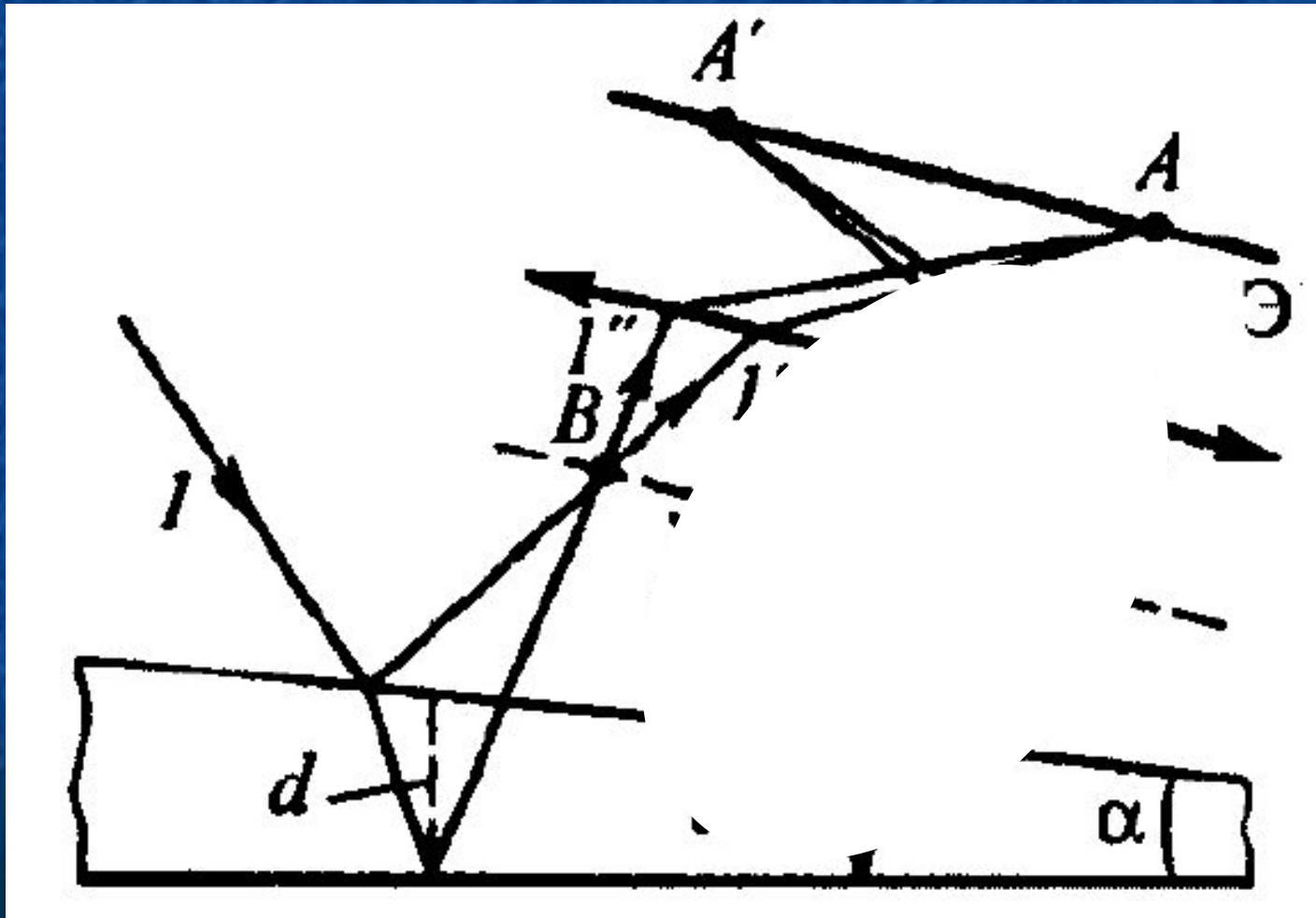
В точке Р интерф

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}$$

( $m = 0$ )



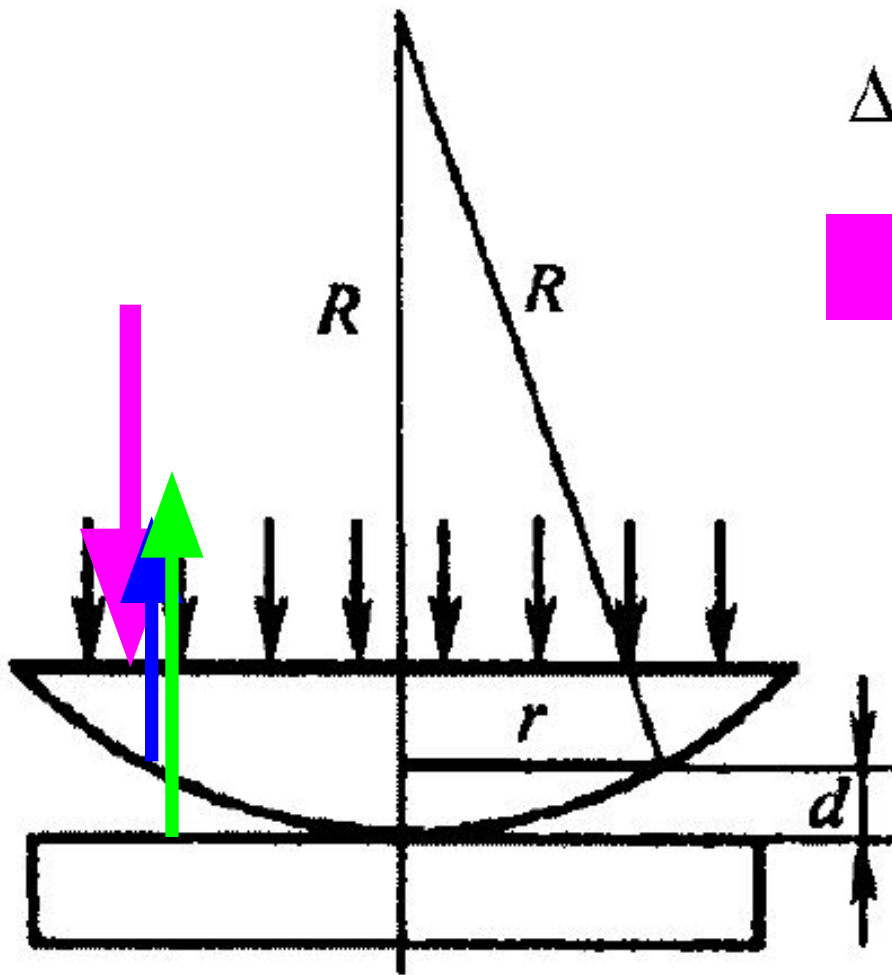
## § 2.7. Интерференционные полосы равной толщины.



## § 2.8. Кольца Ньютона.

В отраженном свете оптическая разность хода:

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



Радиусы светлых колец:

$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda_0 R}$$

$$m = 1, 2, \dots$$

Радиусы темных колец:

$$r_m = \sqrt{m \lambda_0 R} \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

## § 2.9. Применение интерференции света.

$$n_0 < n < n_c$$

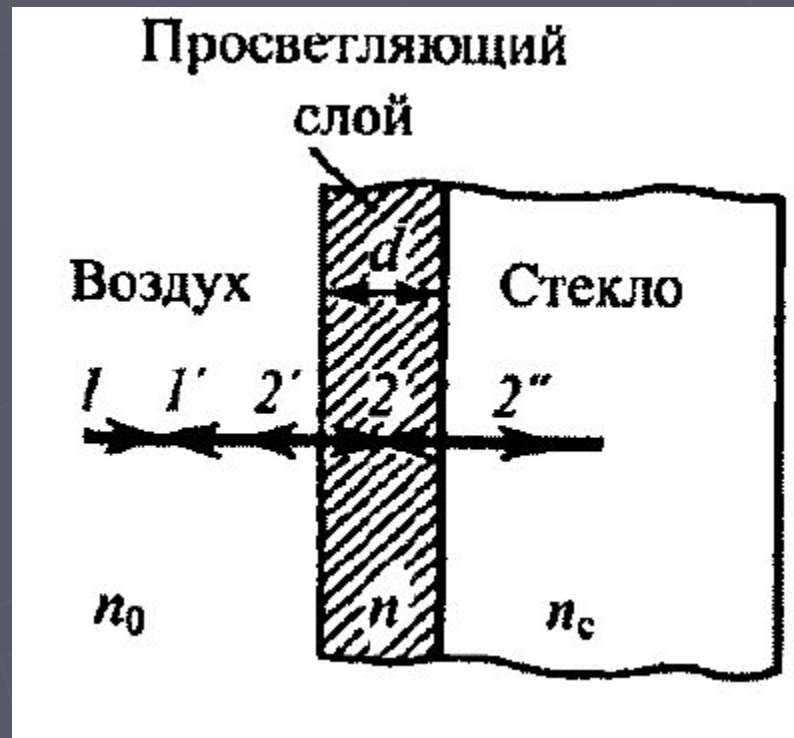
$$n = \sqrt{n_0 n_c}$$

условие минимума

$$2nd = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

При  $m = 0$  **оптическая толщина пленки**

$$nd = \frac{\lambda_0}{4}$$



# Интерферометр Майкельсона

