

# ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

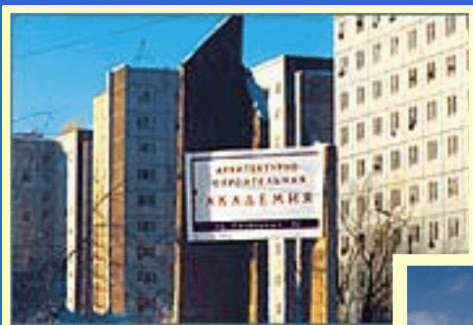
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего и профессионального образования



## Сибирский федеральный университет

Институт фундаментальной подготовки

Кафедра Физики-2



Красноярск, 2007

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего и профессионального образования



**Сибирский федеральный университет**

**Институт фундаментальной подготовки**

**Кафедра Физики-2**

# Волновая оптика

## □ Интерференция волн

Красноярск, 2007

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего и профессионального образования



**Сибирский федеральный университет**

**Институт фундаментальной подготовки**

**Кафедра Физики-2**

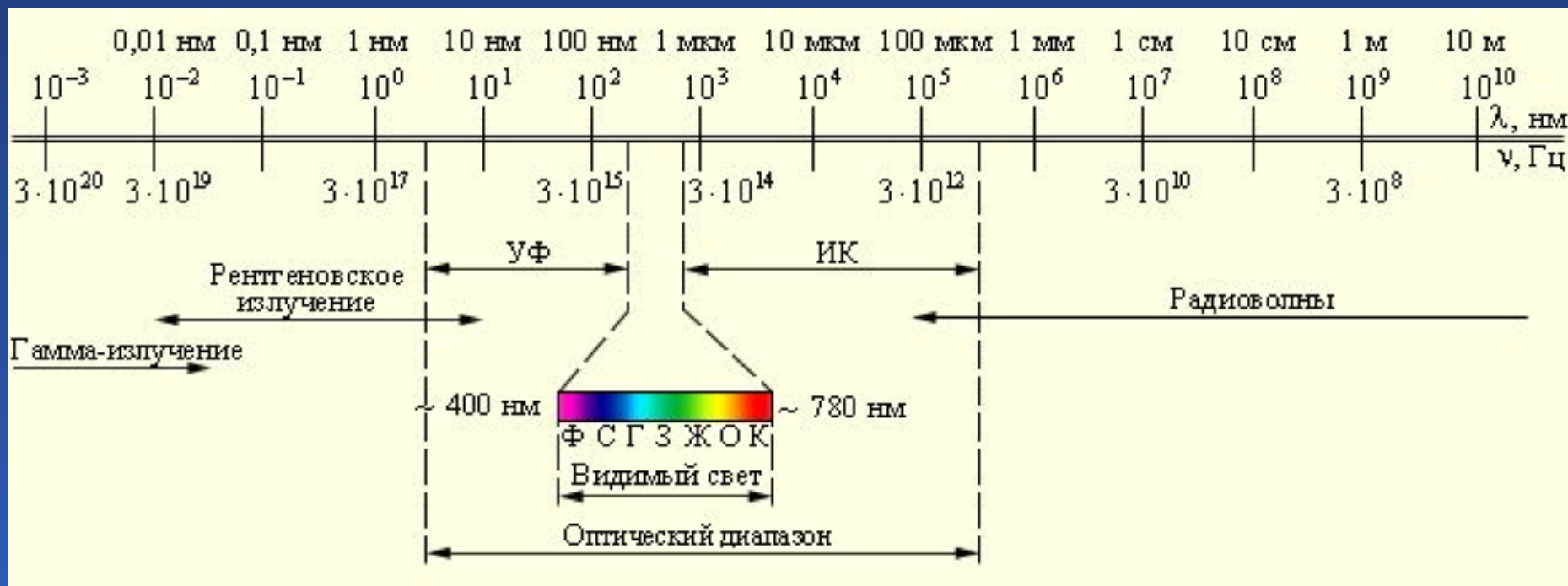
# Шкала электромагнитных волн

Красноярск, 2007

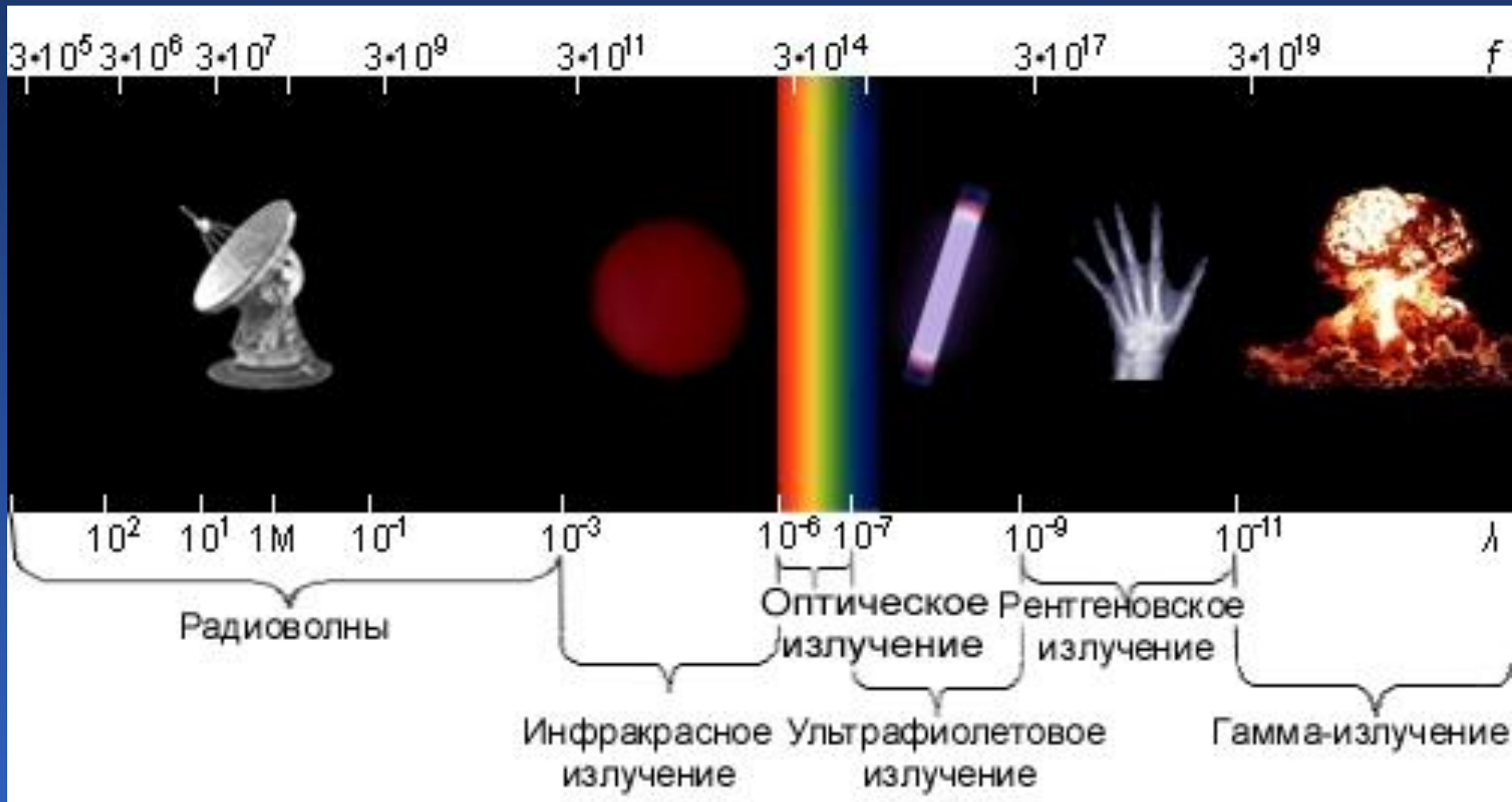
# План лекции

- 1. Принцип суперпозиции для волн.
- 2. Интерференция плоских и сферических монохроматических волн.
- 3. Одномерная решетка из источников сферических или цилиндрических монохроматических волн.
- 4. Интерференция квазимонохроматических волн.

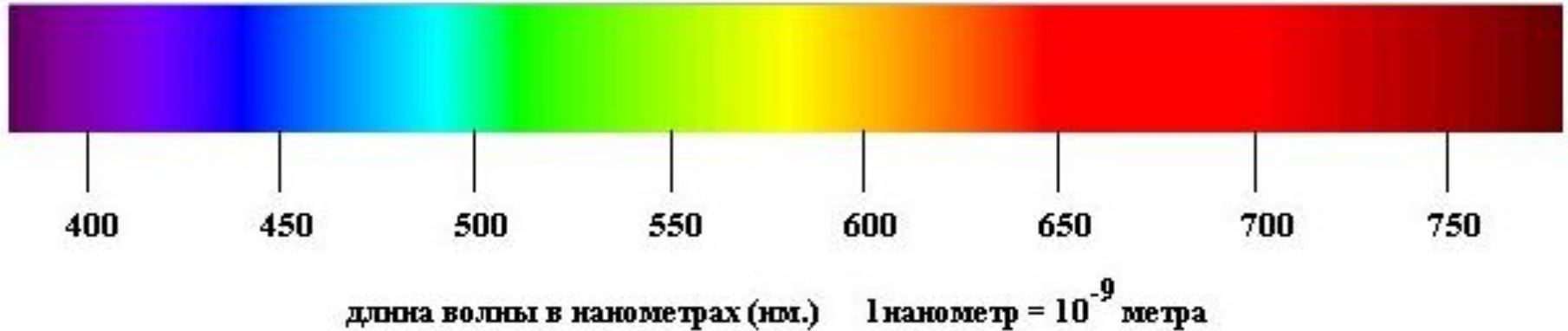
# Электромагнитные волны



# Шкала электромагнитных волн



# Видимый диапазон



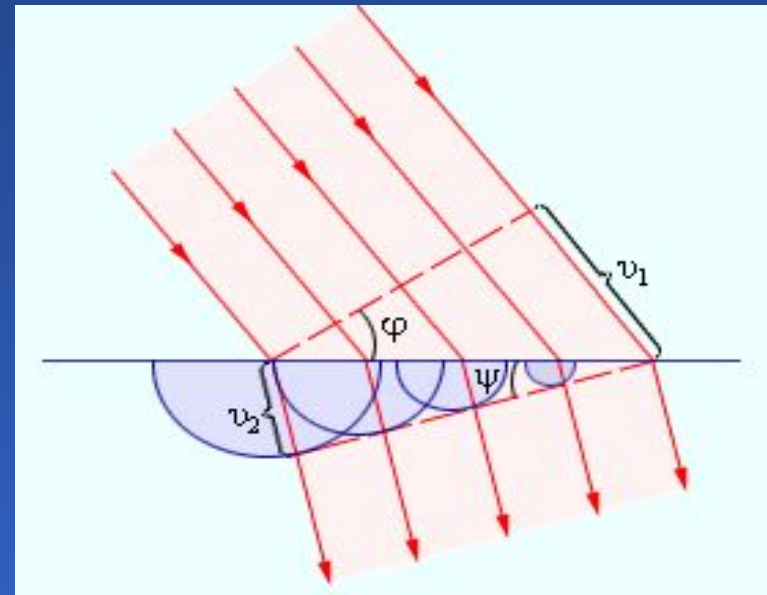
# Представление о теории света

↓  
корпускулярная  
Исаак Ньютон

свет представляет собой поток частиц (корпускул), испускаемых светящимися телами

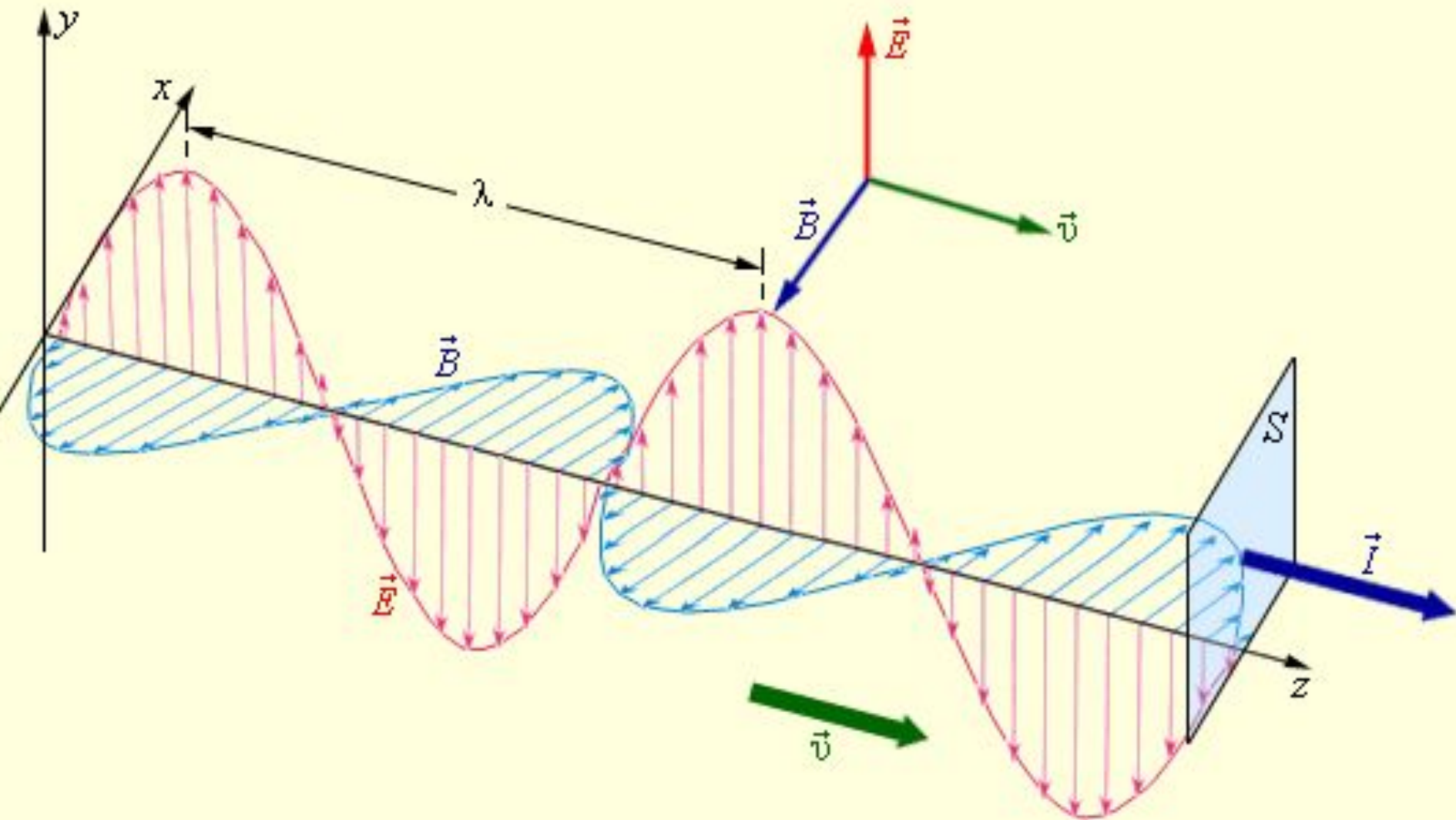
$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{v}{c} = n$$

↓ волновая  
принцип Гюйгенса  
свет - волновой процесс,  
подобный механическим волнам

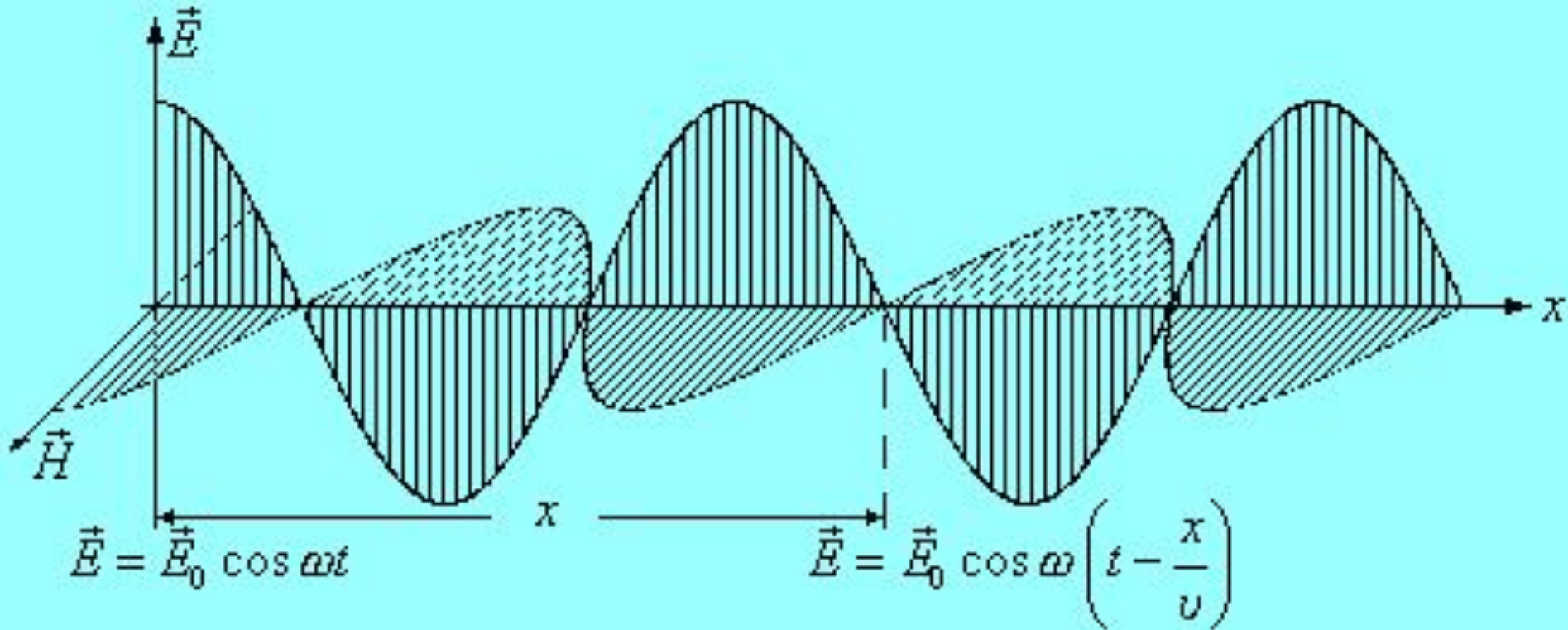




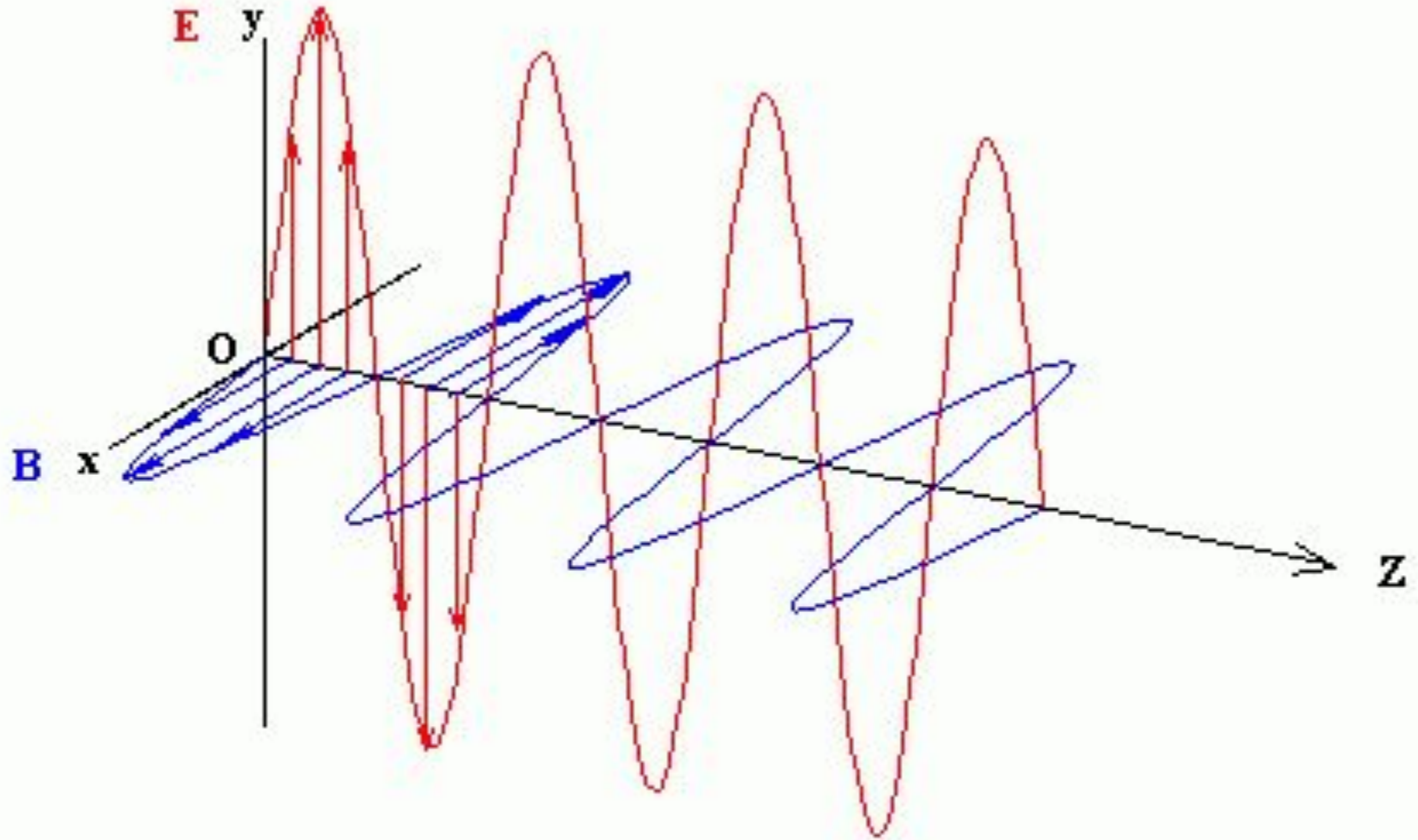
# Электромагнитная волна



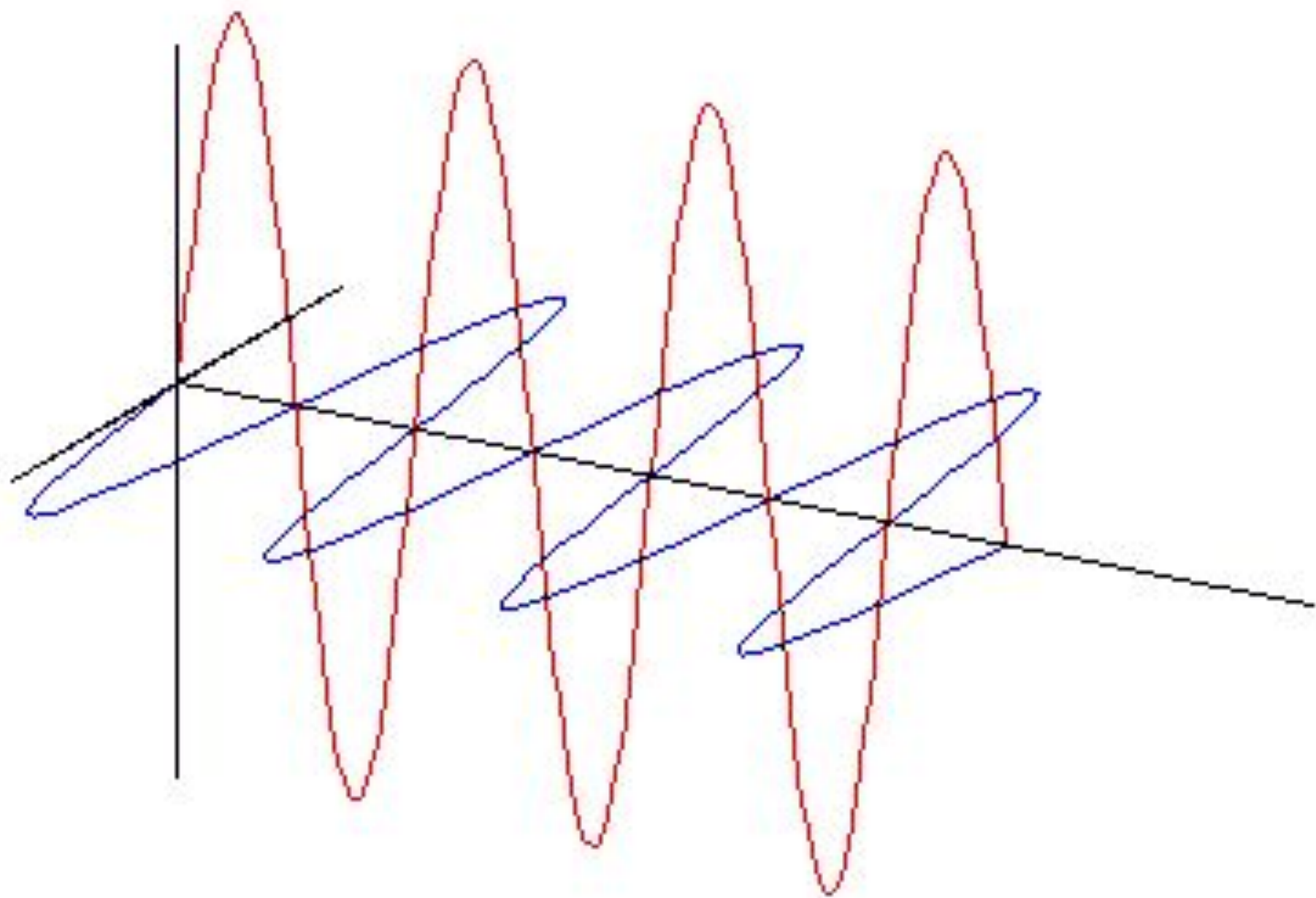
# Плоско поляризованная электромагнитная волна, бегущая вправо.



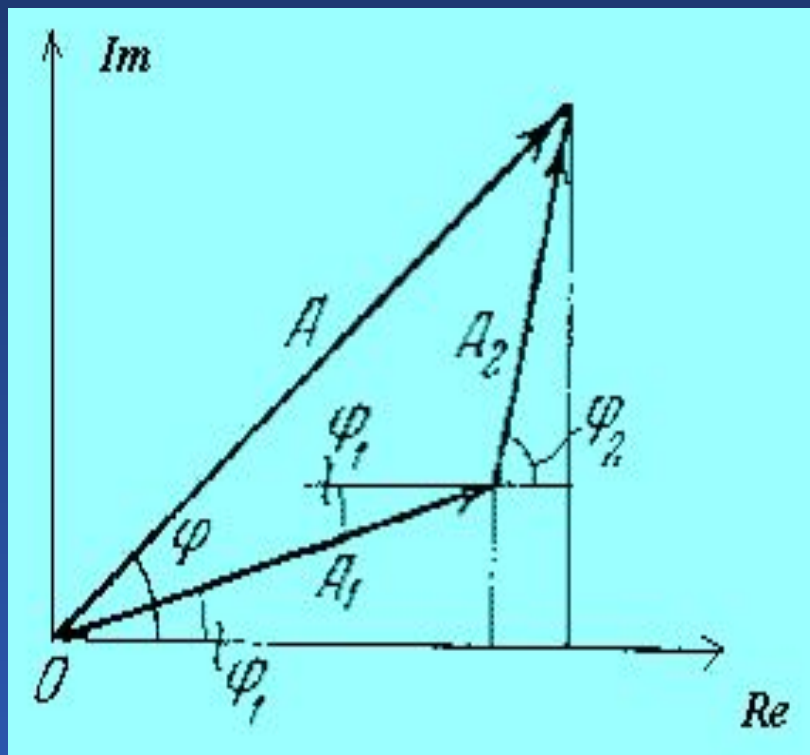
# «Мгновенная фотография» значений поля в СВЕТОВОЙ ВОЛНЕ



- Электрическое поле
- Магнитное поле



# Условия интерференции световых волн



$$A(\vec{r}) = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta\varphi(\vec{r})}$$

$$\varphi(\vec{r}) = \operatorname{arctg}\left(\frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}\right)$$

$$I = A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos k\Delta = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

# Величина оптической разности хода

интерференционный  
максимум

$$\Delta = \pm m\lambda$$

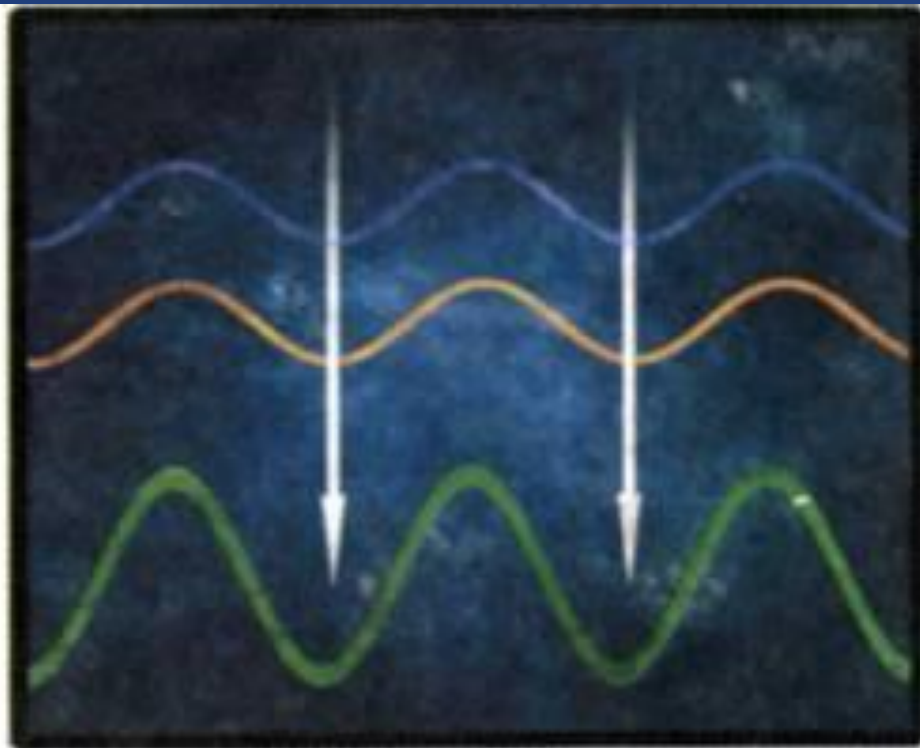
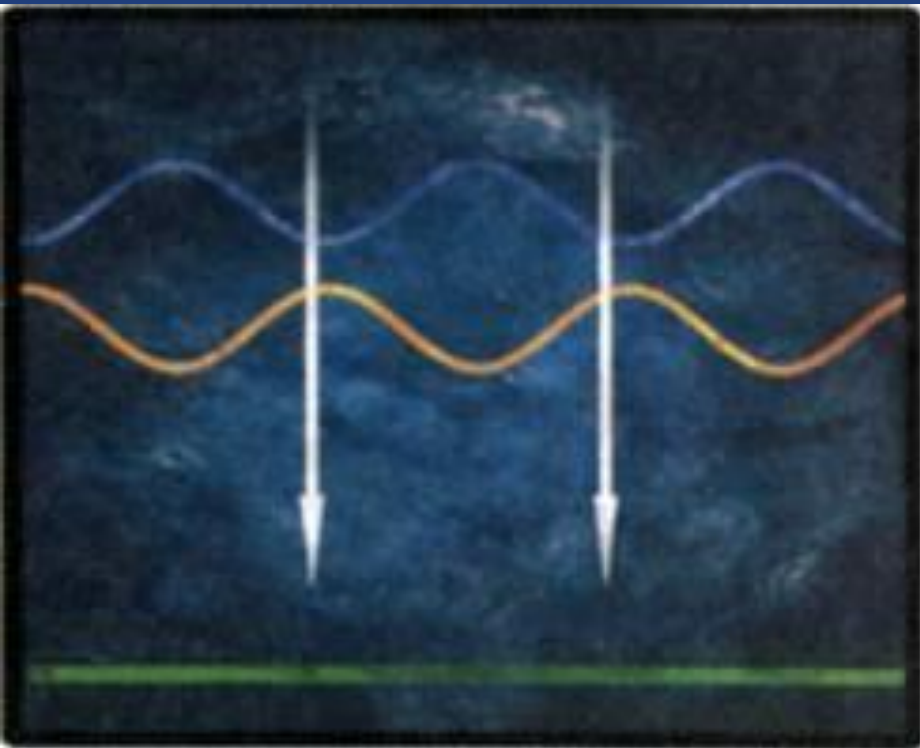
Интерференционный  
минимум

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

Длиной волны называют расстояние между двумя ее гребнями или впадинами.



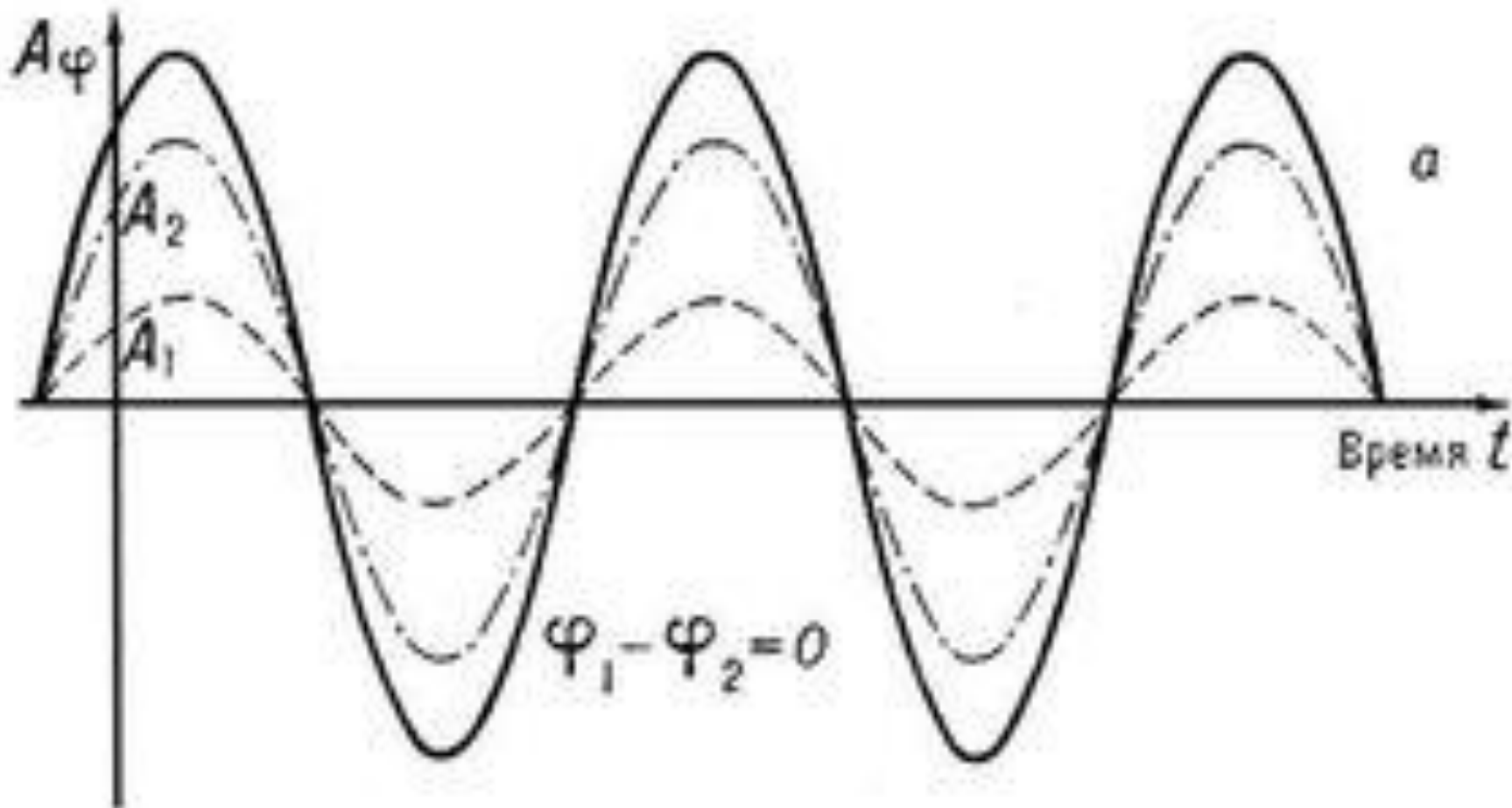
Волны, находящиеся в противофазе и совпадающие по фазе





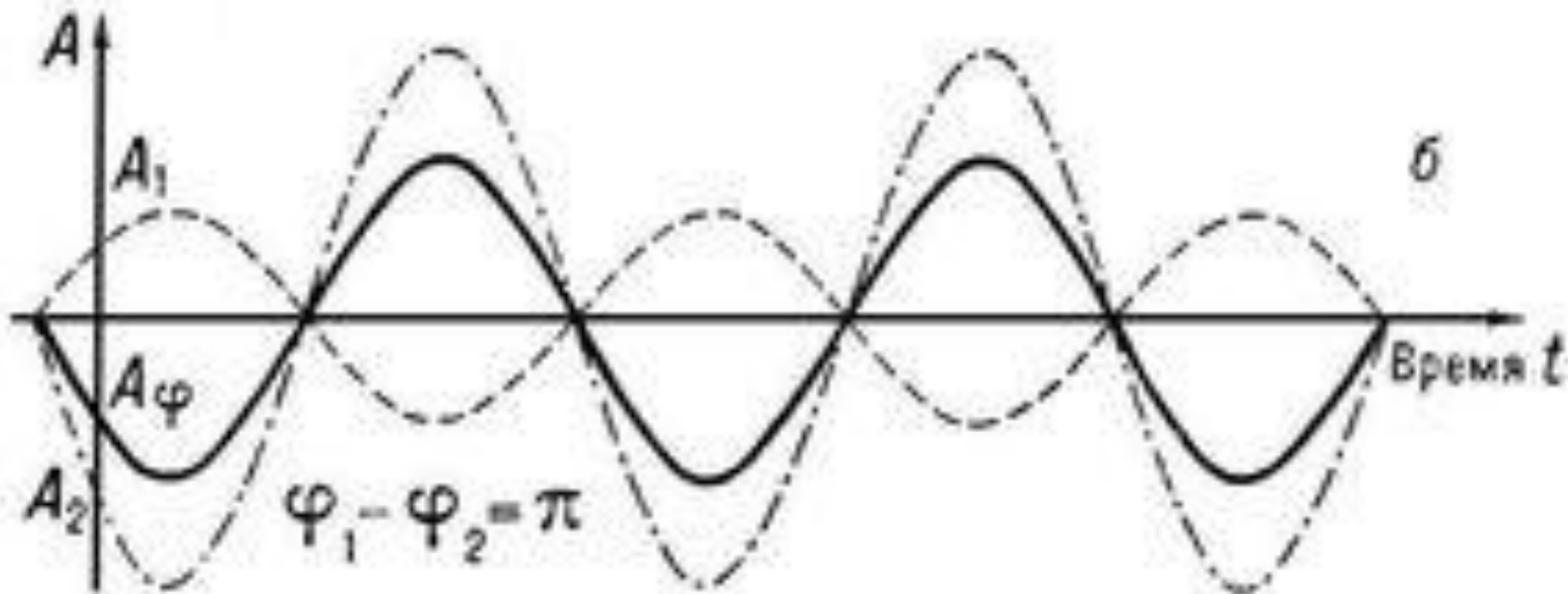
Сложение 2 гармонических колебаний (пунктир) с амплитудами  $A_1$  и  $A_2$  при разности фаз 0.

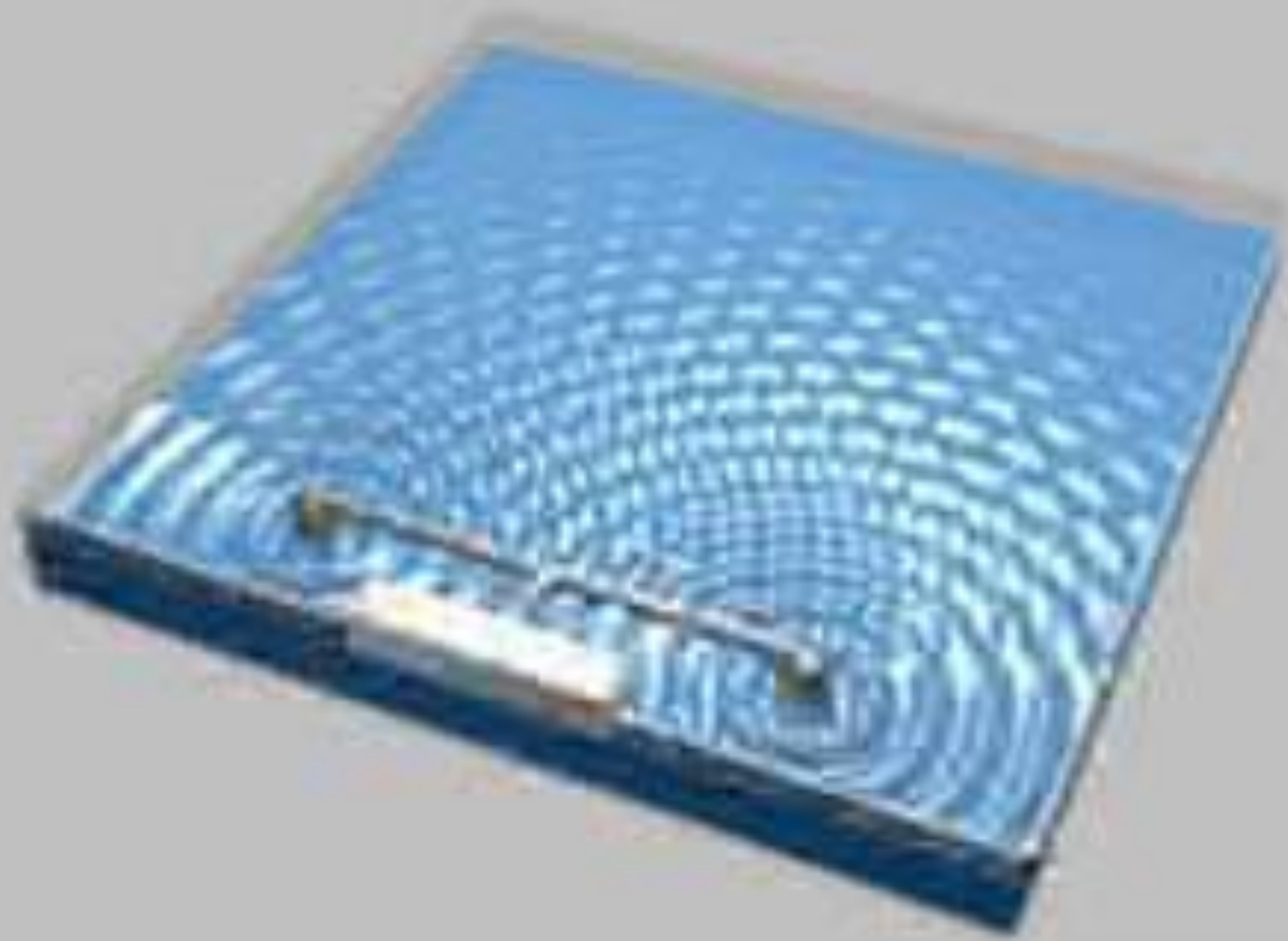
Результирующее колебание — сплошная линия



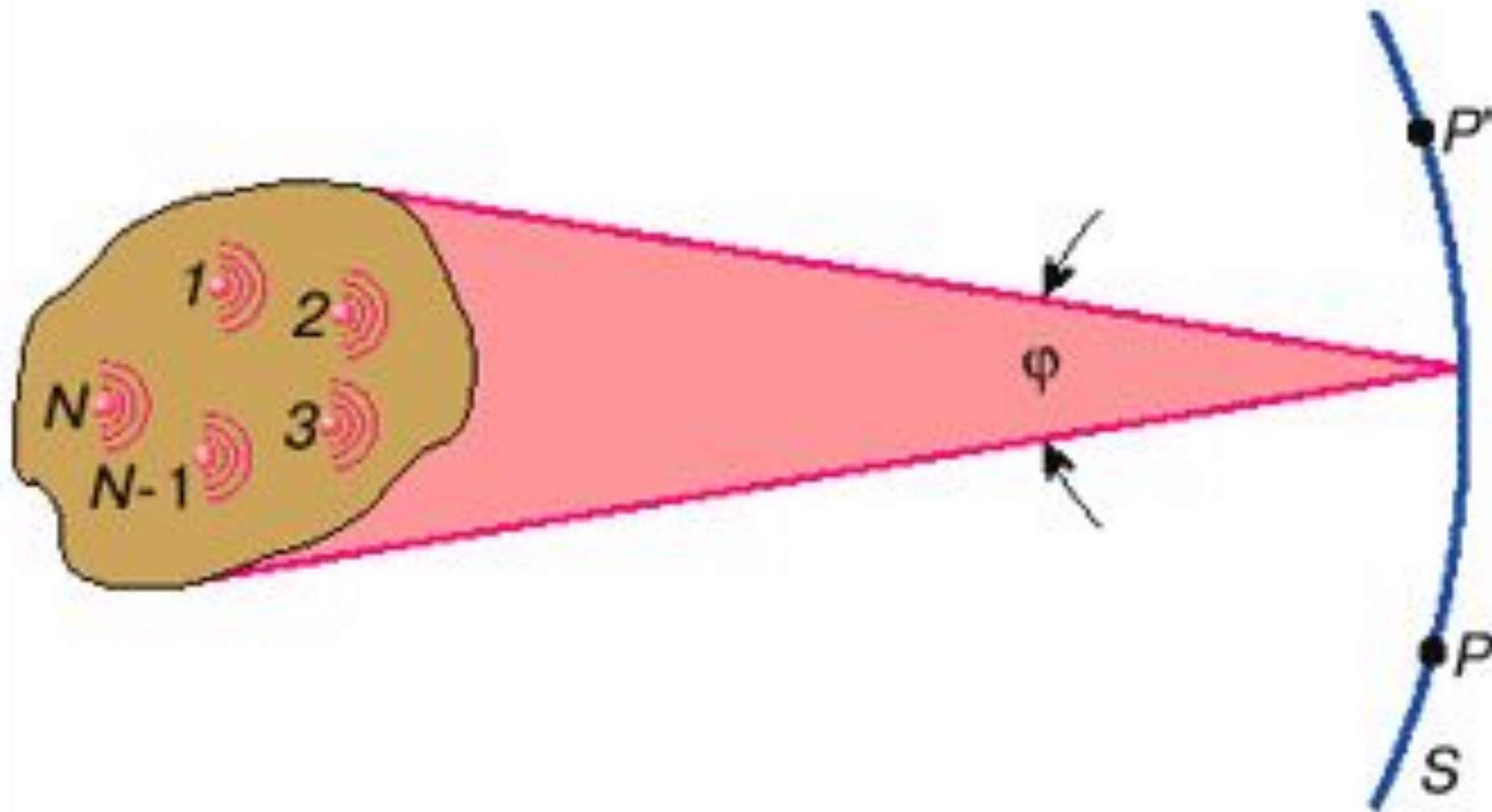
Сложение 2 гармонических колебаний (пунктир) с амплитудами  $A_1$  и  $A_2$  при разности фаз  $\pi$

Результирующее колебание — сплошная линия

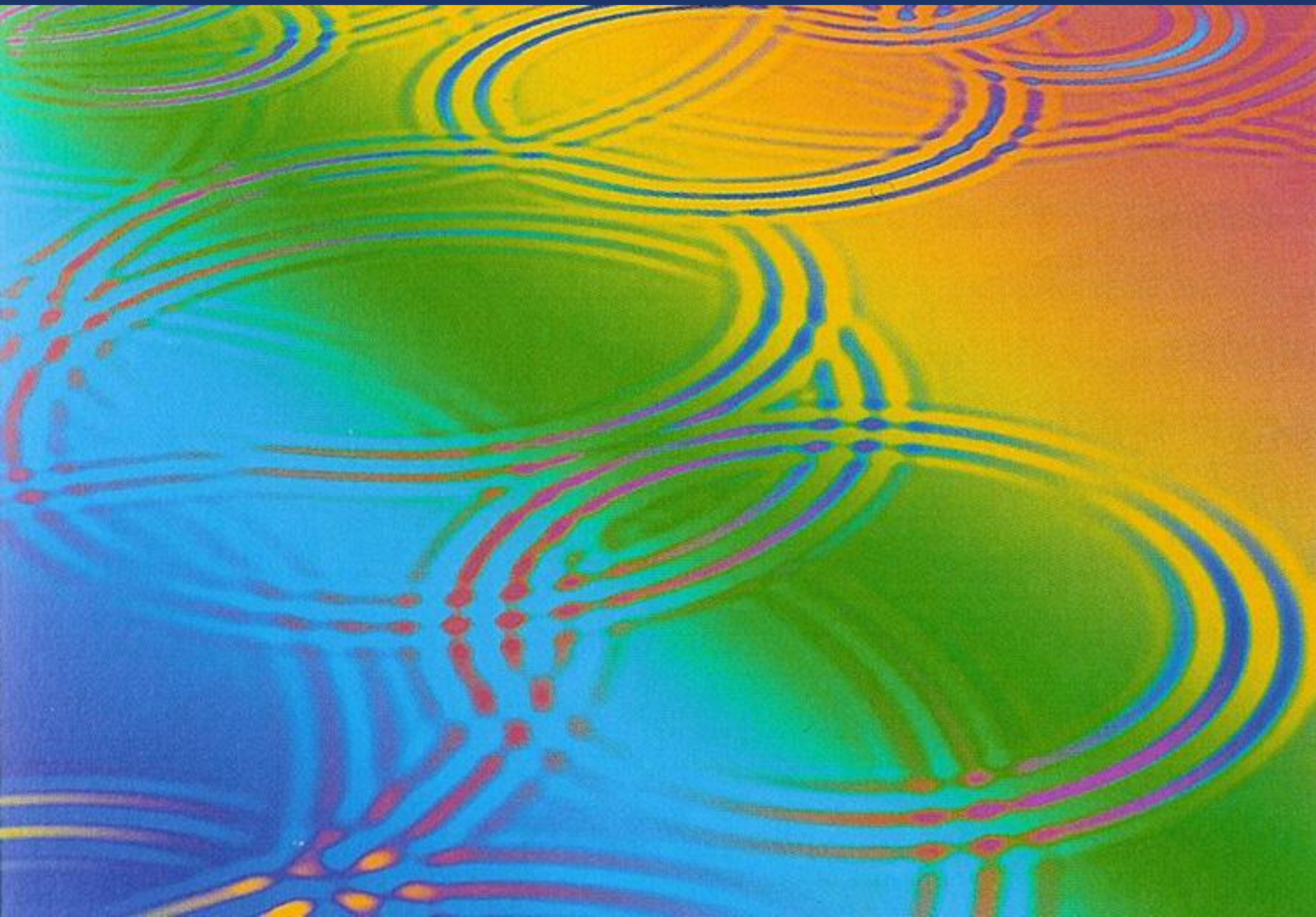




# Иллюстрация светящегося тела, состоящего из $N$ элементарных излучателей



# Когерентность

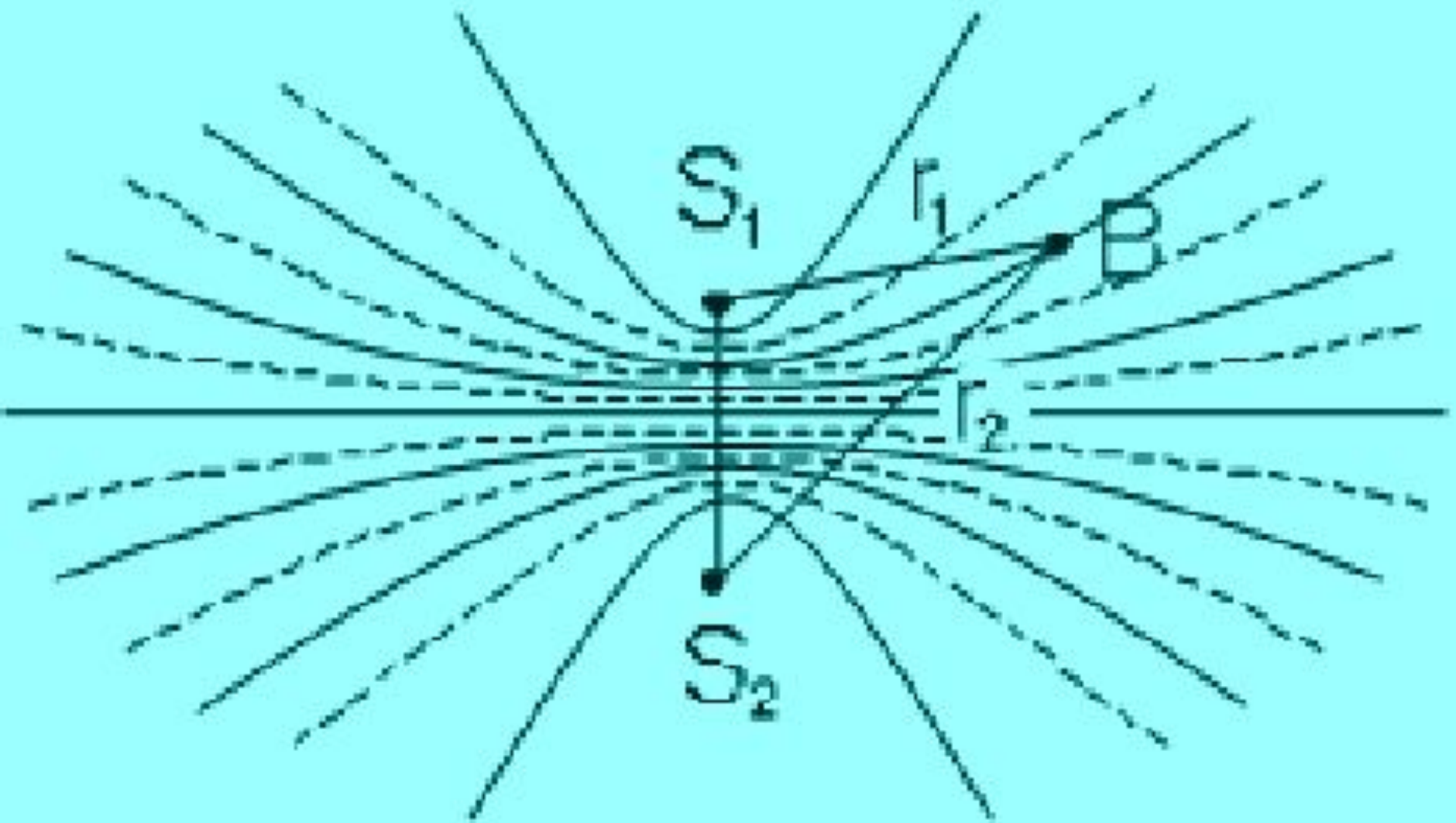


# Интерференционная картина



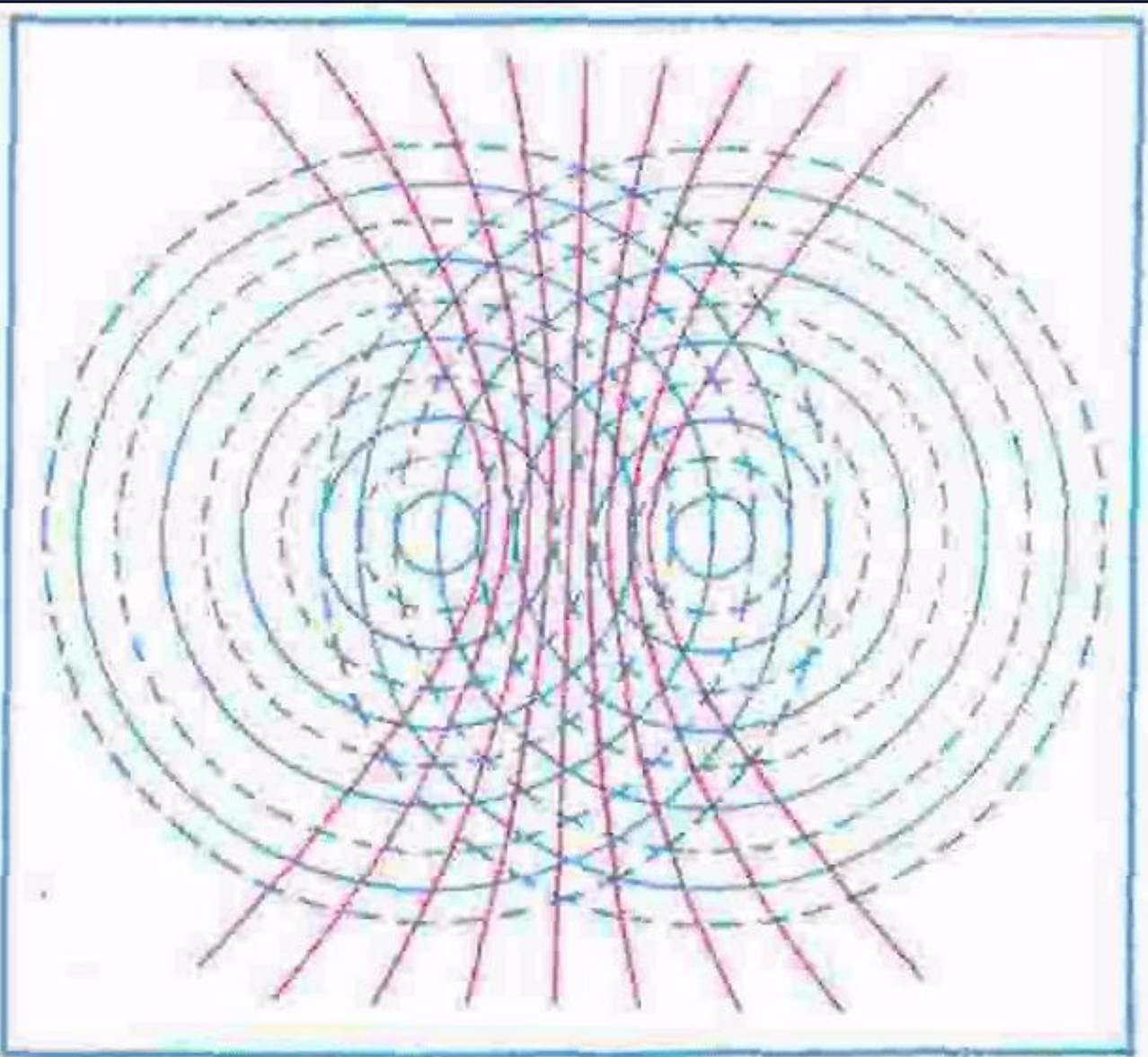
- Концентрические круговые волны с источниками в различных точках на поверхности воды, возникшие в результате падения дождевых капель, в зонах их пересечения дают интерференционную картину. Затемнения соответствуют зонам деструктивной интерференции

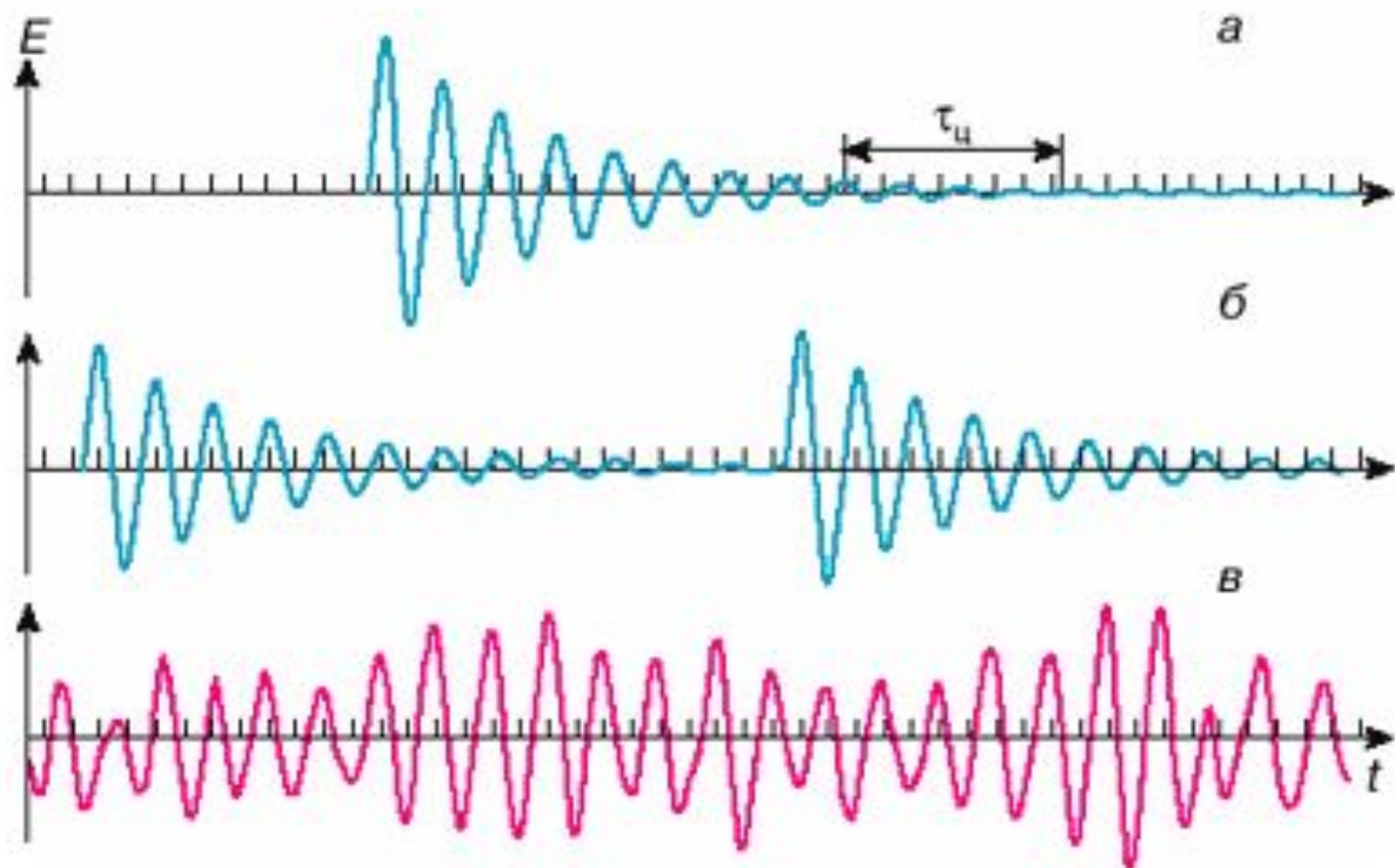
Волны называются когерентными, если разность их фаз остается постоянной во времени.



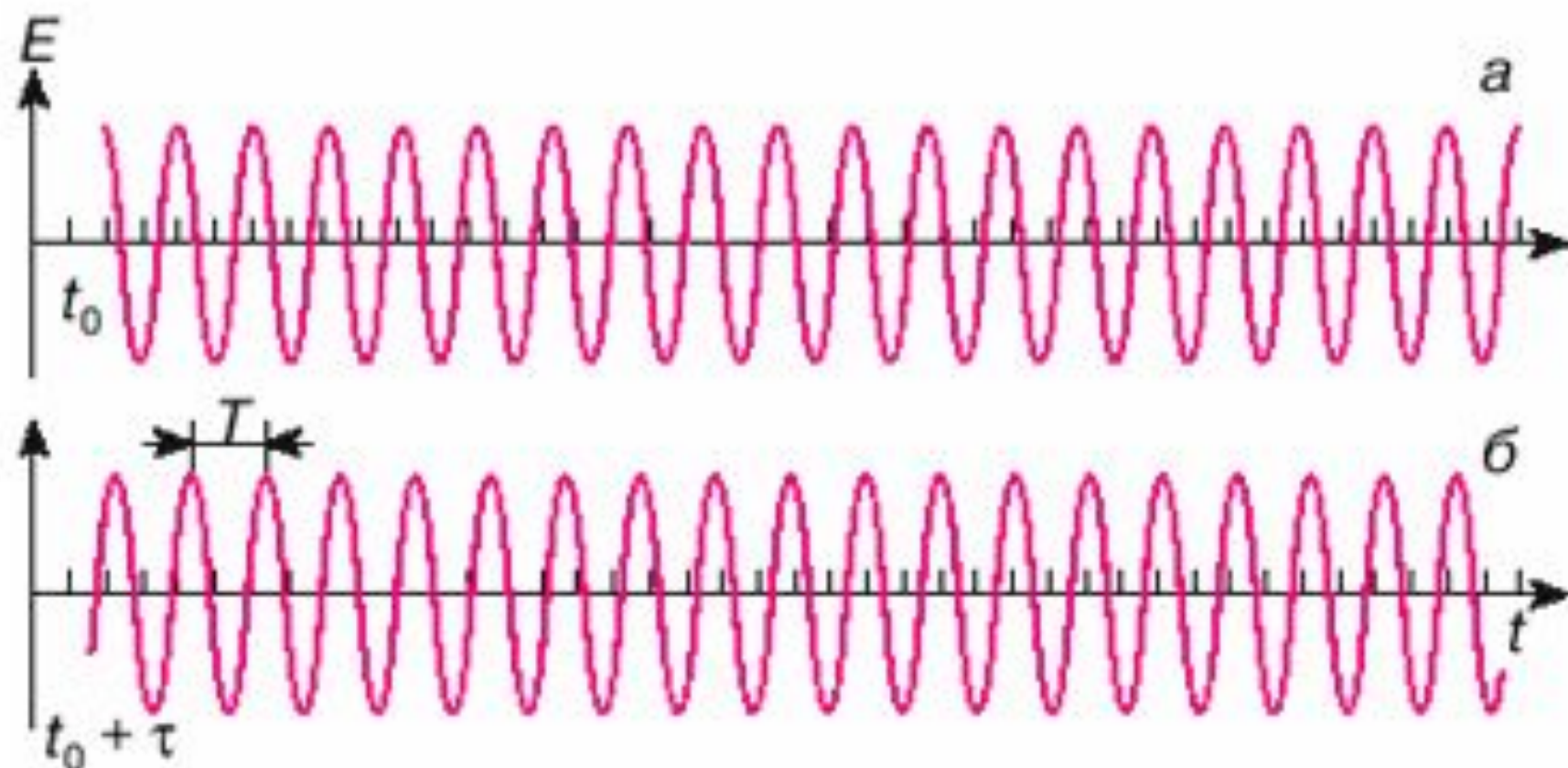


Интерференция света между двумя источниками света.  
Точки одинаковых фаз находятся на гипербололах



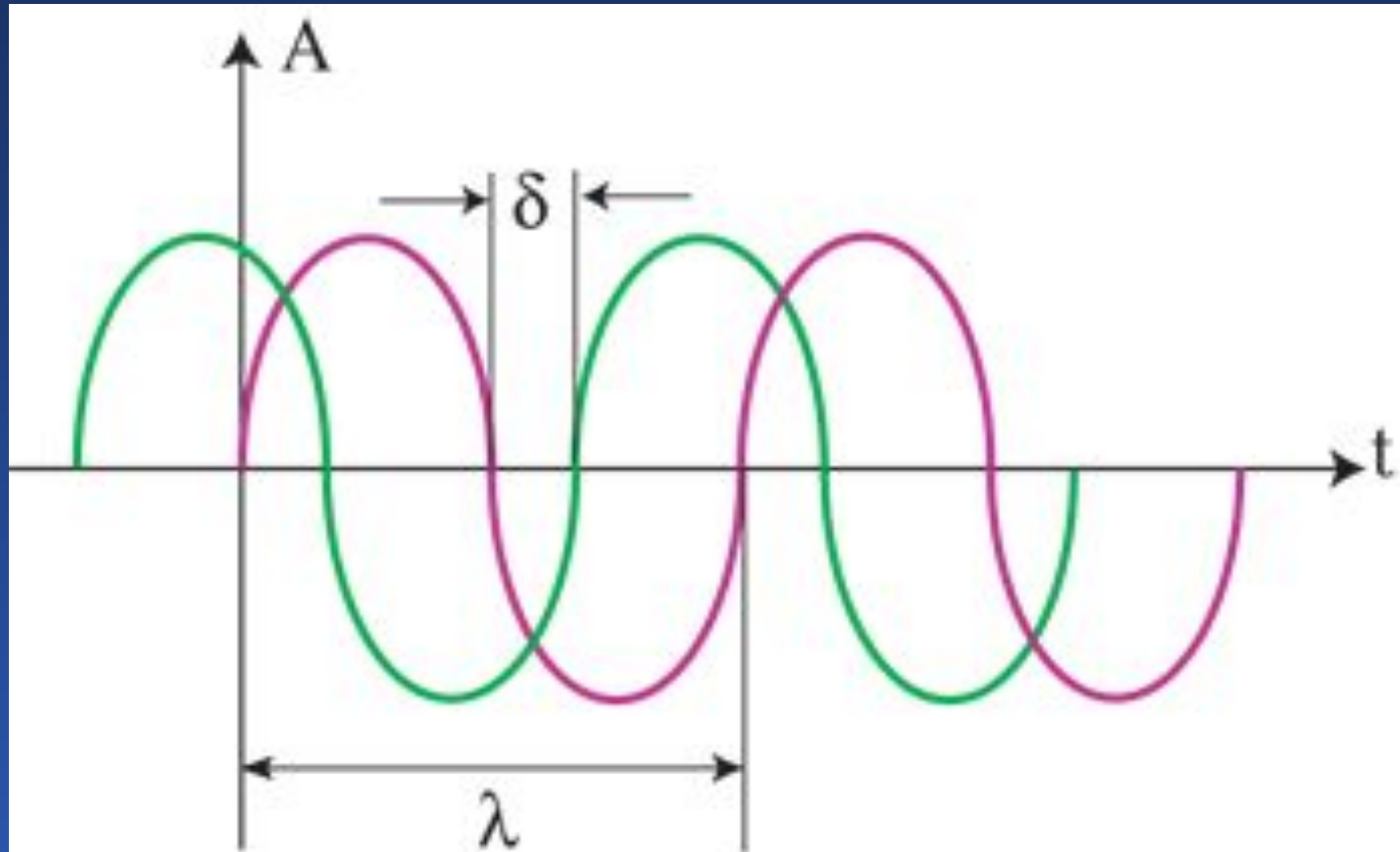


**Рис. 2.** Волновые цуги, испускаемые отдельными атомами (а и б), и колебания в произвольно выбранной точке пространства поля  $E$  частично когерентной волны (в).  $\tau_{ц}$  – длительность отдельного цуга



**Рис. 1.** Когерентные колебания напряженности  $E$  электрического поля электромагнитной световой волны в произвольно выбранной точке пространства, сопоставляемые в разные промежутки времени:  $a$  – при  $t > t_0$ ,  $б$  – при  $t > t_0 + \tau$ .  $T$  – период колебаний

# Когерентность



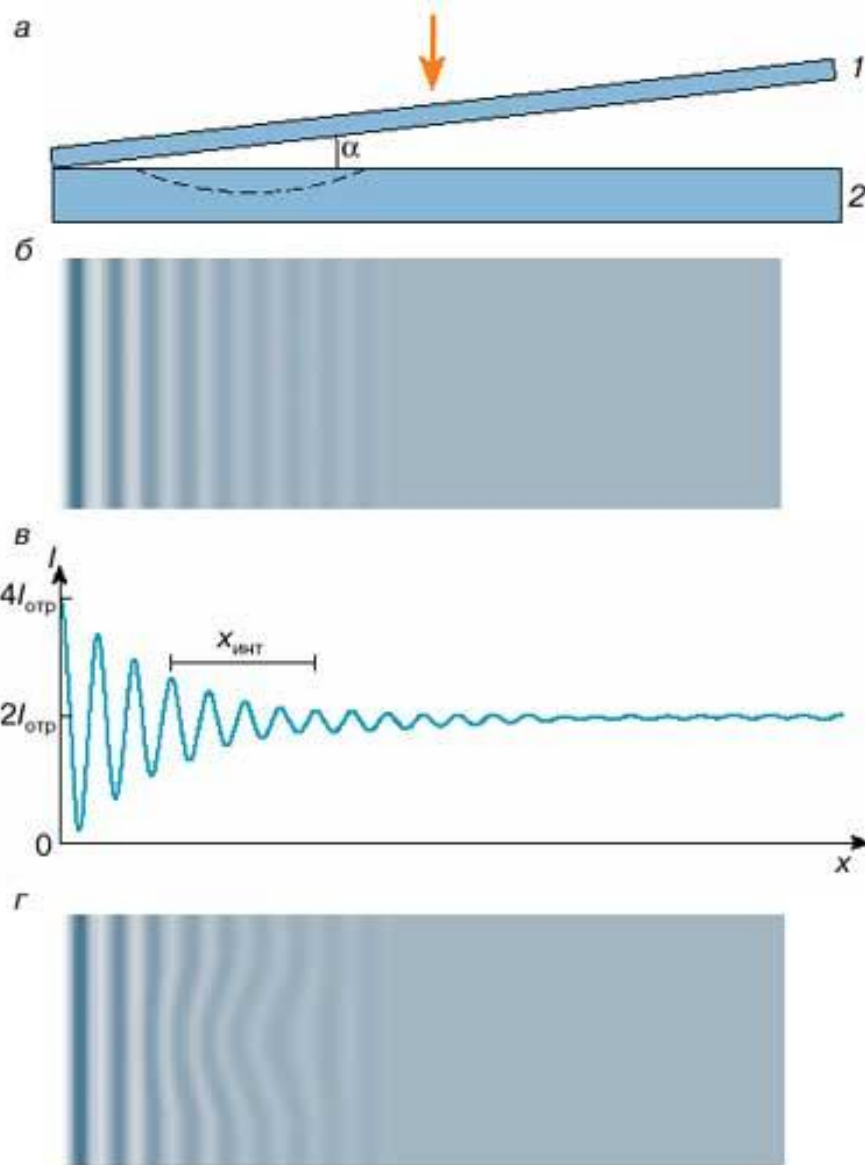
$$E = A \cos(\omega t - kr + \alpha)$$

$\alpha$  – начальная фаза колебаний

$\delta$  – сдвиг фазы

$r$  – расстояние в направлении движения

$k$  – волновое число



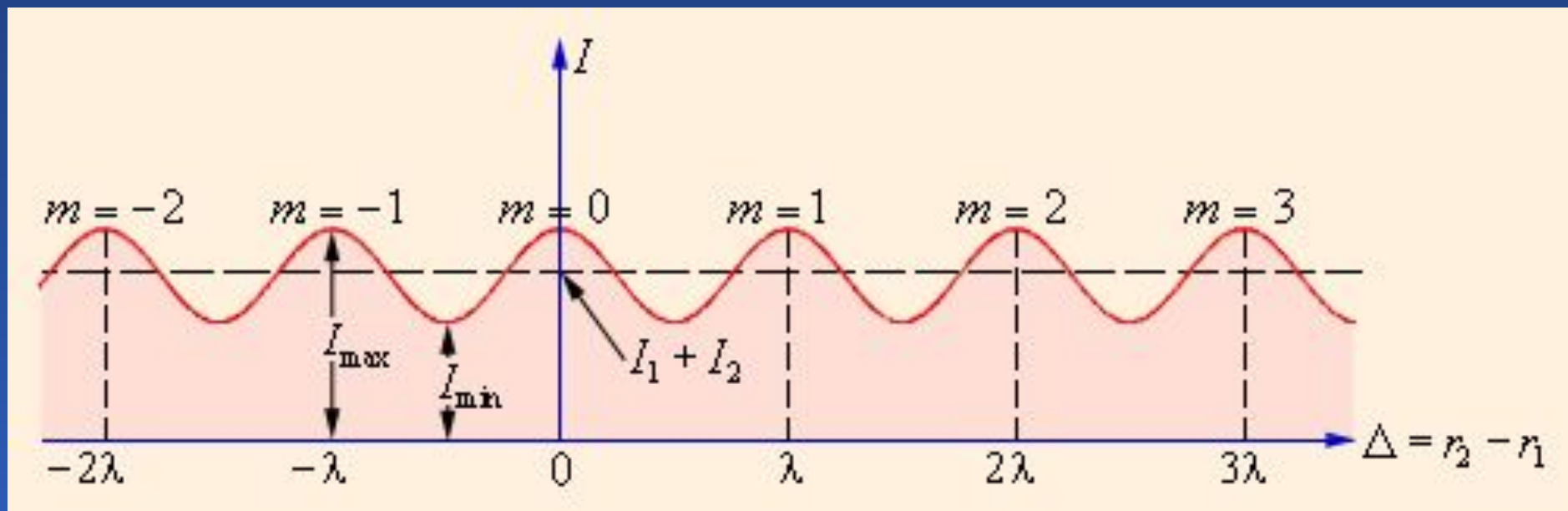
**Рис. 4.** Интерференция в воздушном клине в отраженном свете: *а* – воздушный клин, *б* – интерференционная картина, *в* – зависимость интенсивности  $I_{\text{отр}}$  отраженного излучения от поперечной по отношению к ребру клина координаты  $x$ , *г* – интерференционная картина при наличии на поверхности 2 выемки



Картина  
интерференции



Распределение интенсивности в интерференционной картине. Целое число  $m$  – порядок интерференционного максимума.





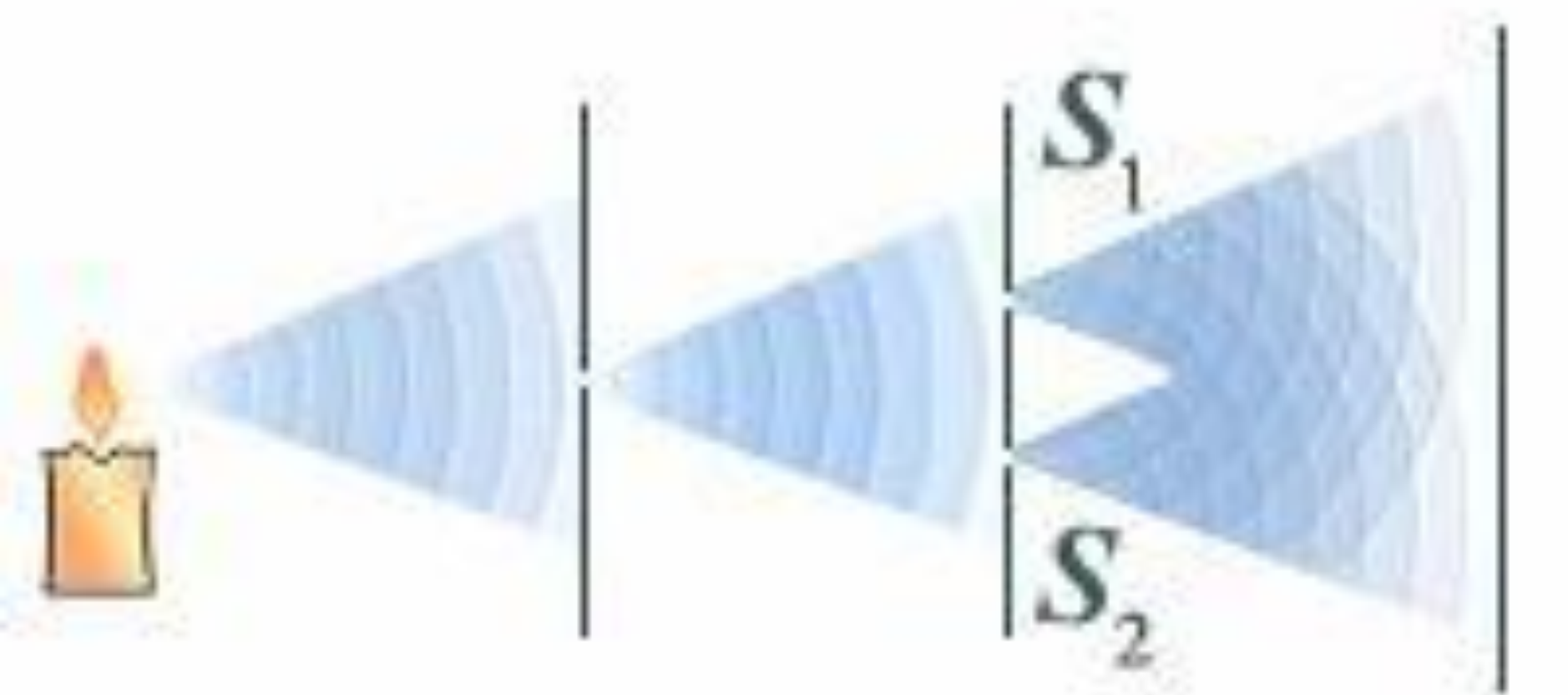
# Томас Юнг



# Опыт Юнга

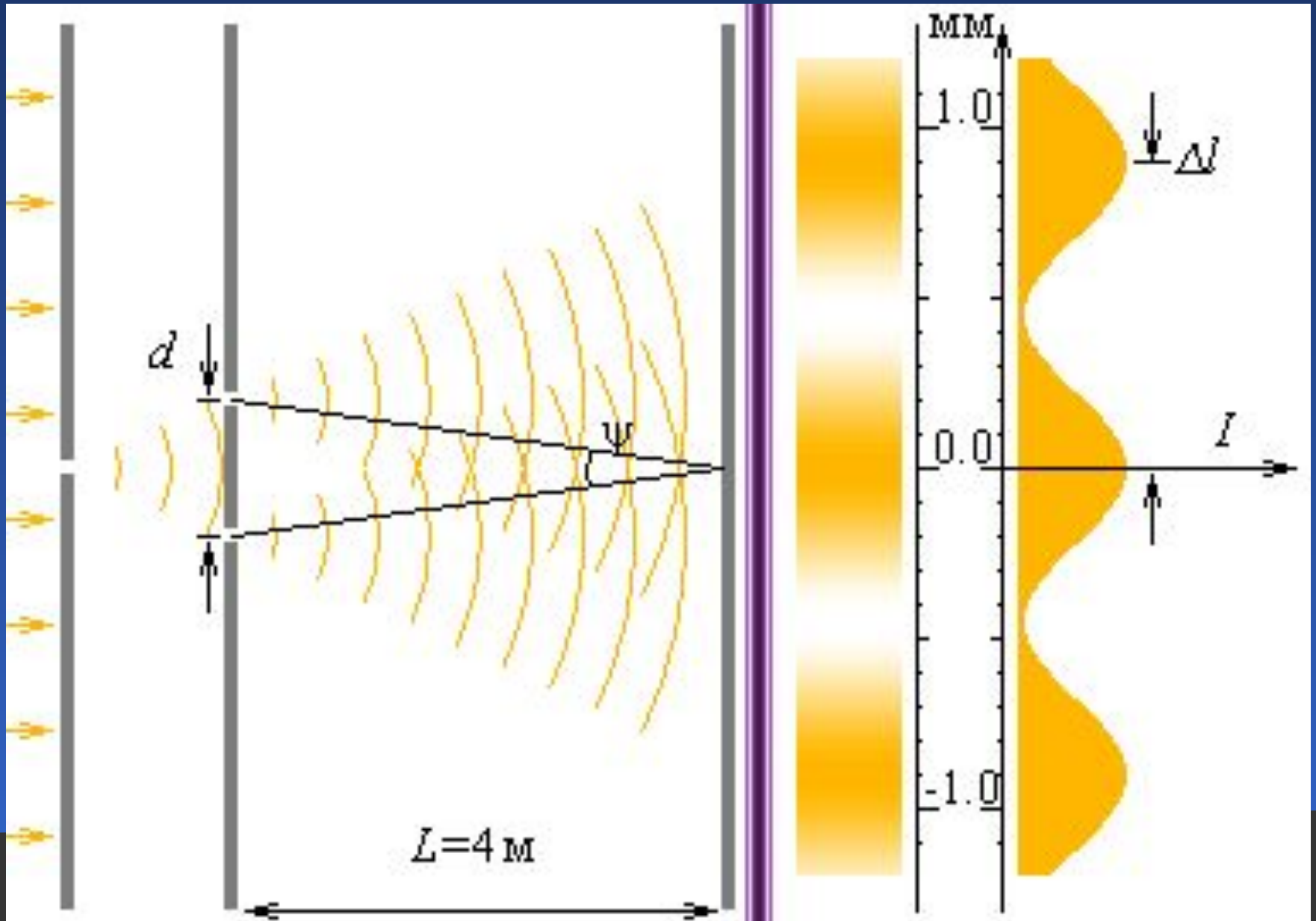


# Опыт Юнга

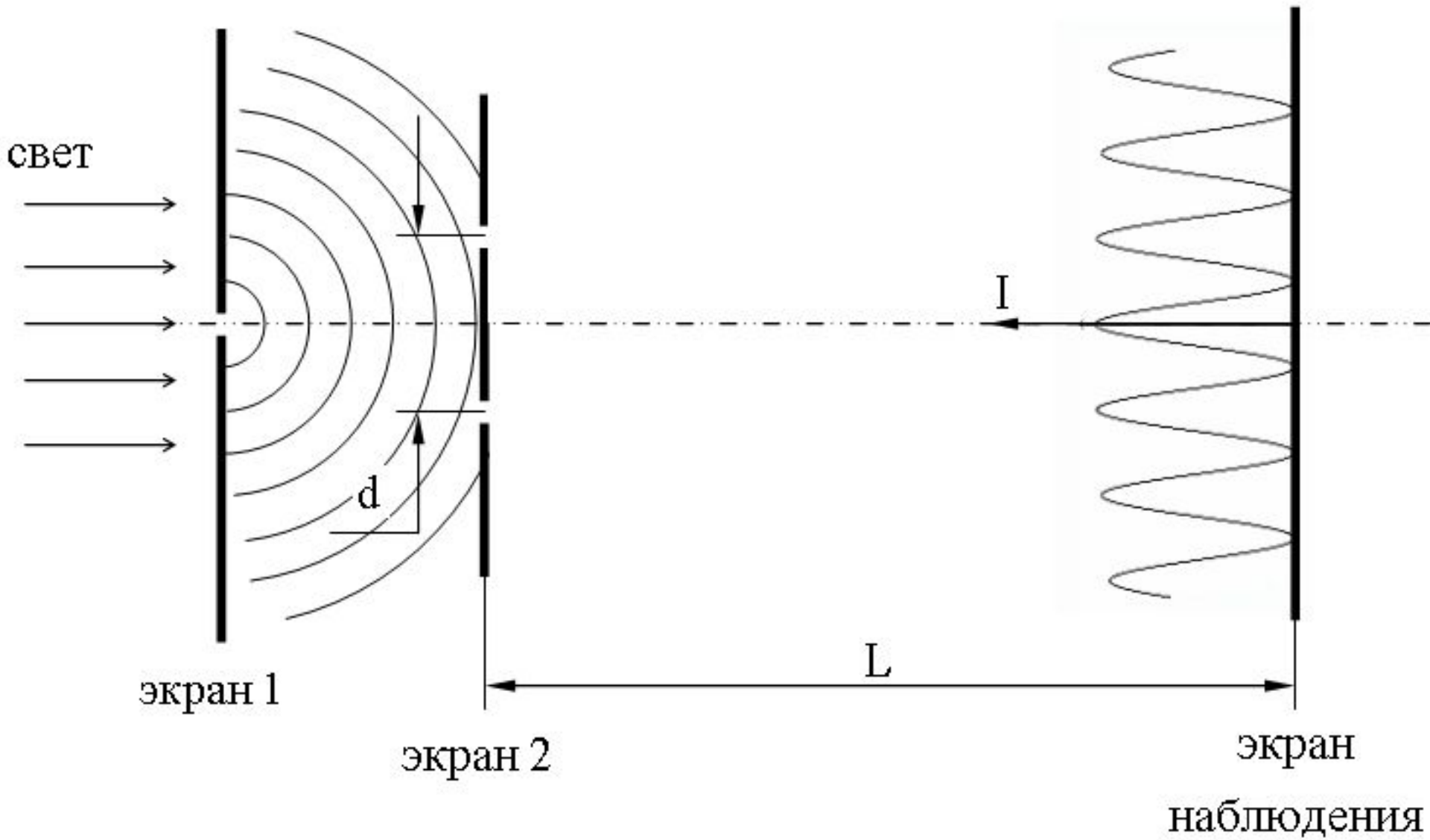




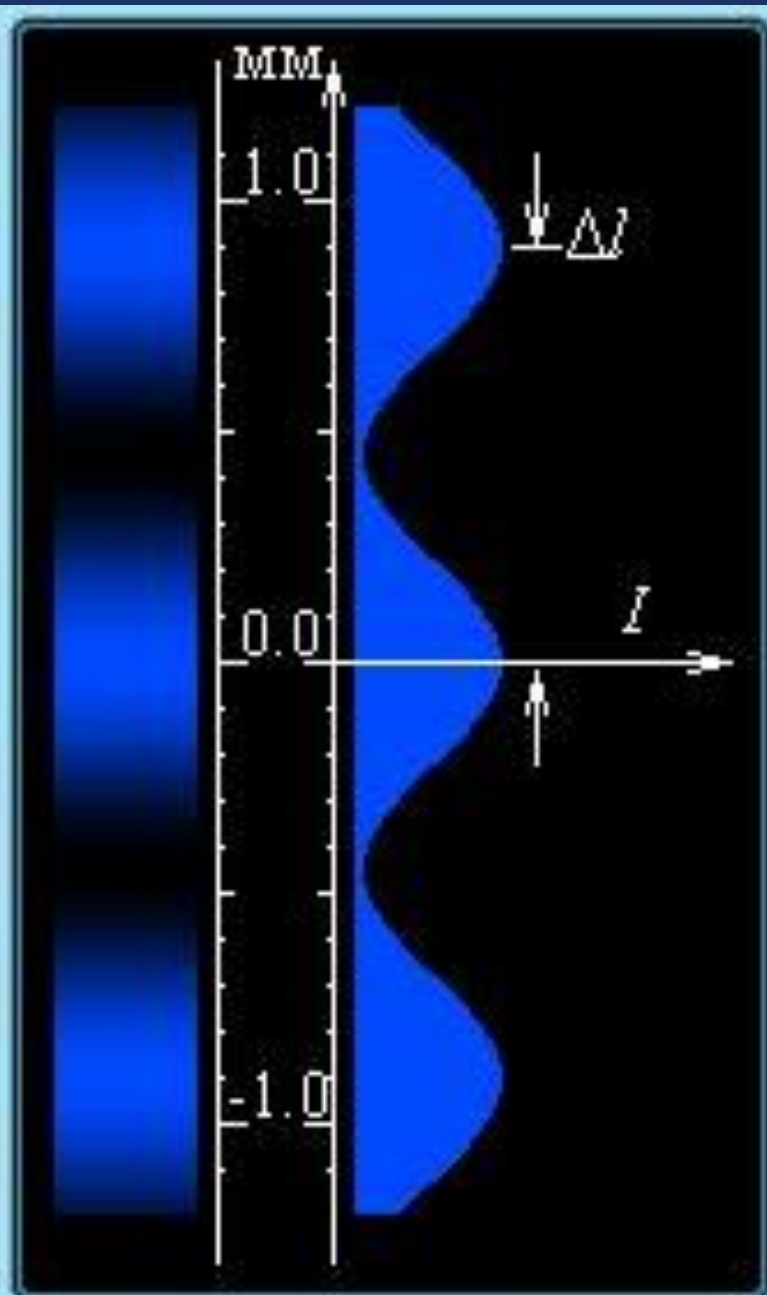
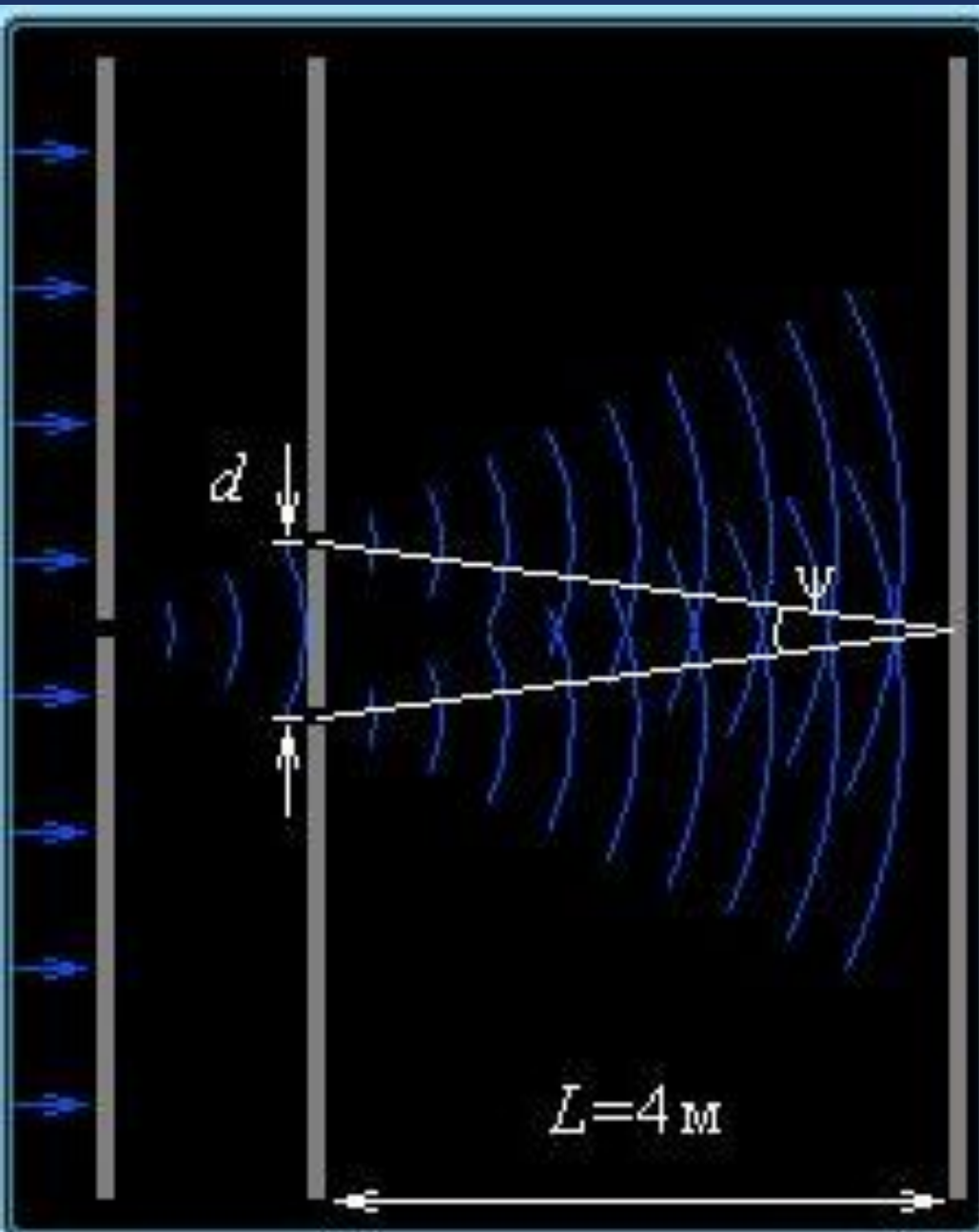
# Опыт Юнга



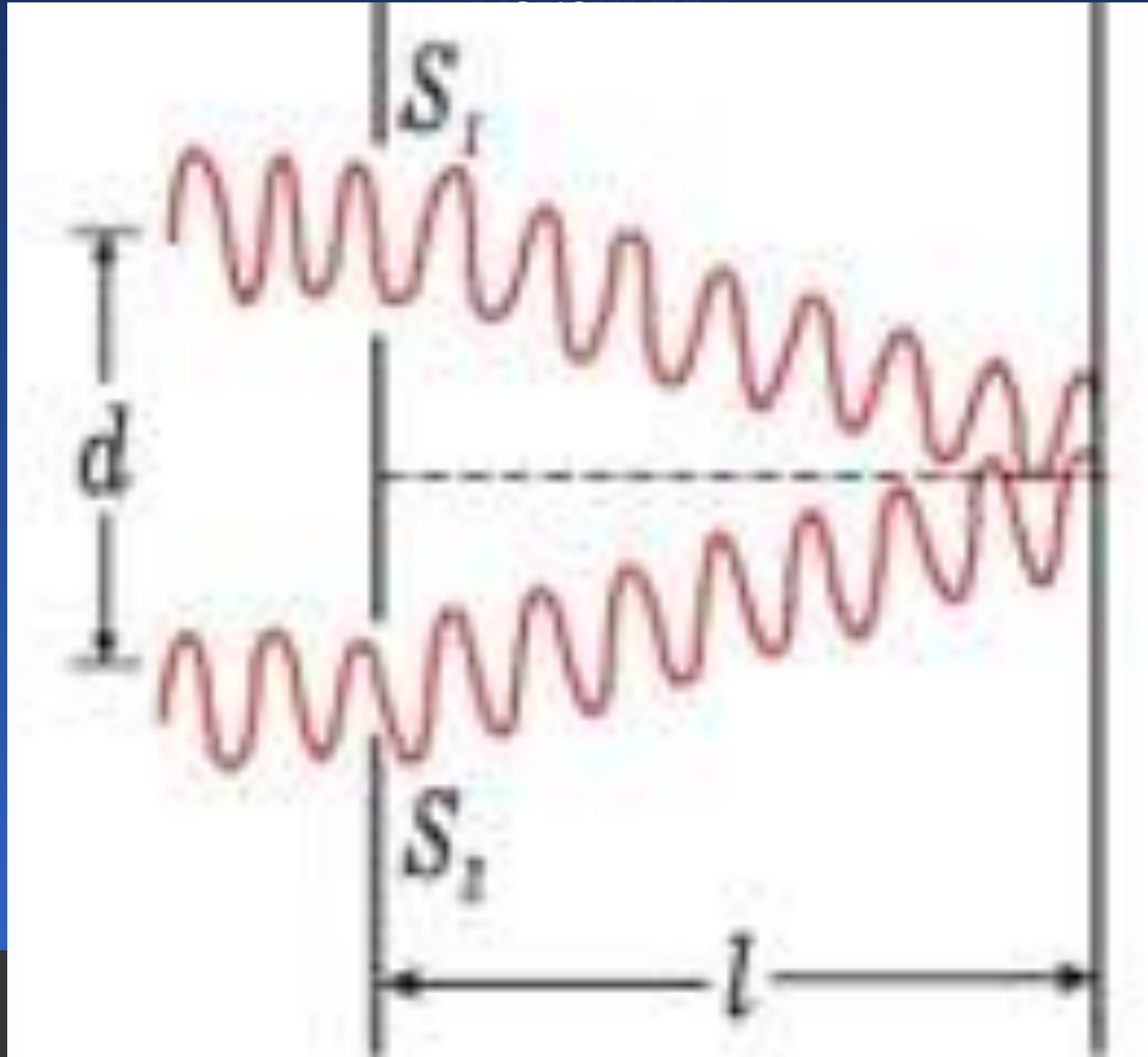
# Опыт Юнга



# Опыт Юнга

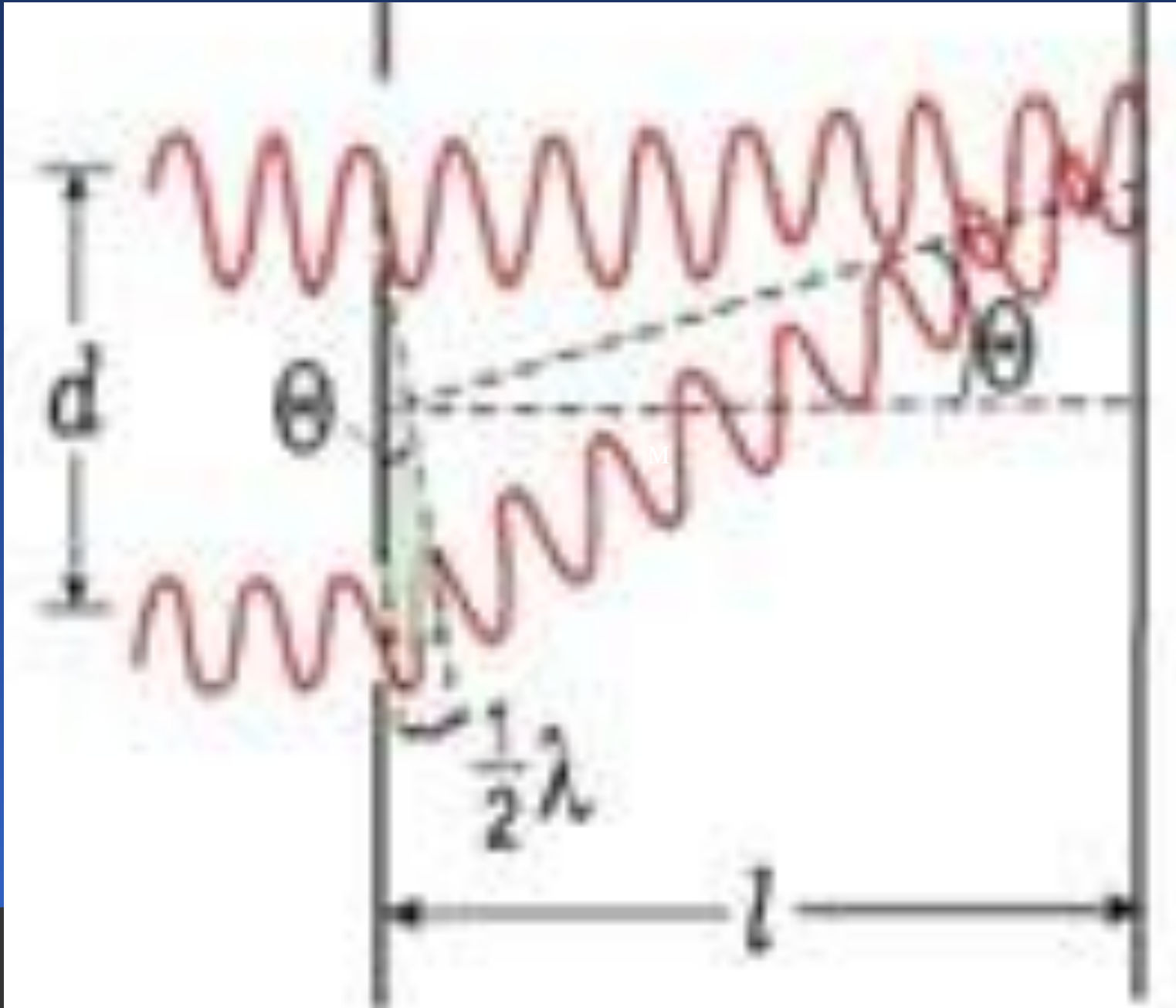


# Нулевой интерференционный

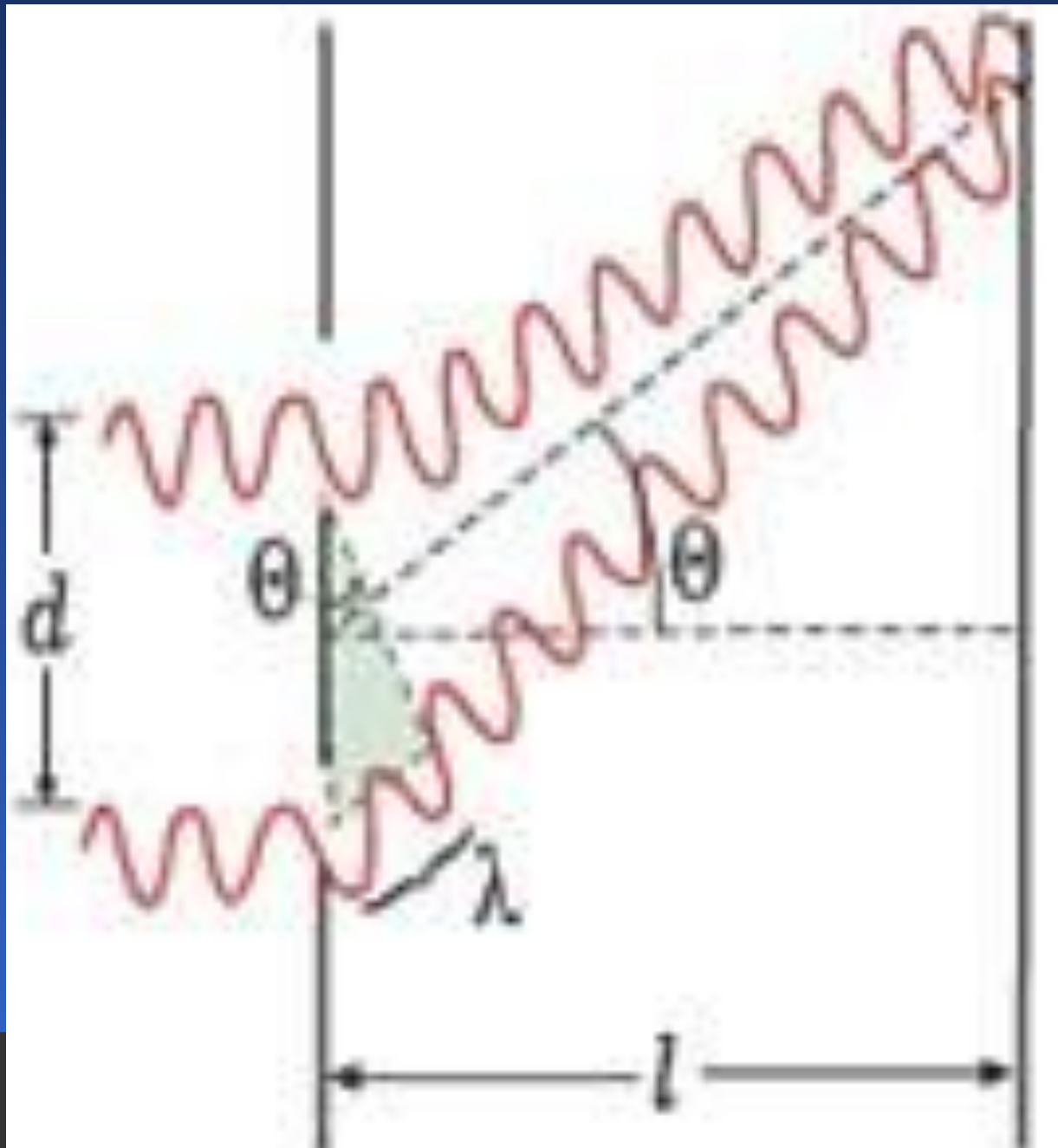


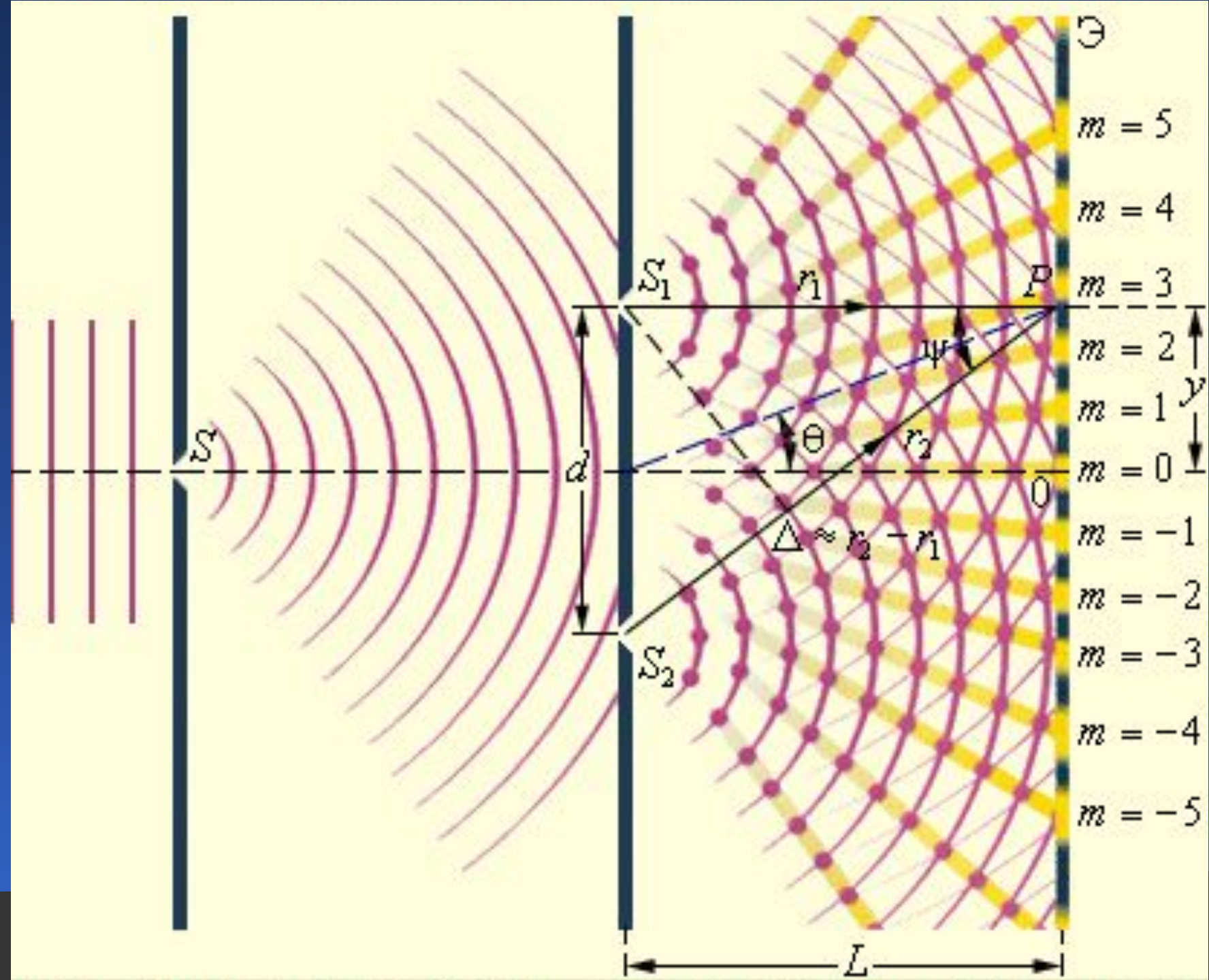


# Первый интерференционный минимум



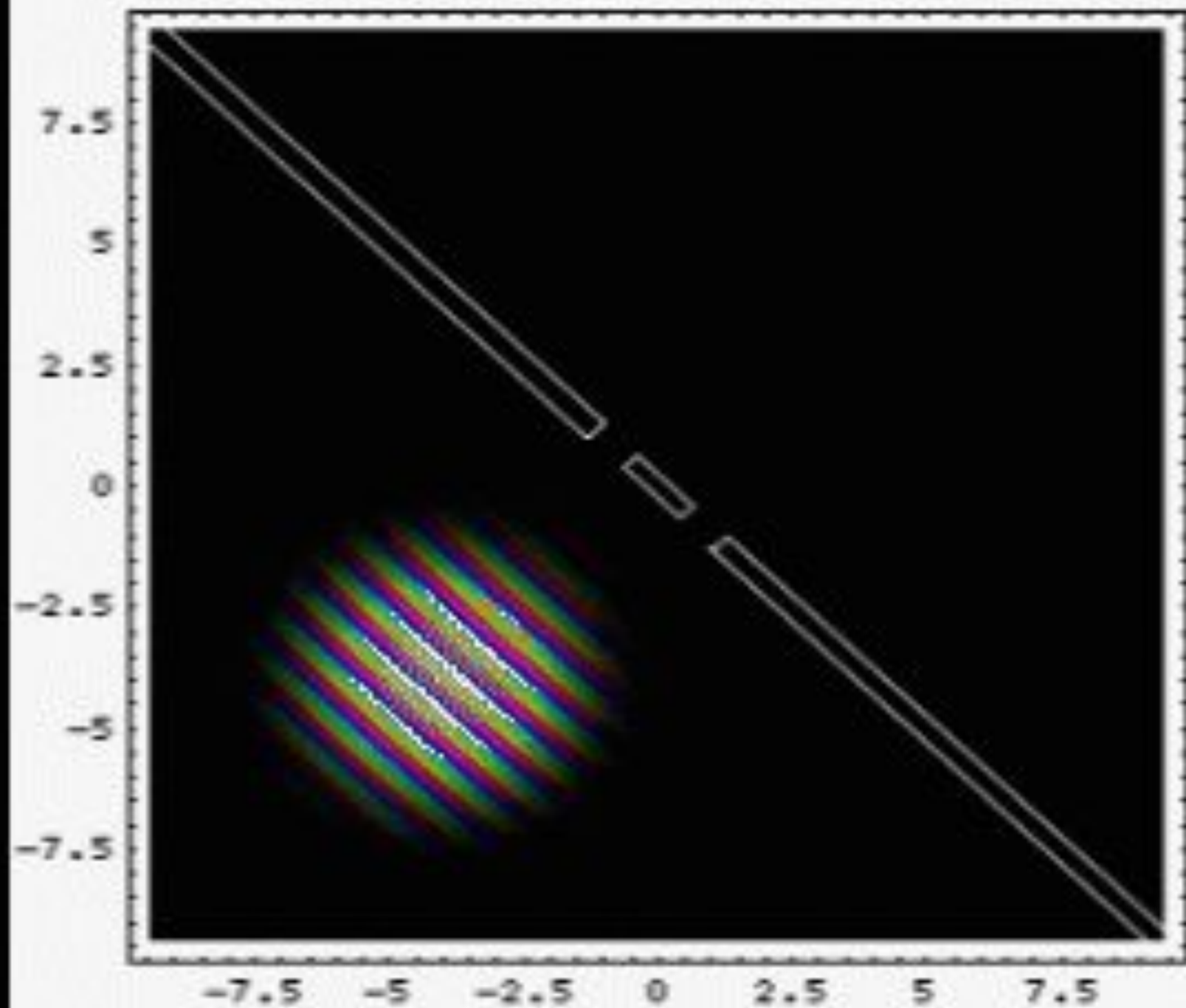
# Первый интерференционный максимум







$t = -0.50$

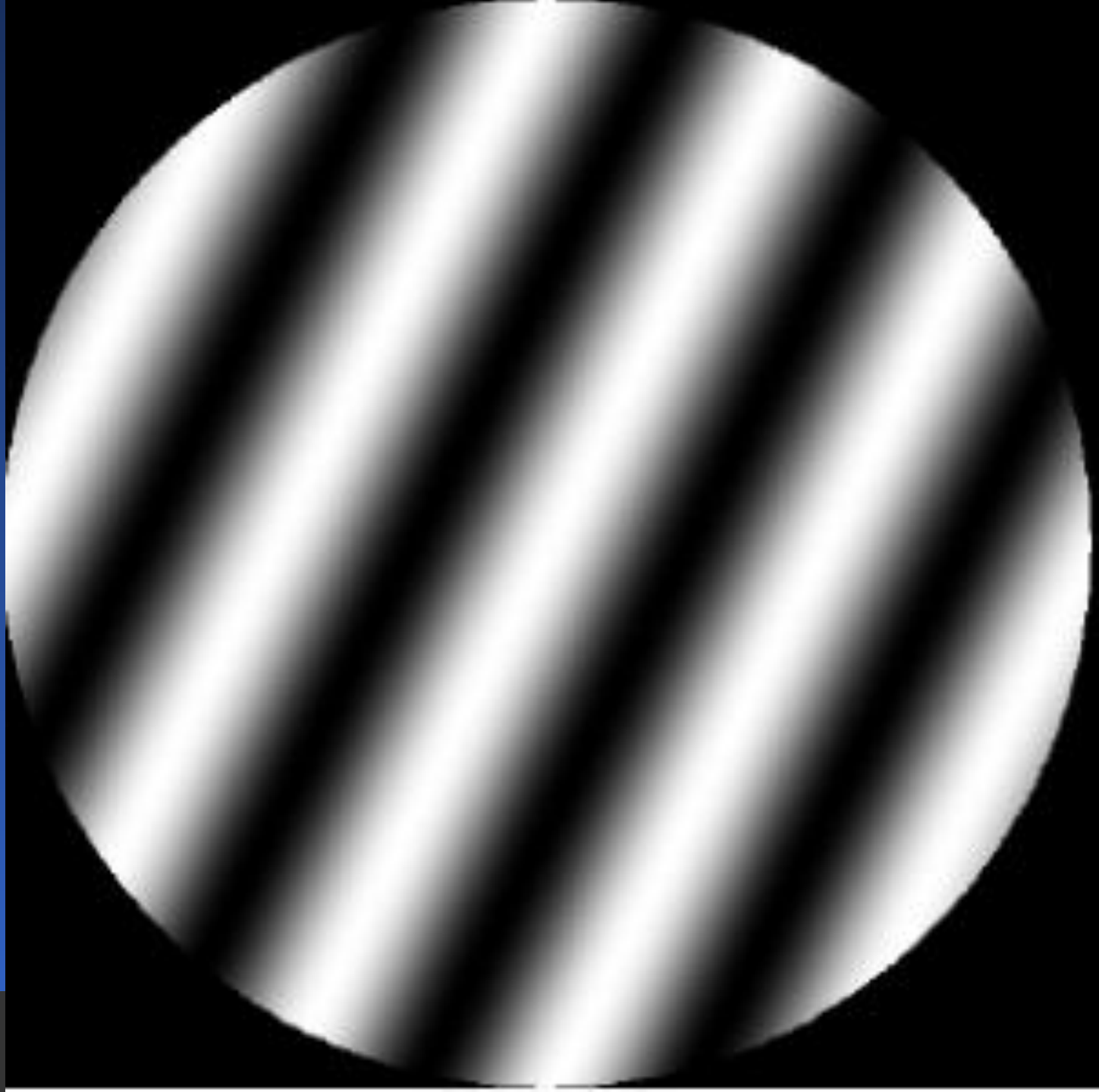


$$x_{\max} = \pm \frac{m \lambda_0}{nd}$$

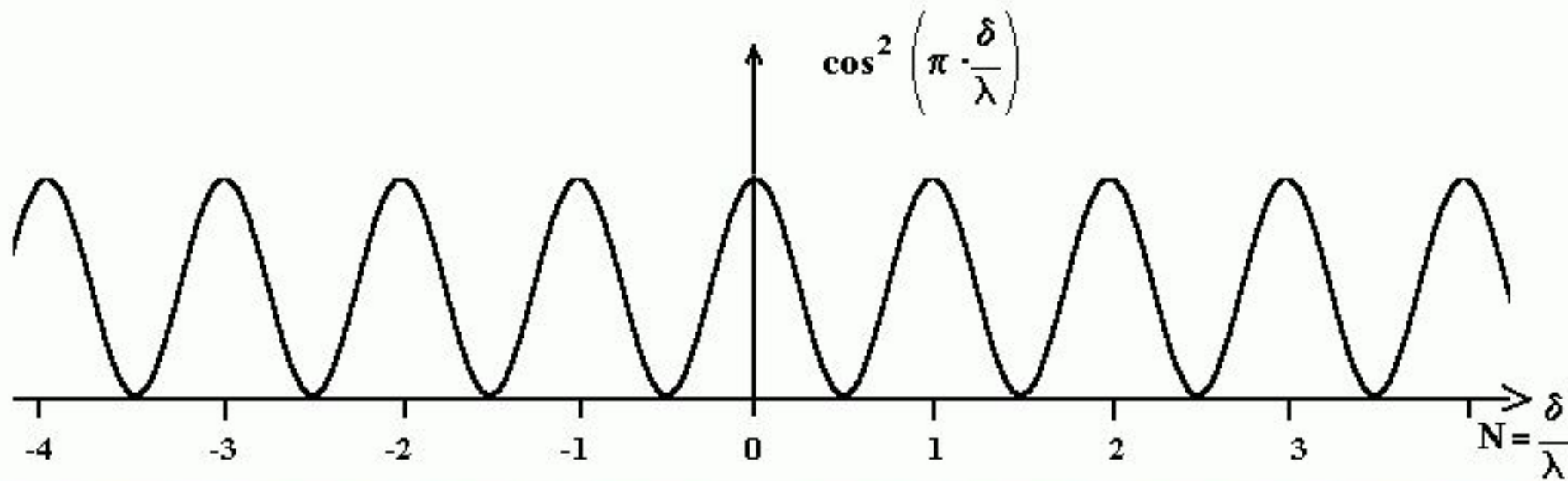
Ширина полос

$$x_{\min} = \pm \left( m + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{nd}$$

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

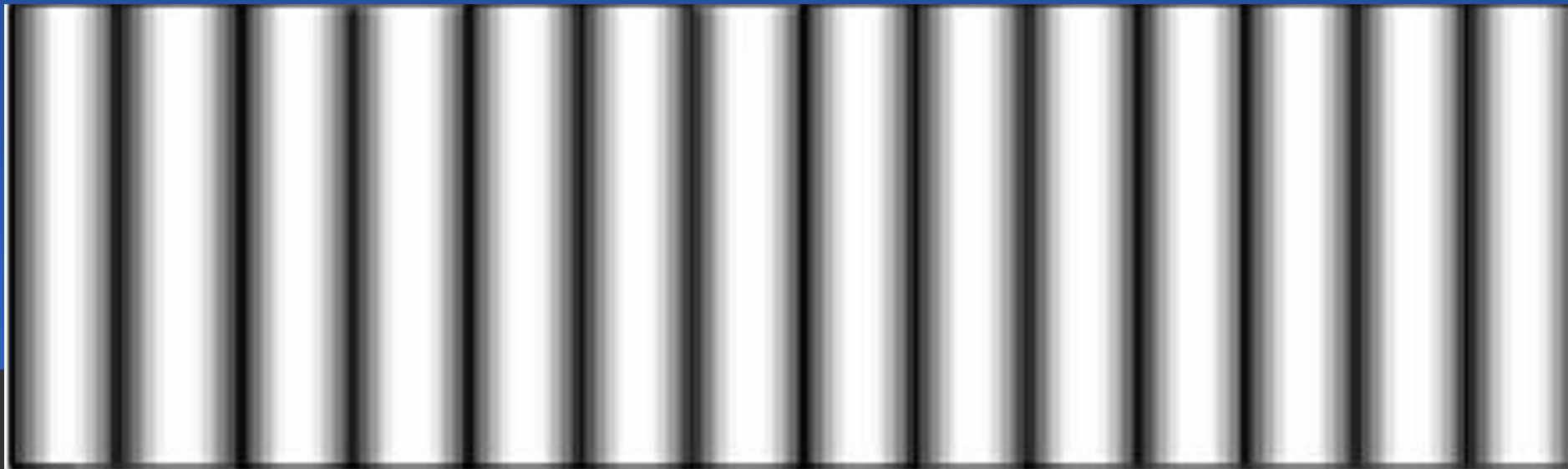
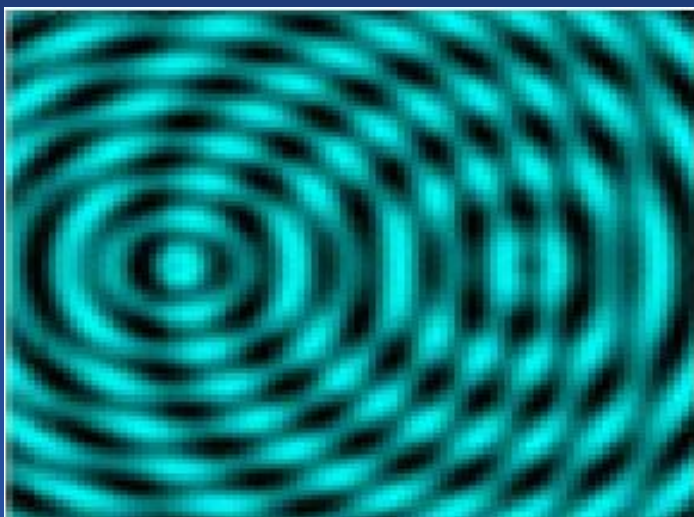


# Распределение интенсивности света в интерференционной картине

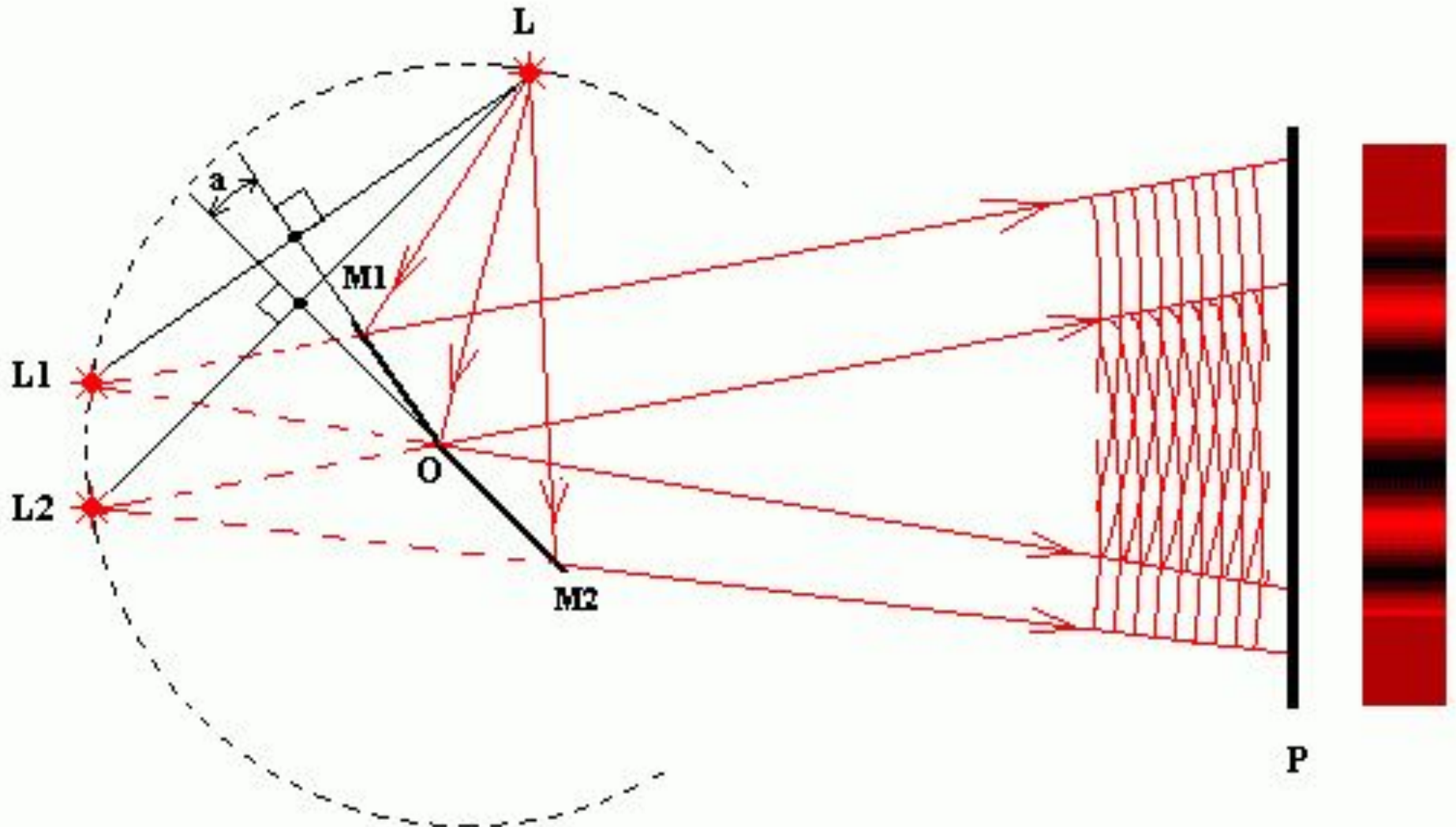




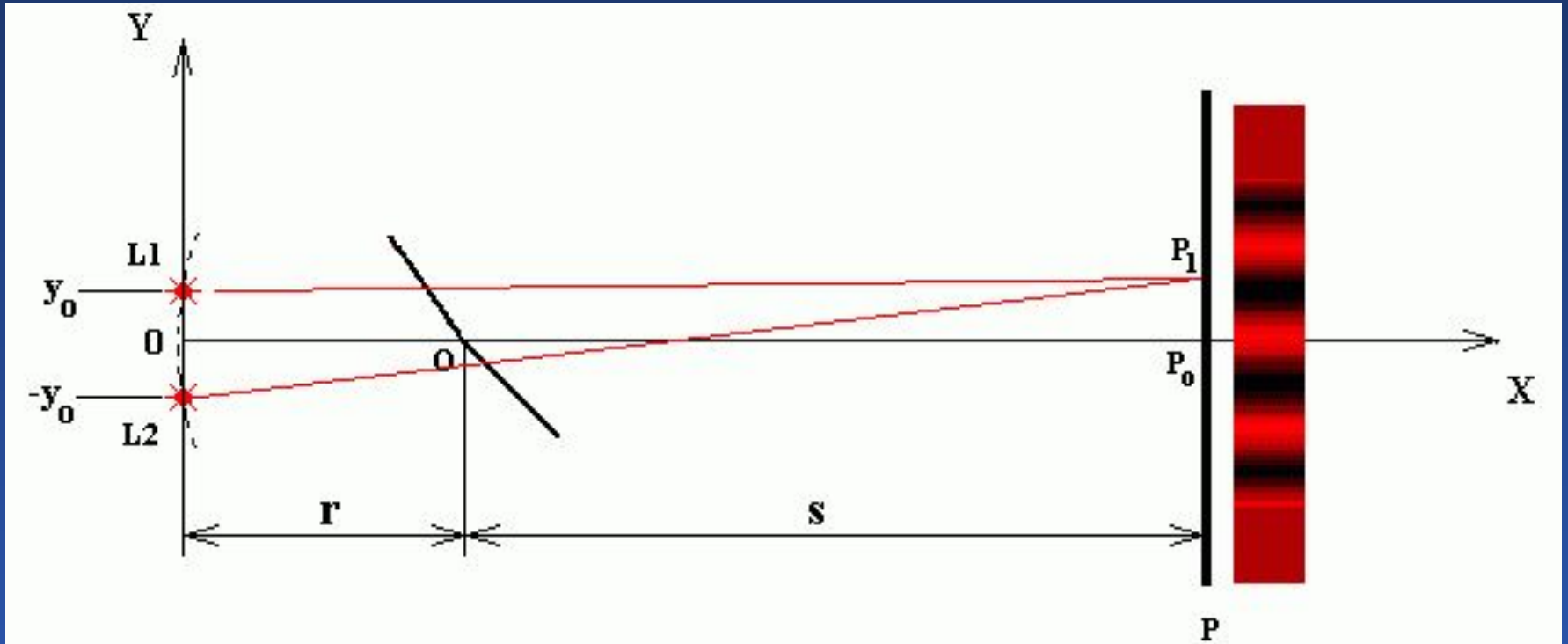
# Интерференция



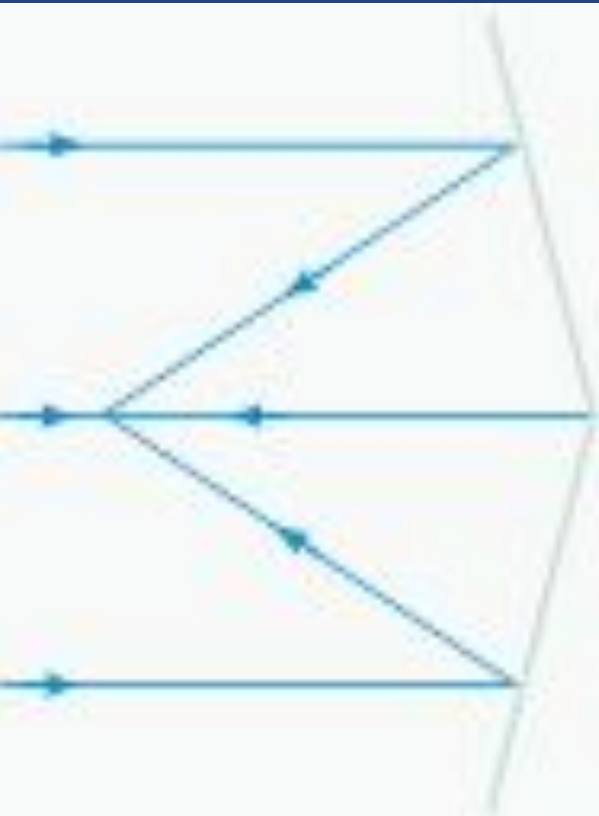
# Схема Френеля с двумя зеркалами



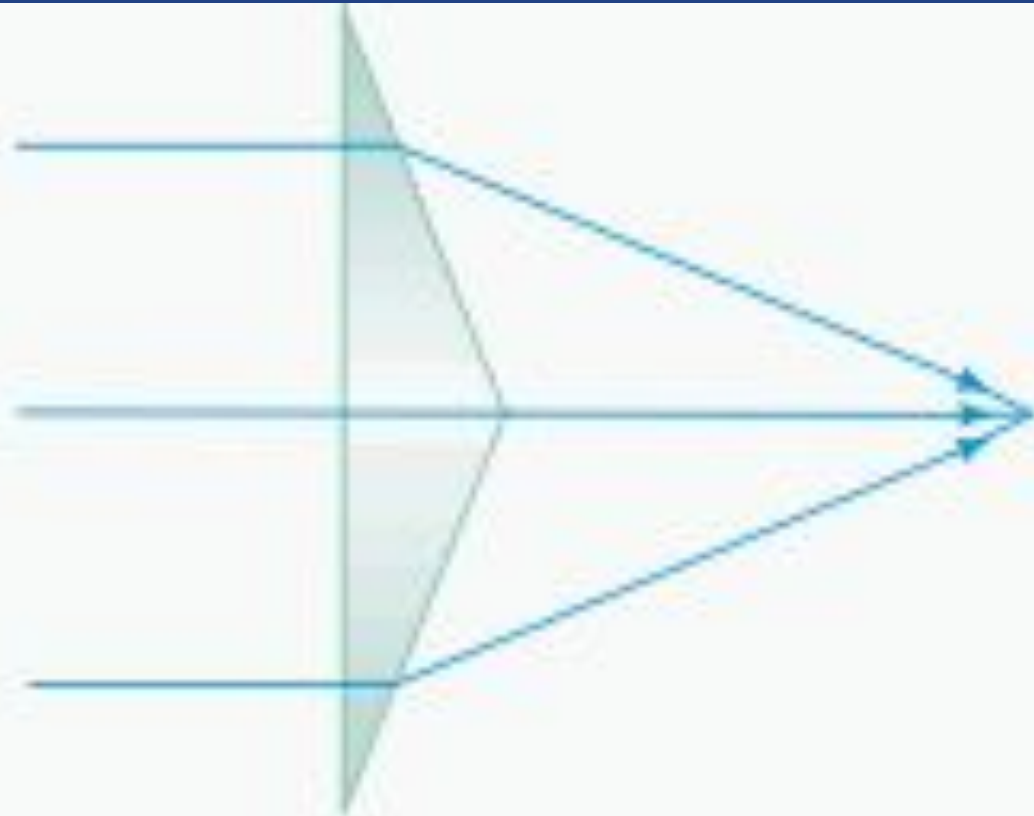
# Расчетная формула



$$\delta(y) = \frac{2 \cdot y_0}{(r + s)} \cdot y$$

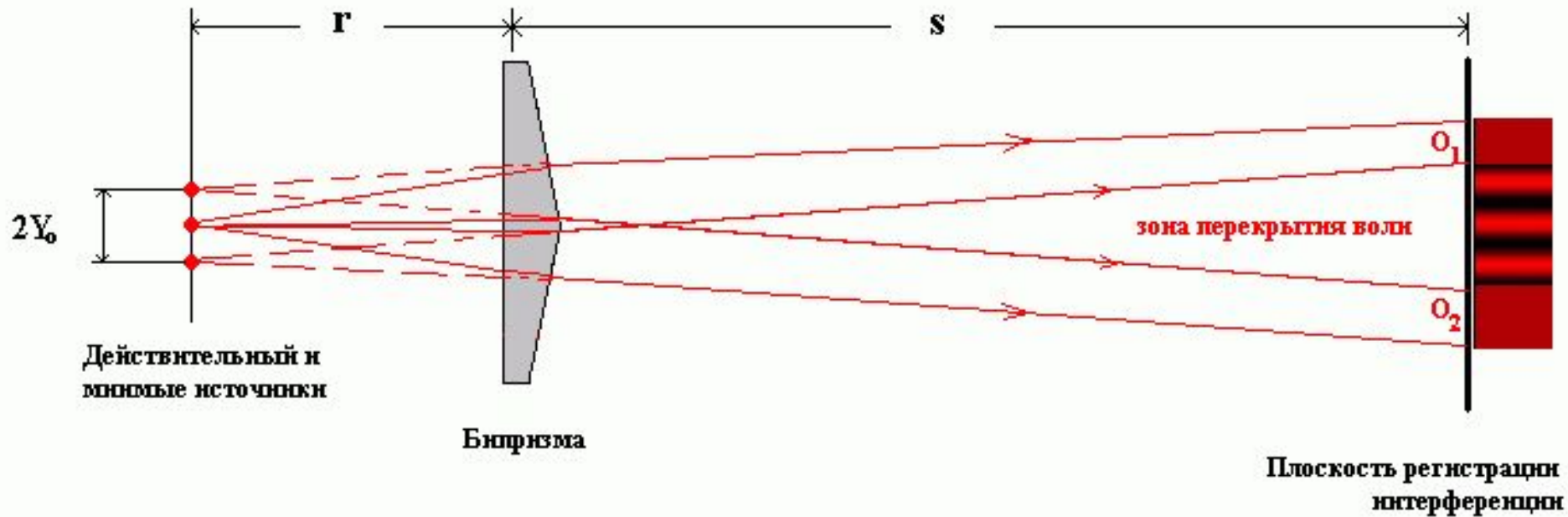


A)

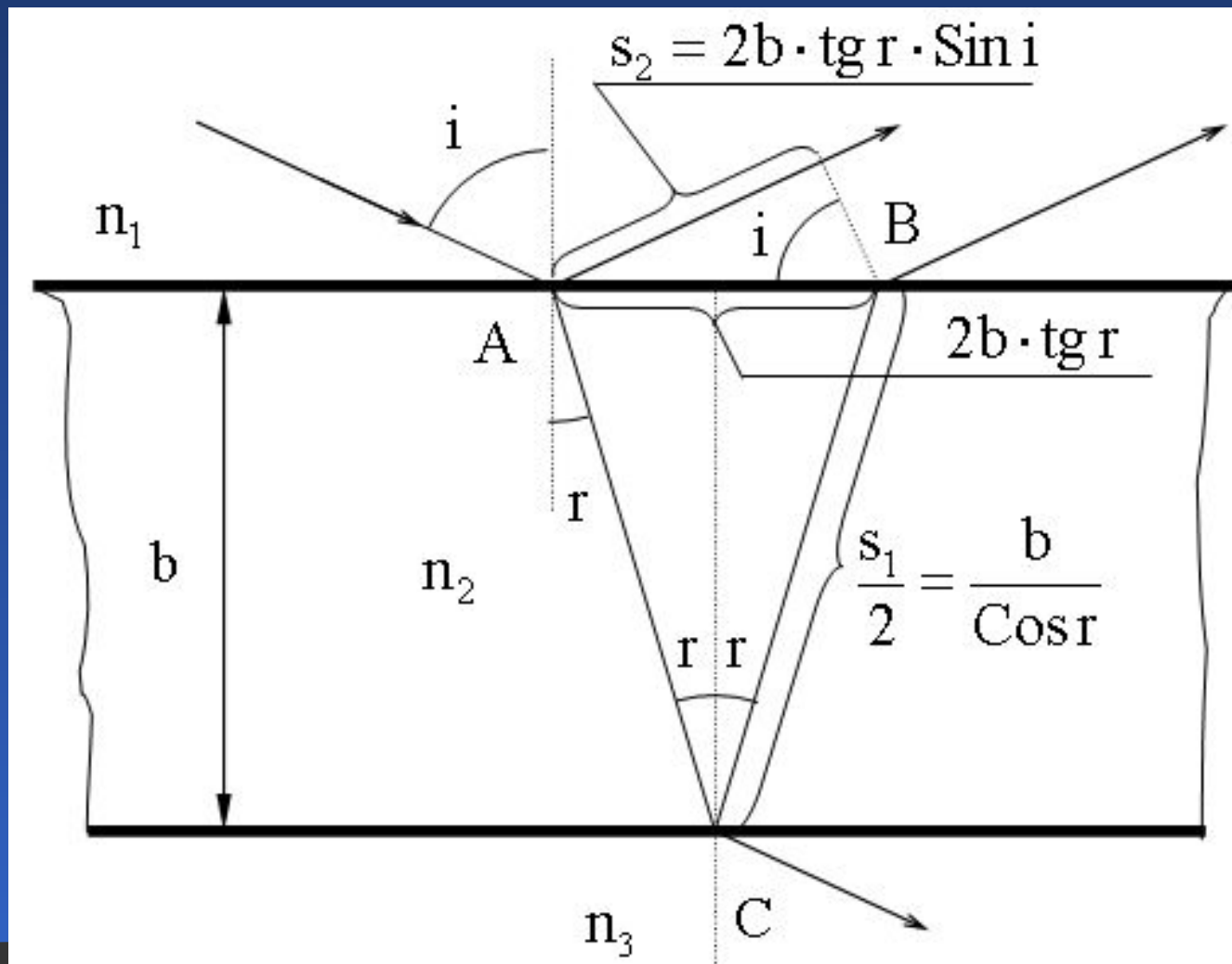


B)

# Бипризма Френеля



# Интерференция в тонких пленках (полосы равного наклона)

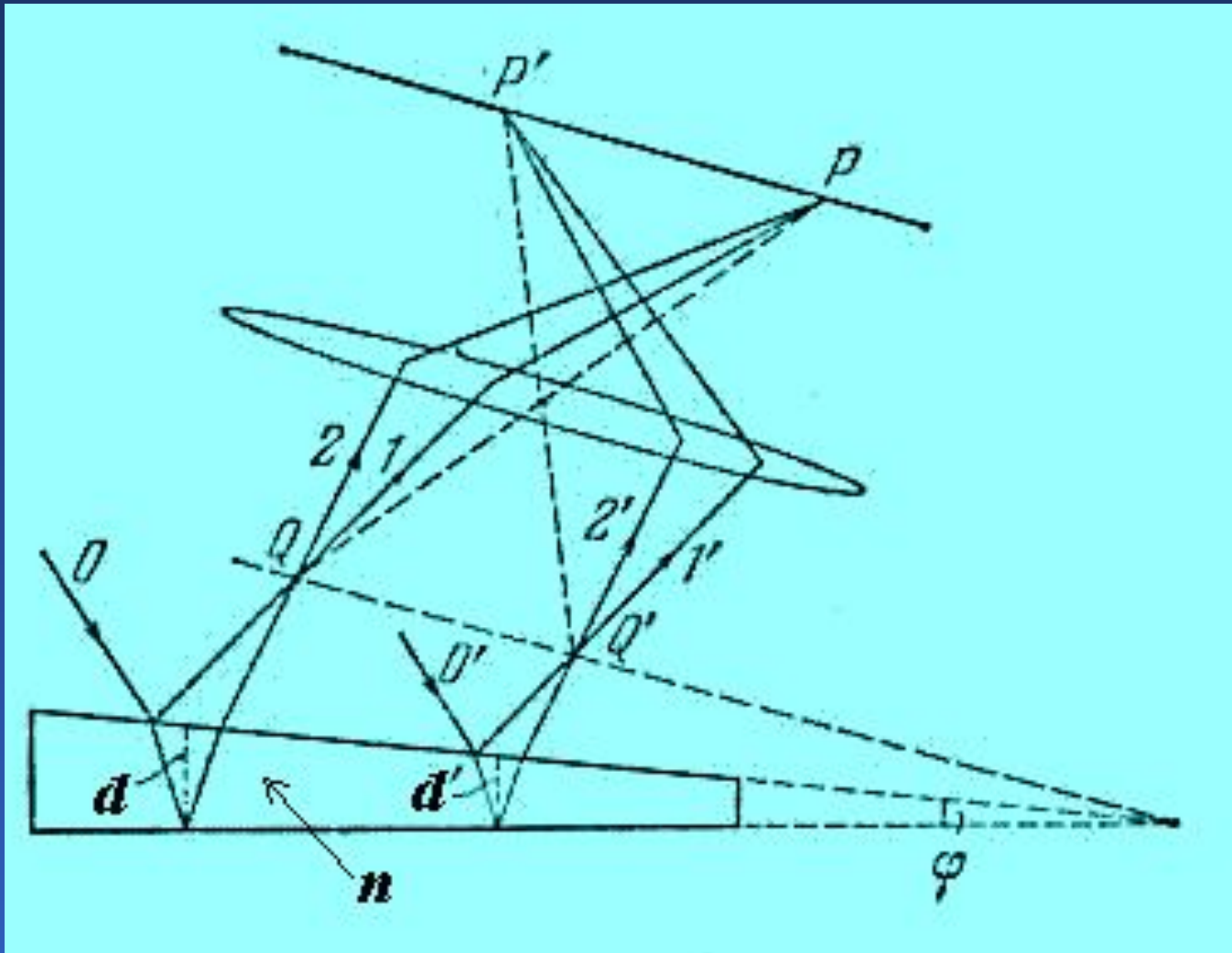


# Интерференция световых волн в тонких пленках, полосы равного наклона

Оптическая разность хода

$$\Delta = 2dn \cos r = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2}$$

# Полосы равной толщины



сть хода



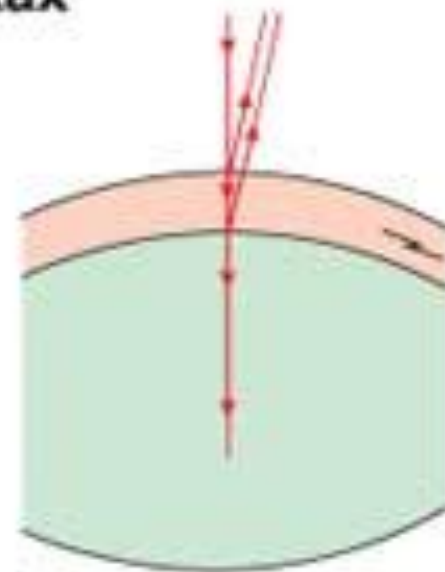
## Интерференция в тонких пленках



Интерференция света  
на пленке масла

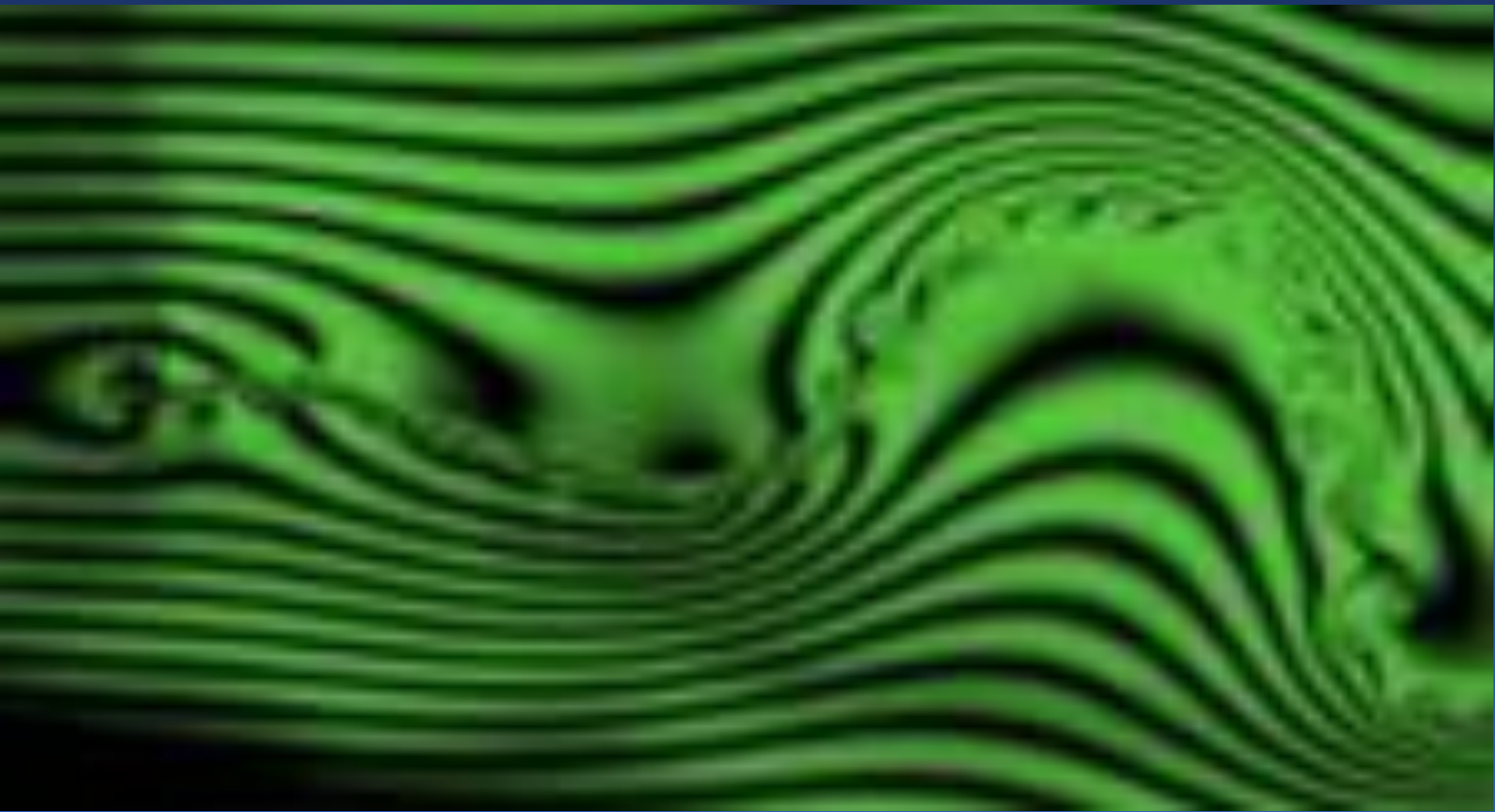


Схема хода лучей  
при интерференции в тонкой пленке



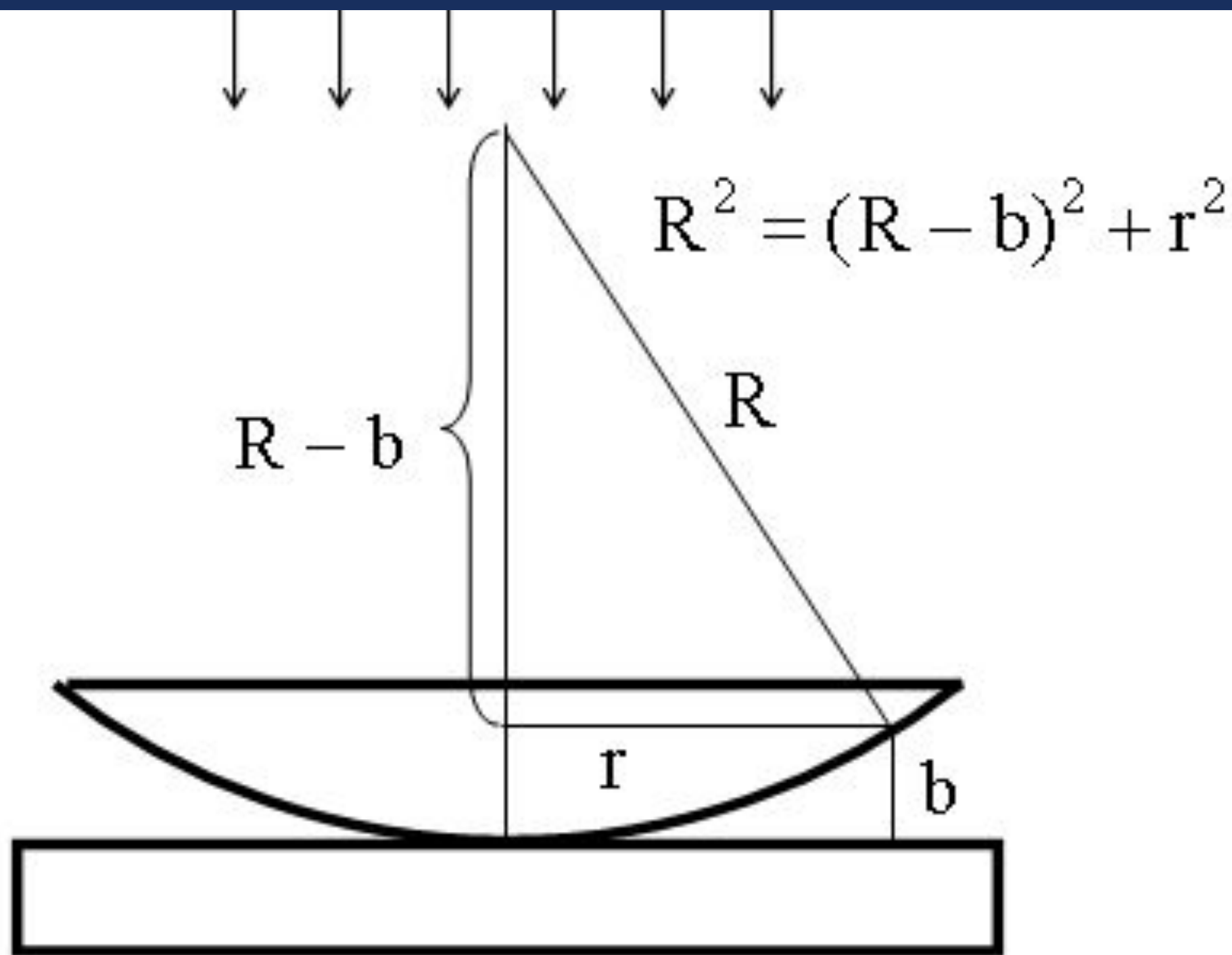
Просветление оптики



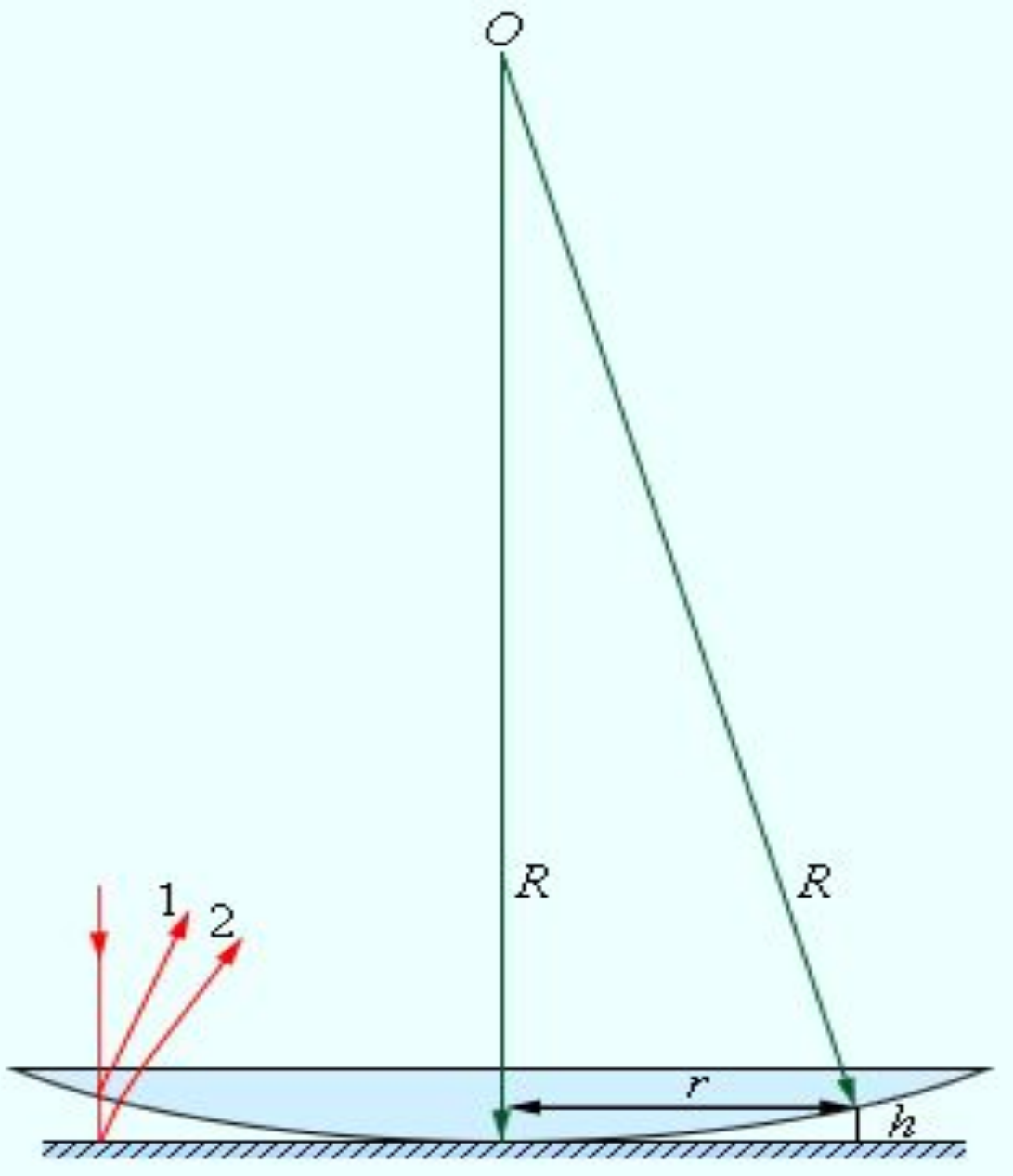




**Бритва  
удерживается на  
воде  
поверхностным  
натяжением  
нефтяной пленки.  
Цветные разводы  
возникают за счет  
интерференции —  
сложения  
световых волн,  
отраженных  
верхней и нижней  
поверхностями  
пленки.**



# Кольца Ньютона, ход лучей в оптической системе



Наблюдение колец Ньютона.  
Интерференция возникает при сложении волн, отразившихся от двух сторон воздушной прослойки. «Лучи» 1 и 2 – направления распространения волн;  $h$  – толщина воздушного зазора.

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

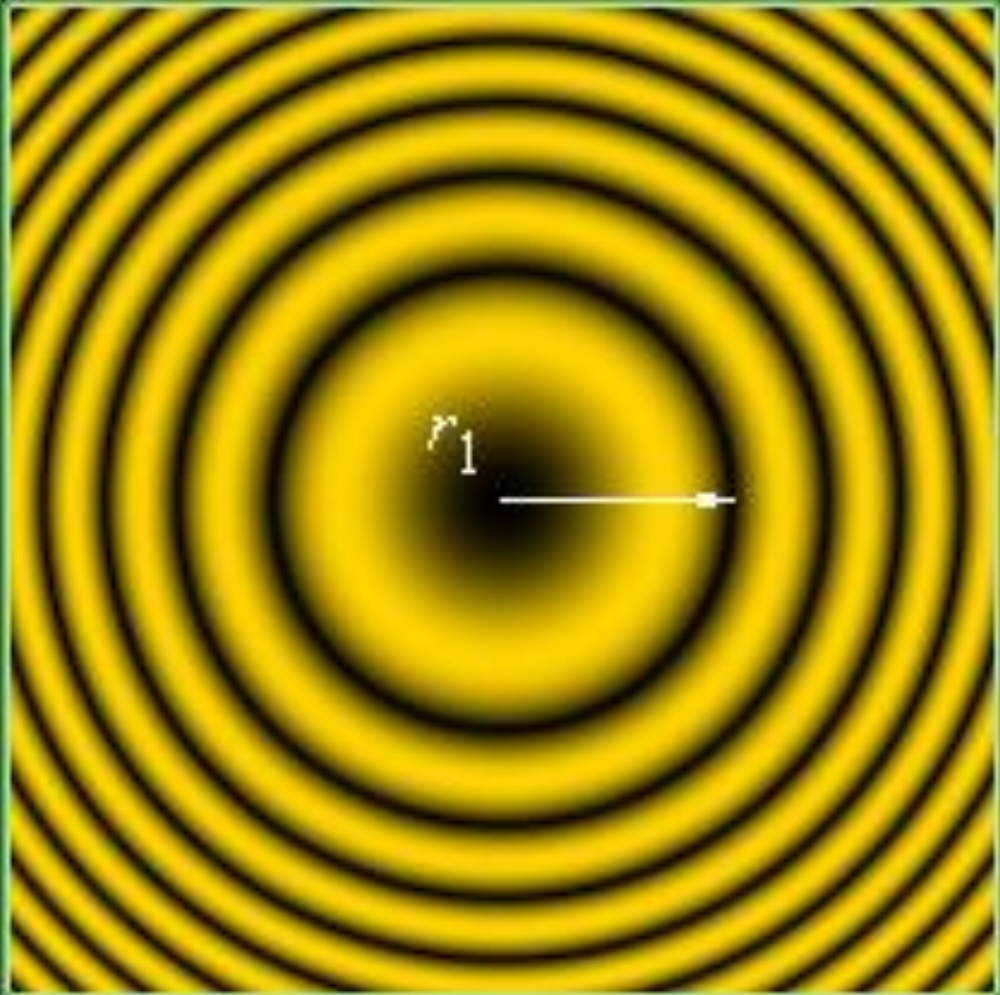
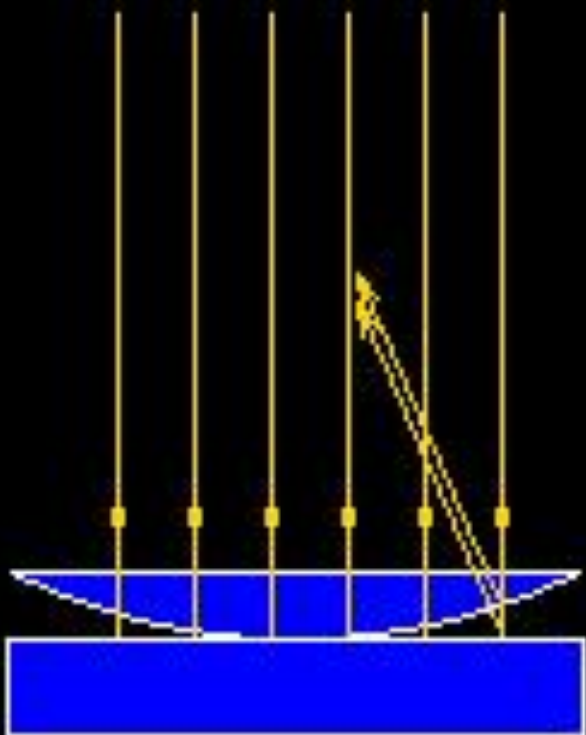
Оптическая разность хода

$$r_m = \sqrt{m\lambda_0 R}.$$

радиусы темных колец

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

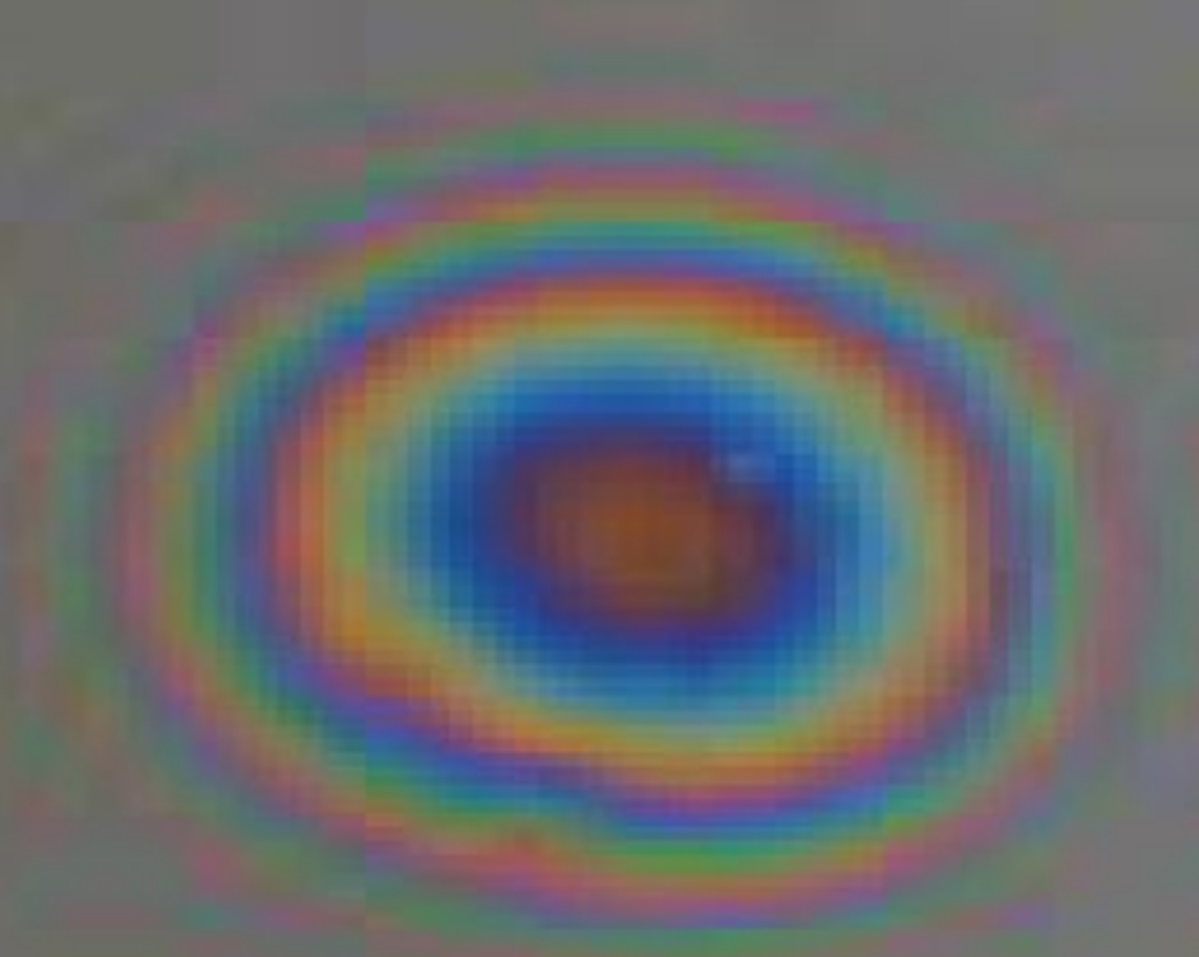
радиусы светлых колец





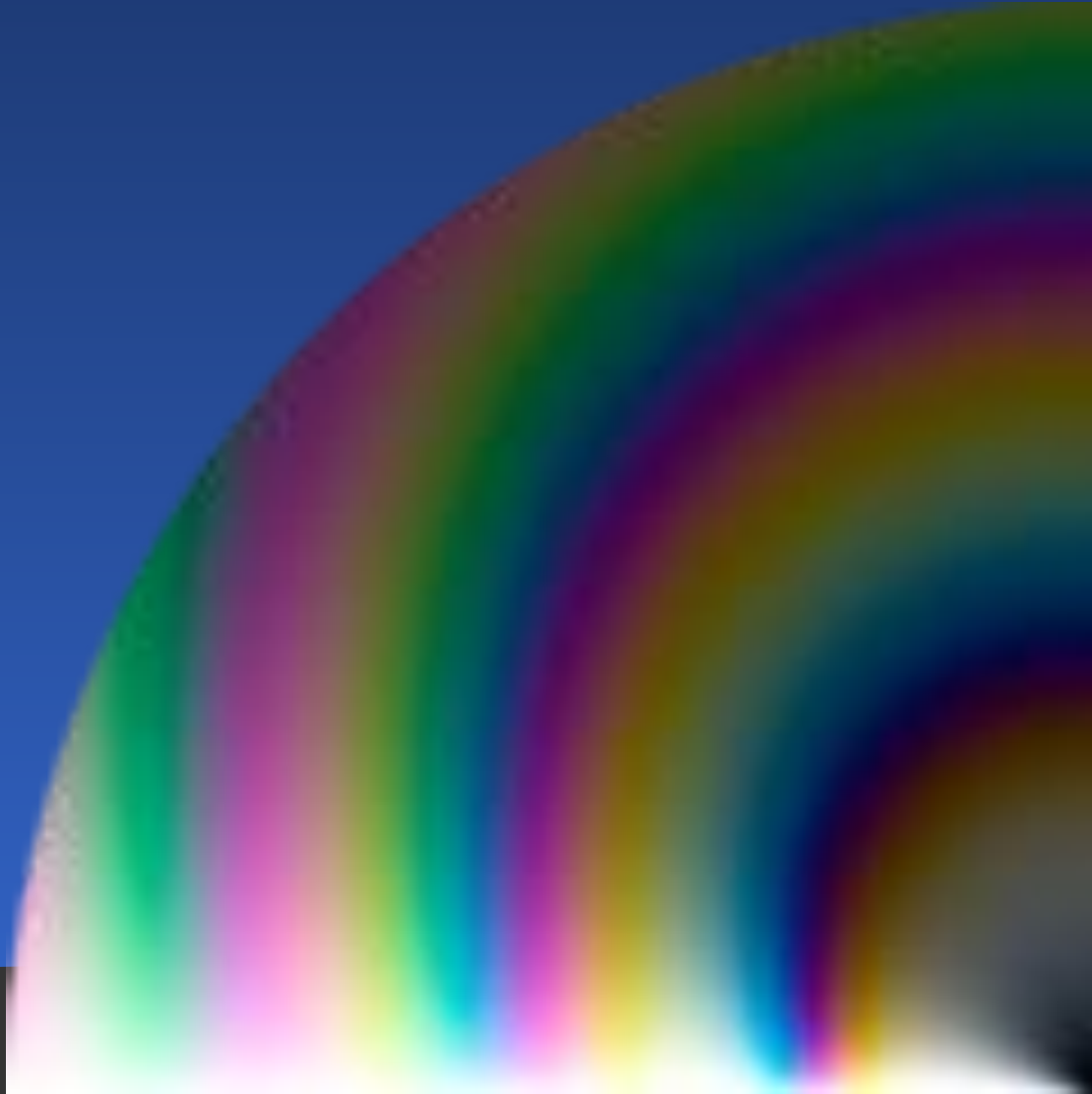


# Кольца Ньютона



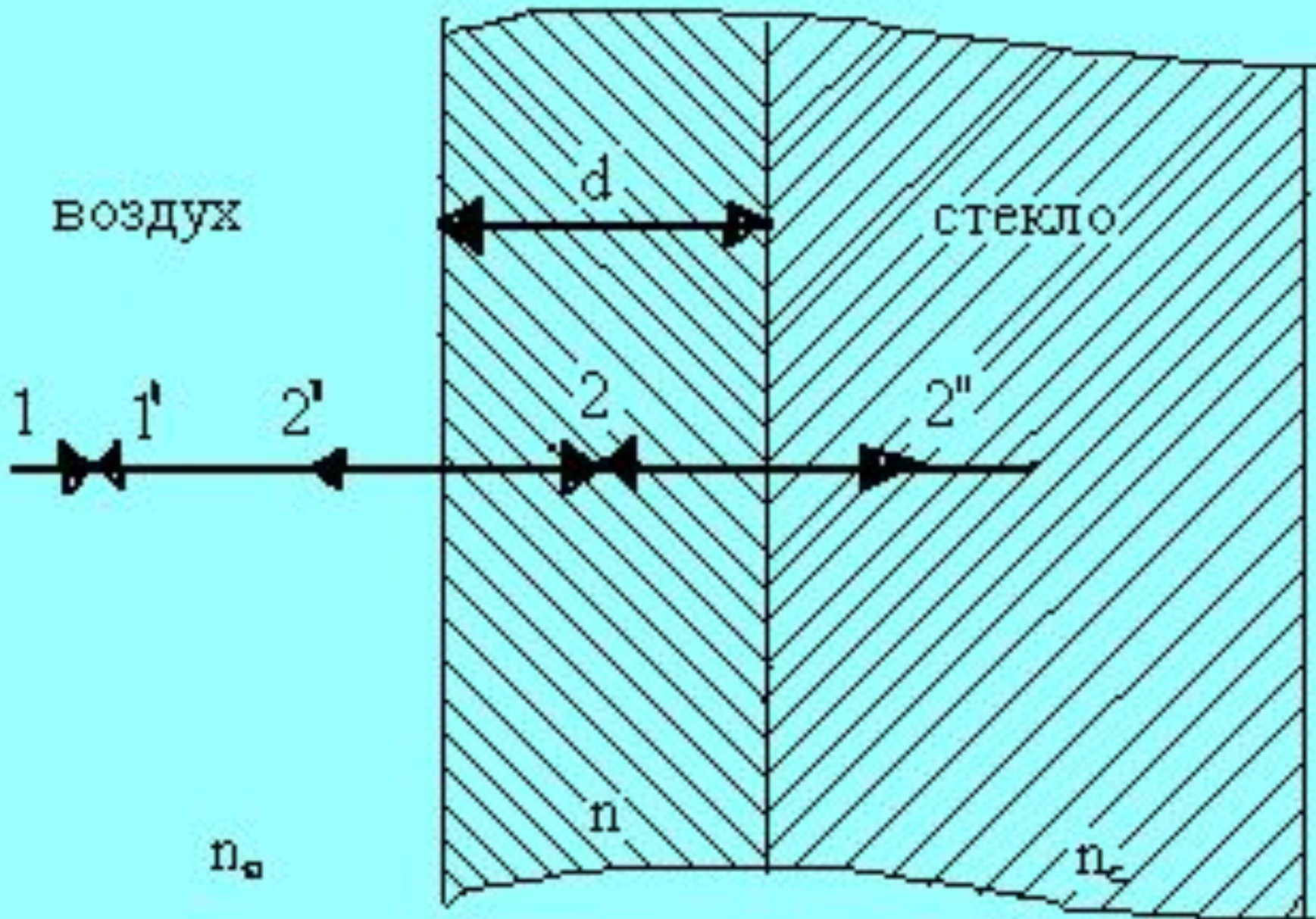


Цвета, возникающие при отражении тонкой пленкой воды, освещенной неполяризованным светом

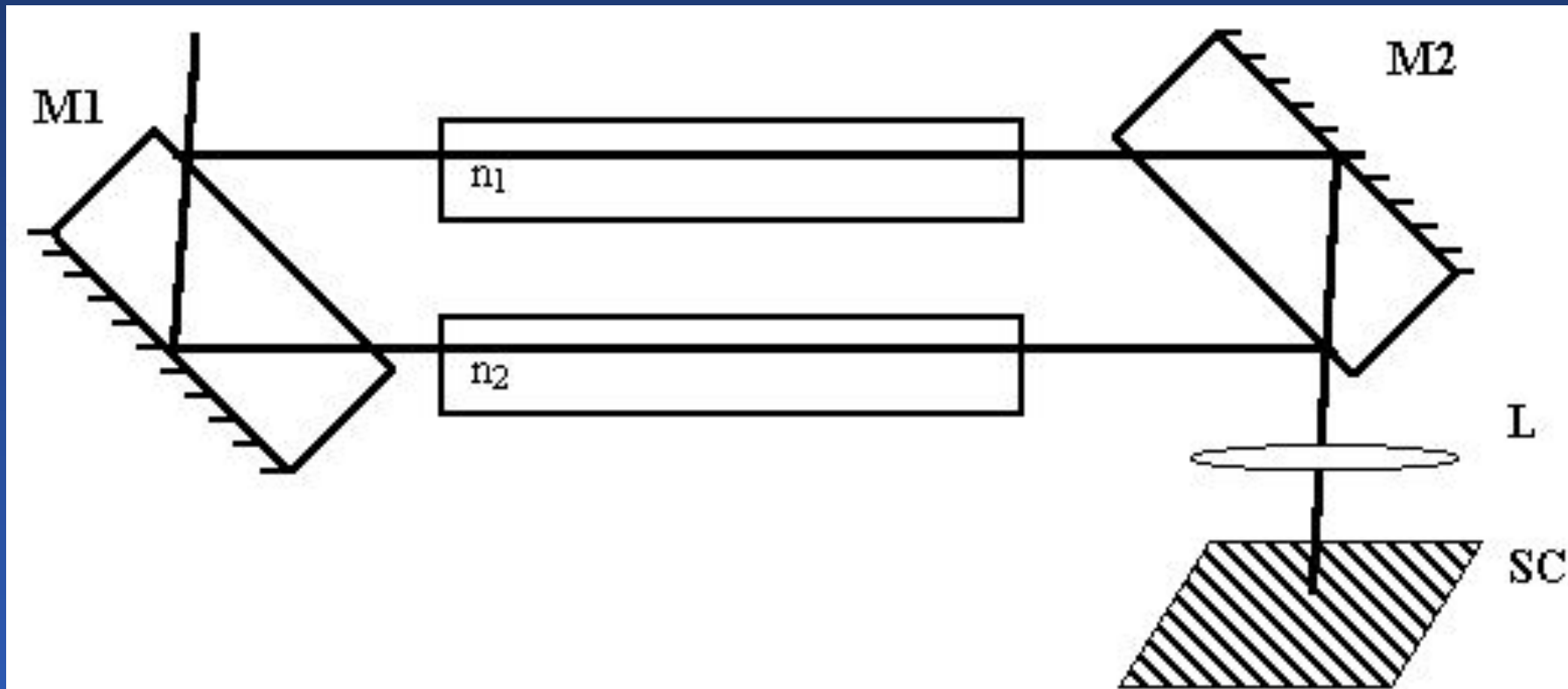


# Просветление оптики

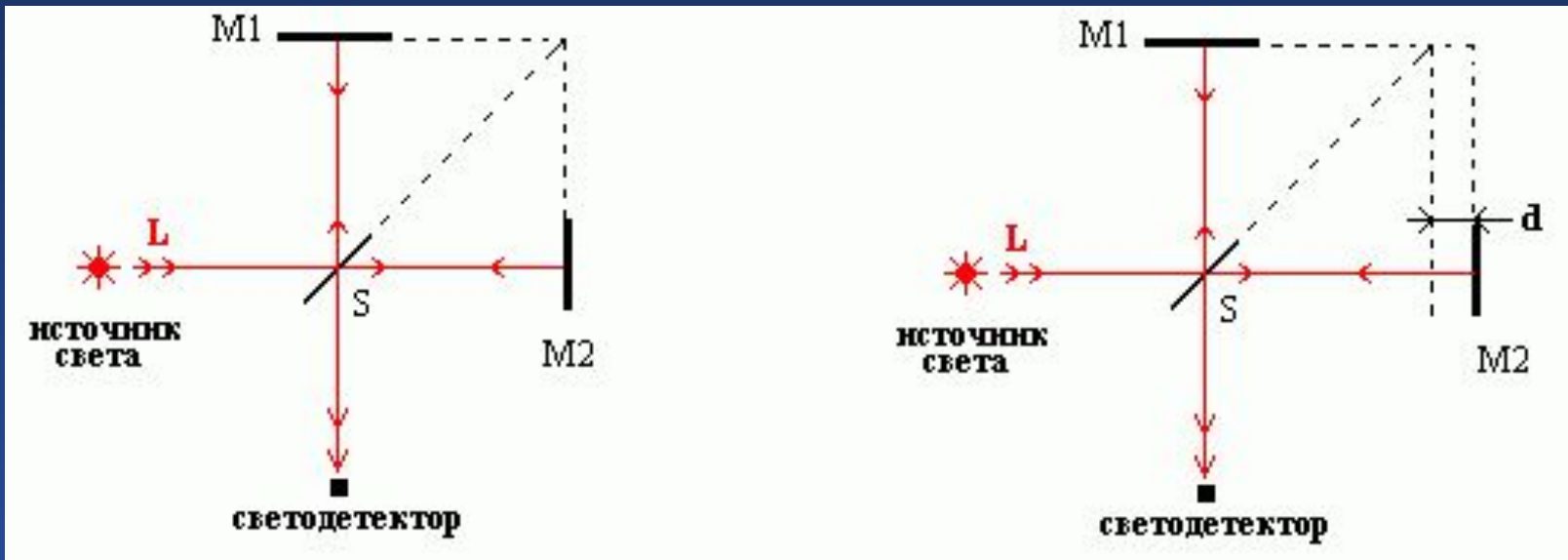
$$\delta = (2m + 1)\lambda / 4$$



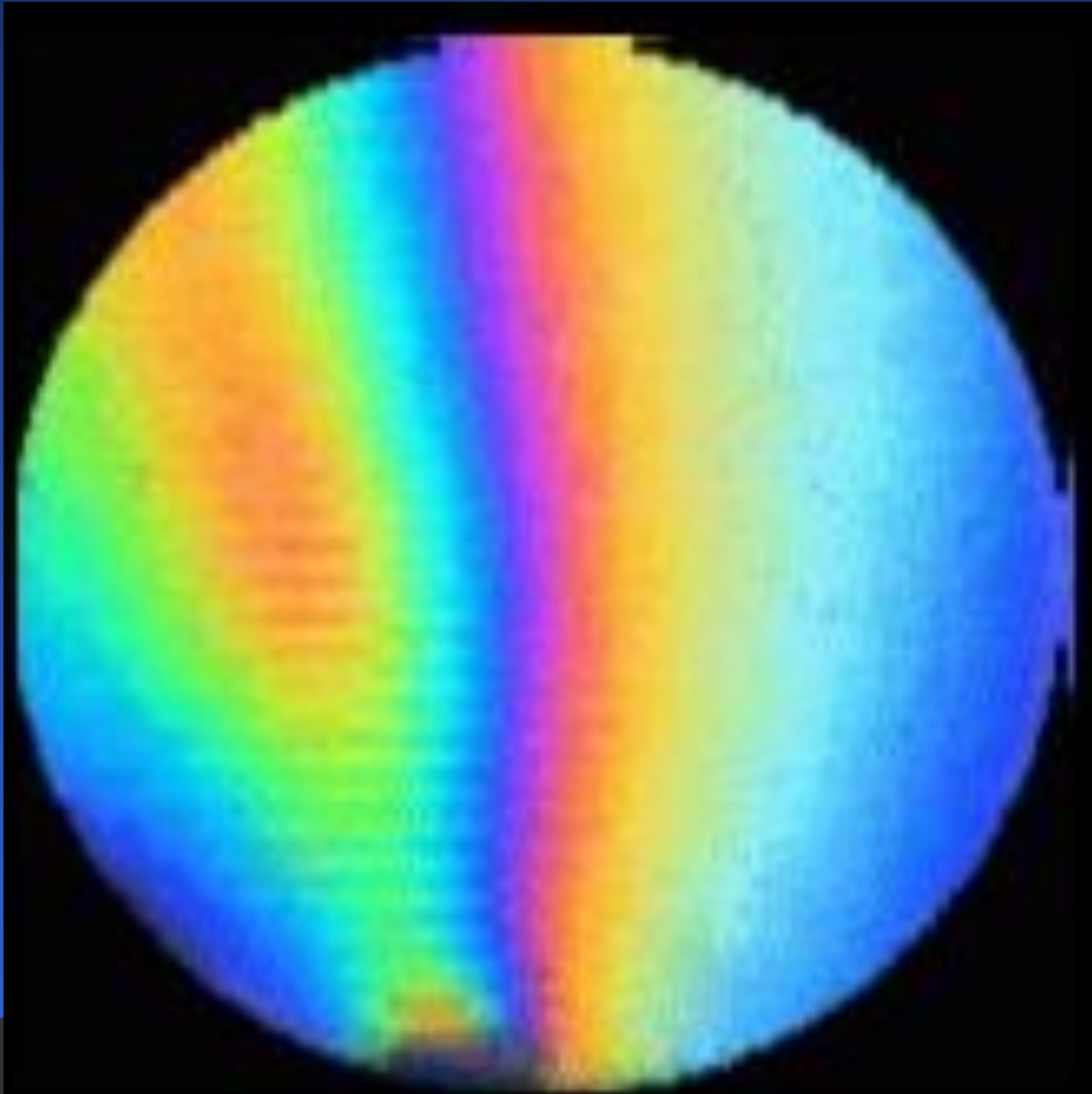
# Измерение показателя преломления вещества( интерферометр Жамена)



# Интерферометр Майкельсона

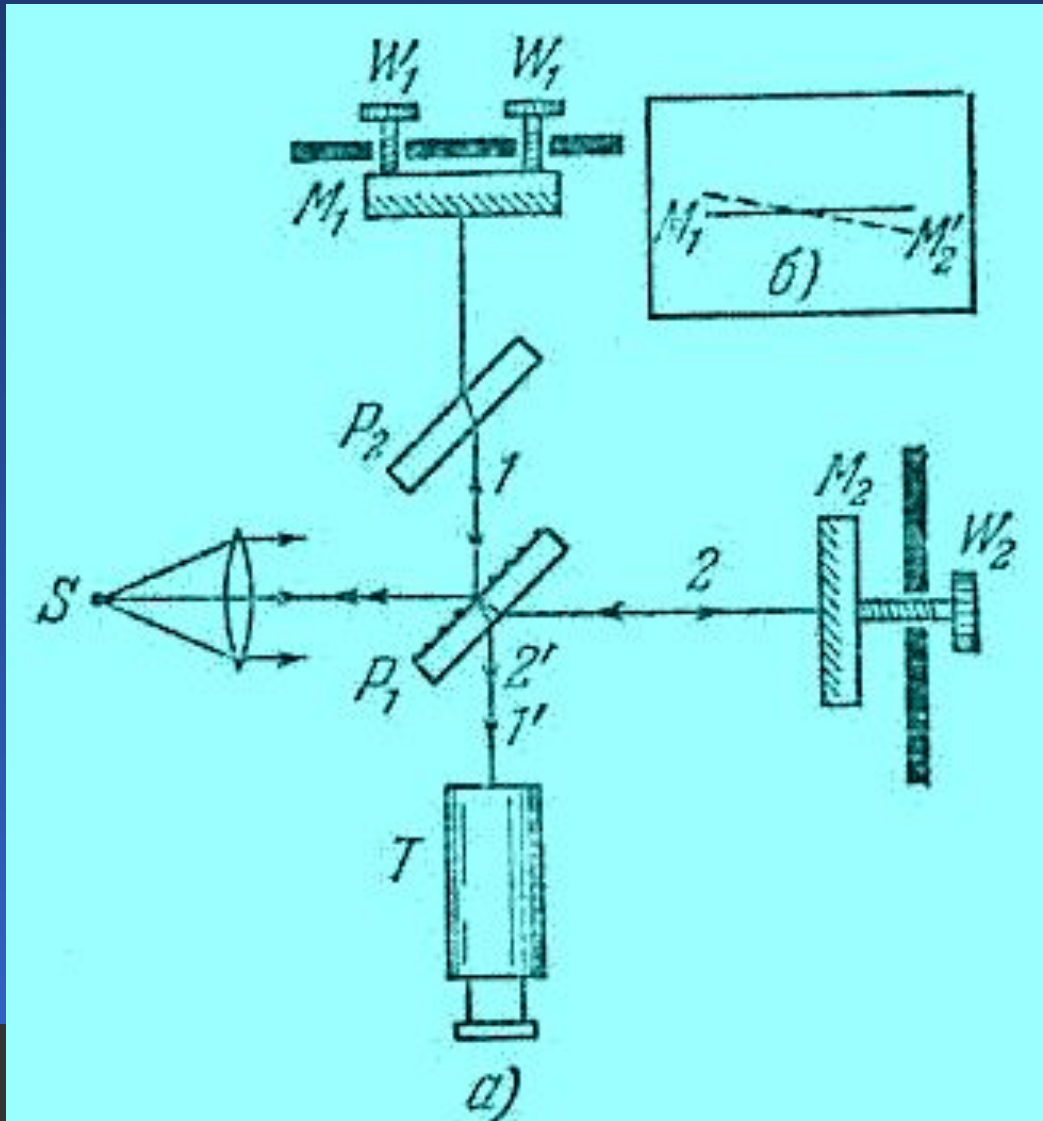


# Источник света – лампа накаливания

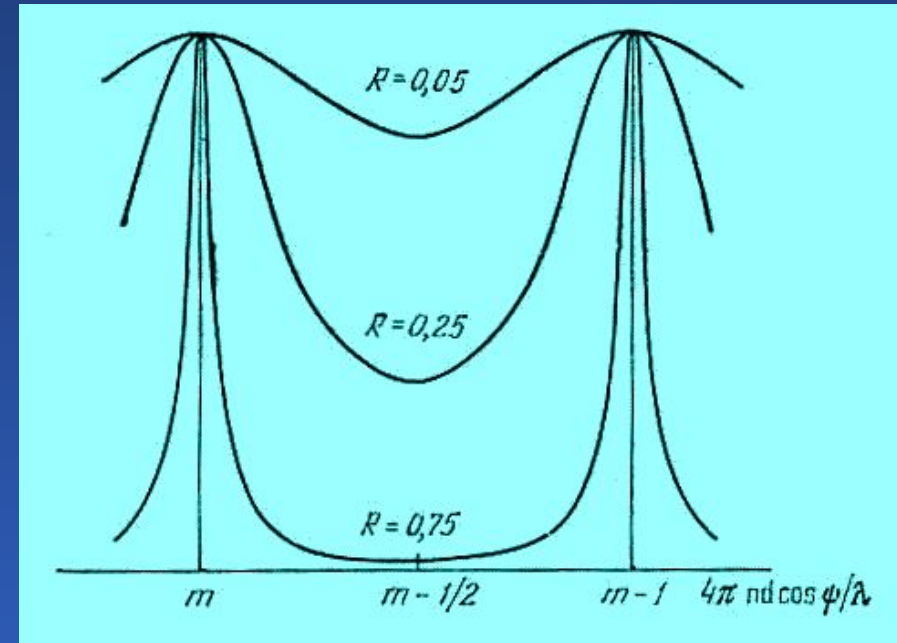
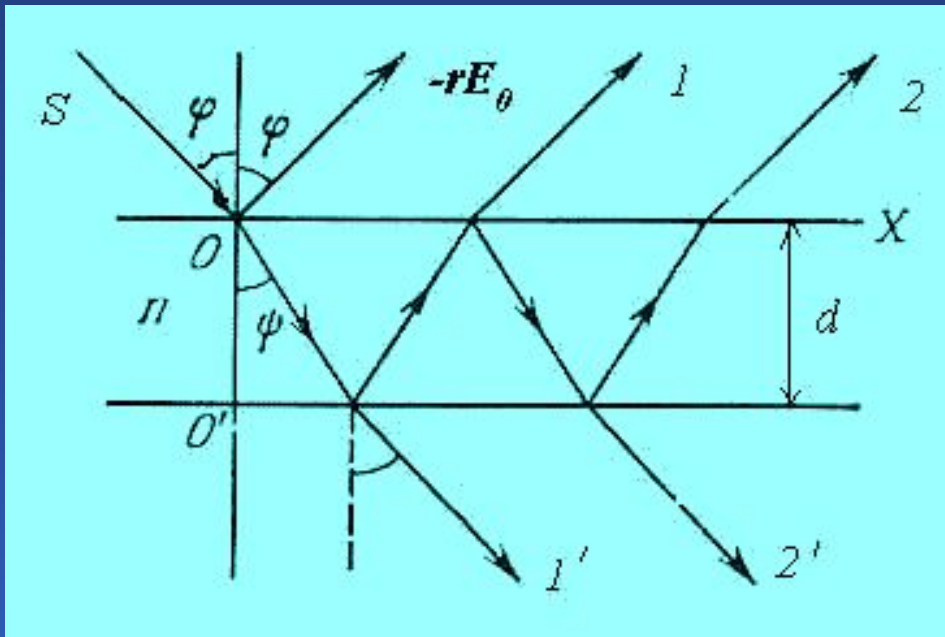




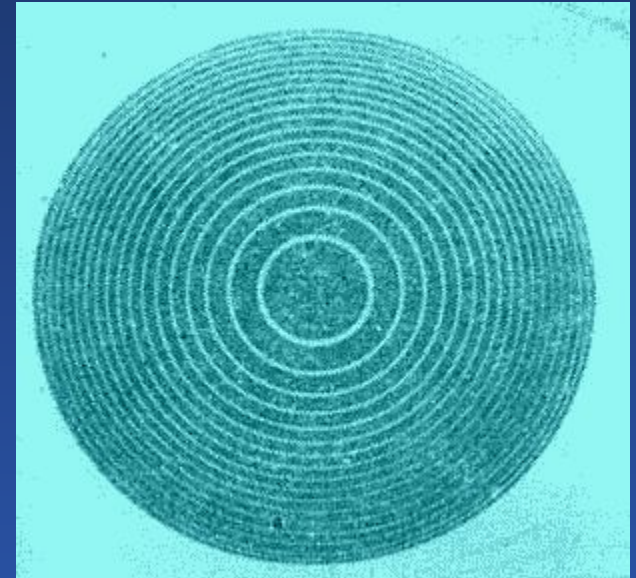
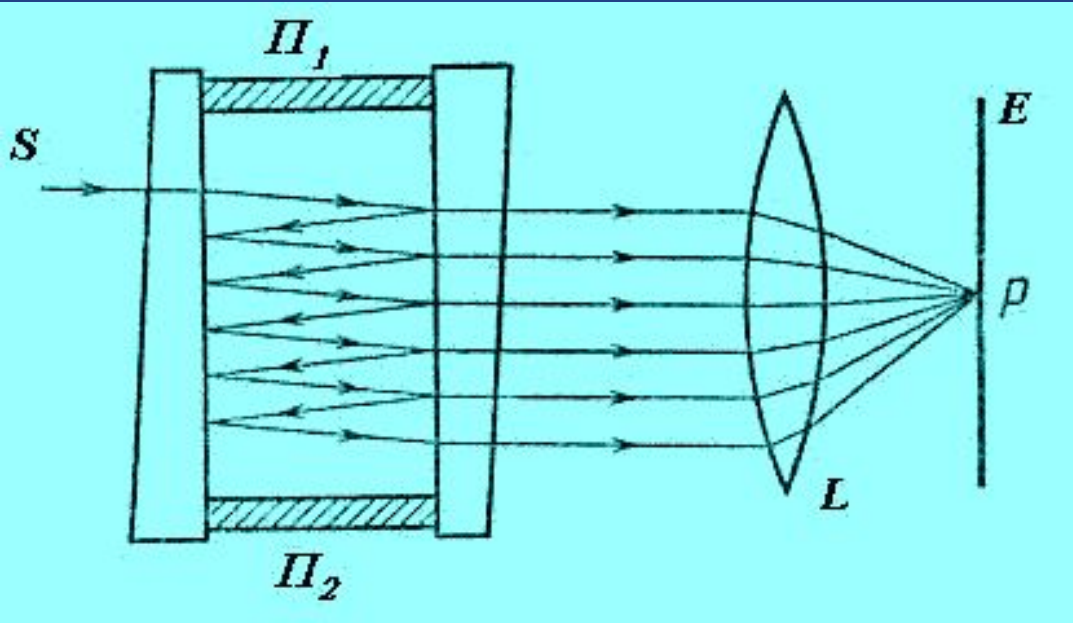
# Измерение углового размера источников излучения интерферометр Майкельсона



# Многолучевая интерференция



# Интерферометр Фабри-Перо



# Интерферометр Фабри-Перо

