

# ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

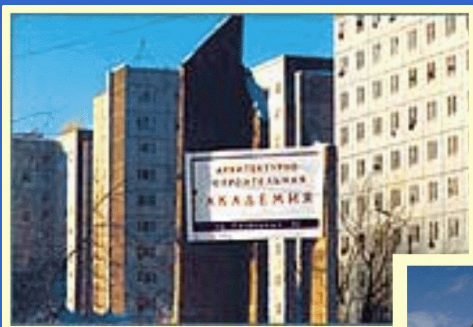
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего и профессионального образования



## 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**

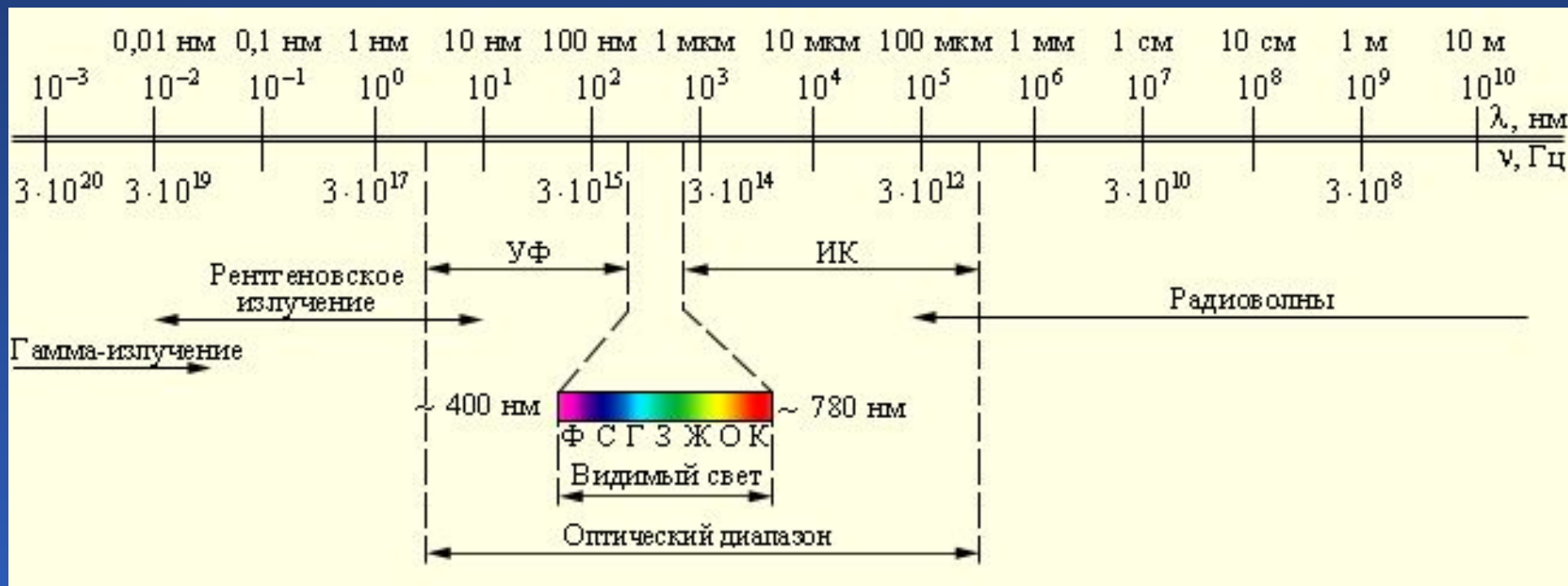
# Шкала электромагнитных волн

Красноярск, 2007

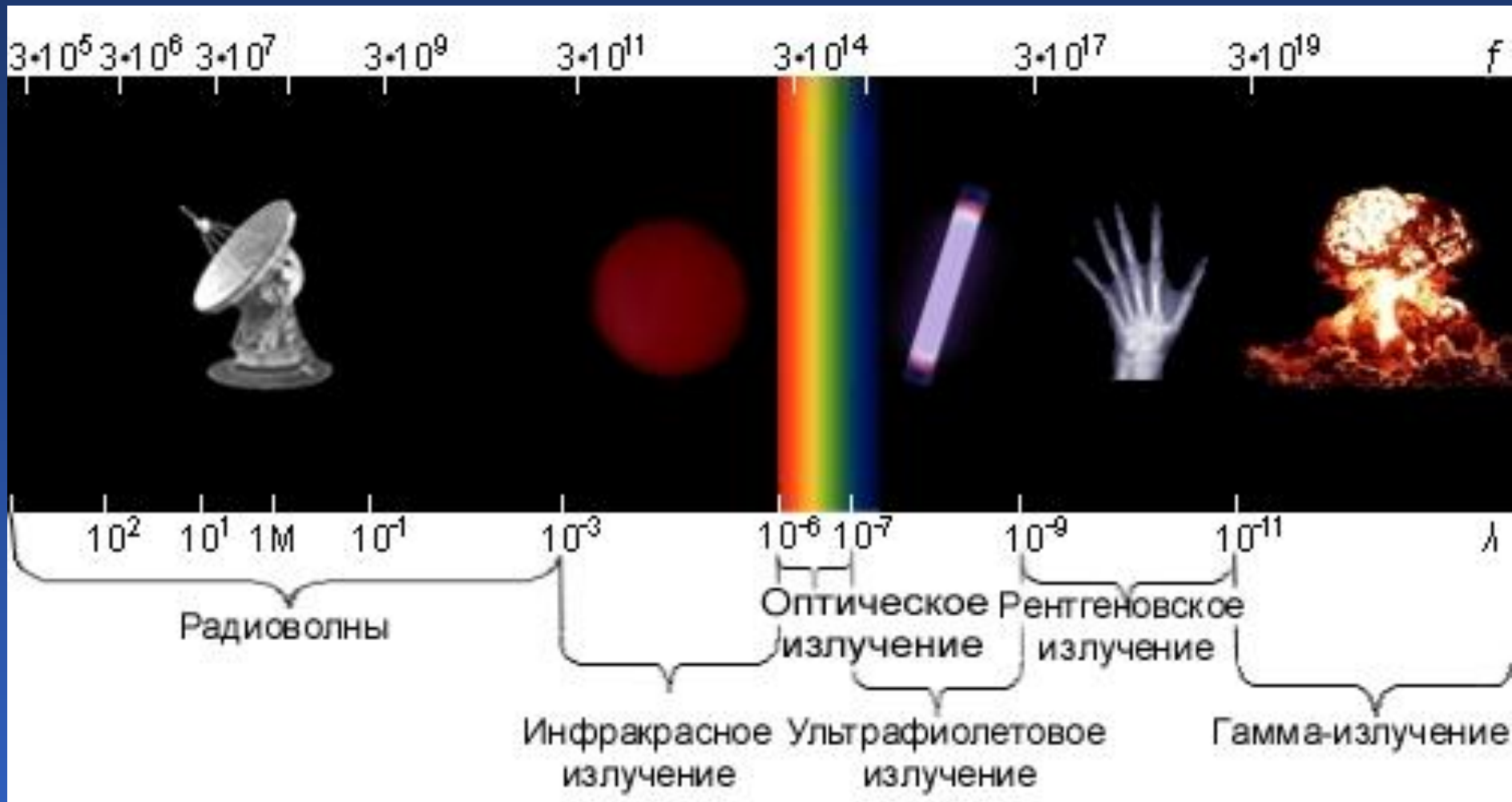
# План лекции

- 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.

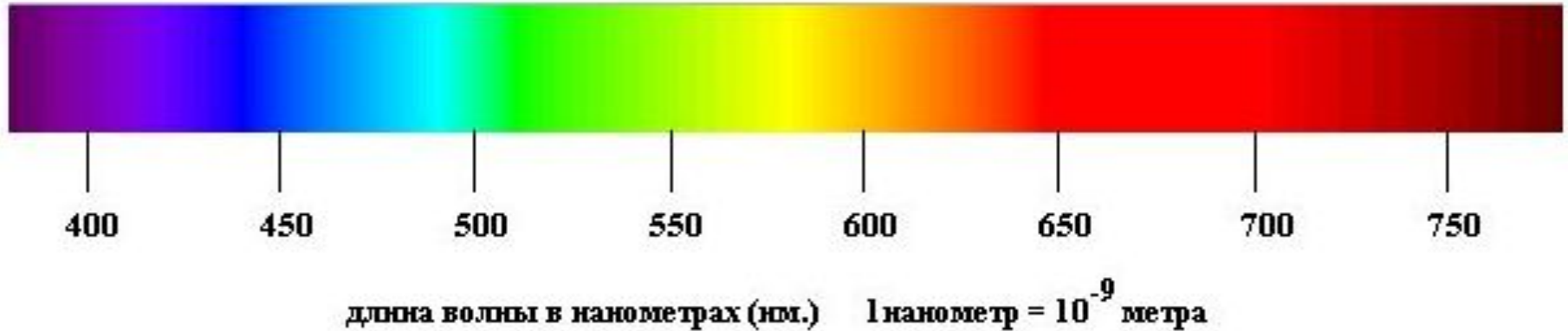
# Электромагнитные волны



# Шкала электромагнитных волн



# Видимый диапазон



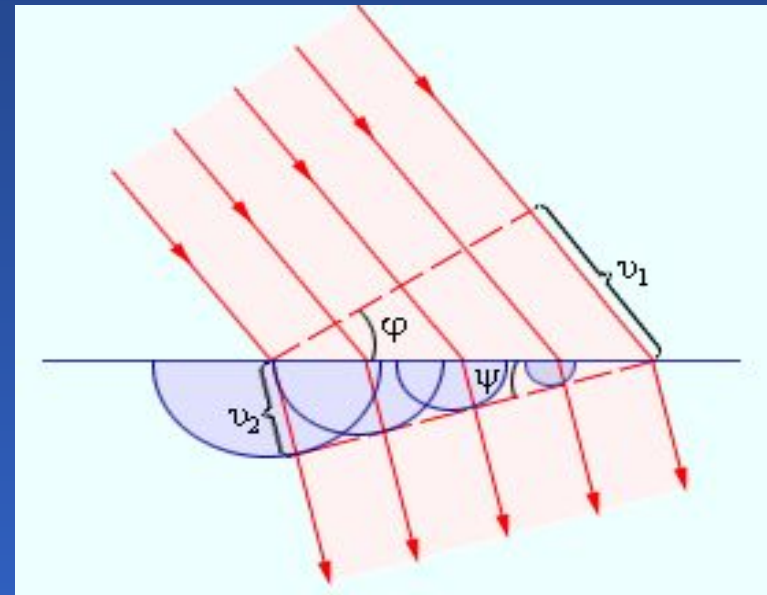
# Представление о теории света

↓  
корпускулярная  
Исаак Ньютон

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

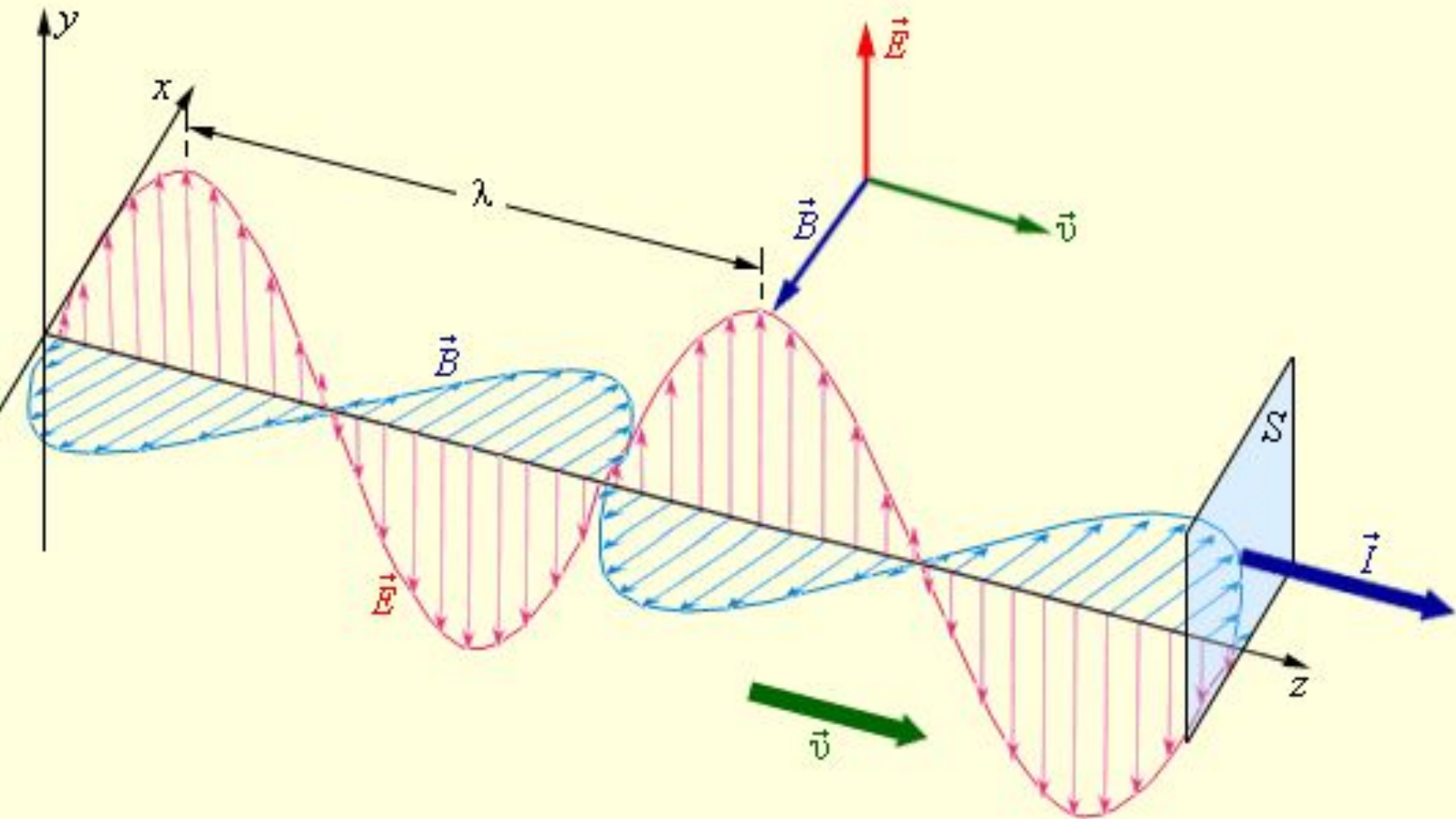
$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{v}{c} = n$$

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

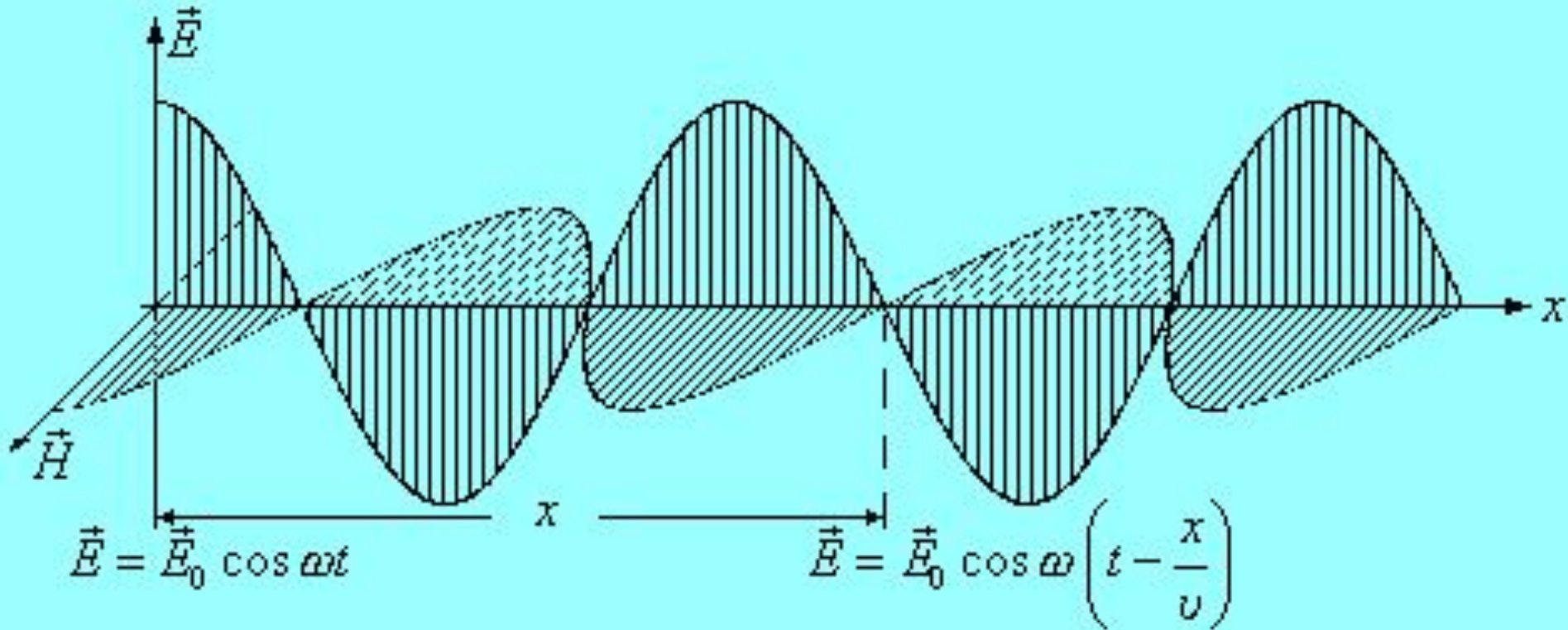




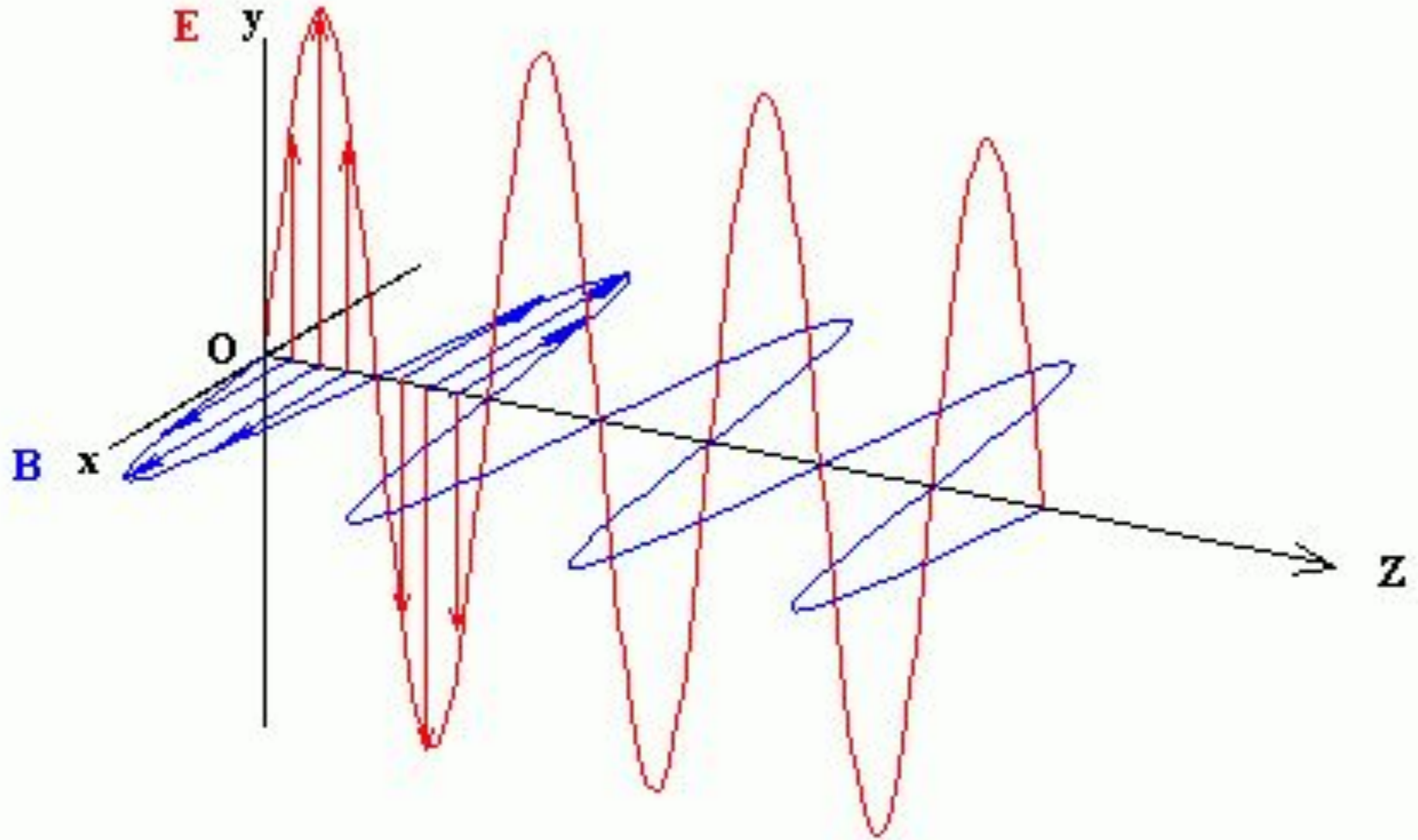
# Электромагнитная волна



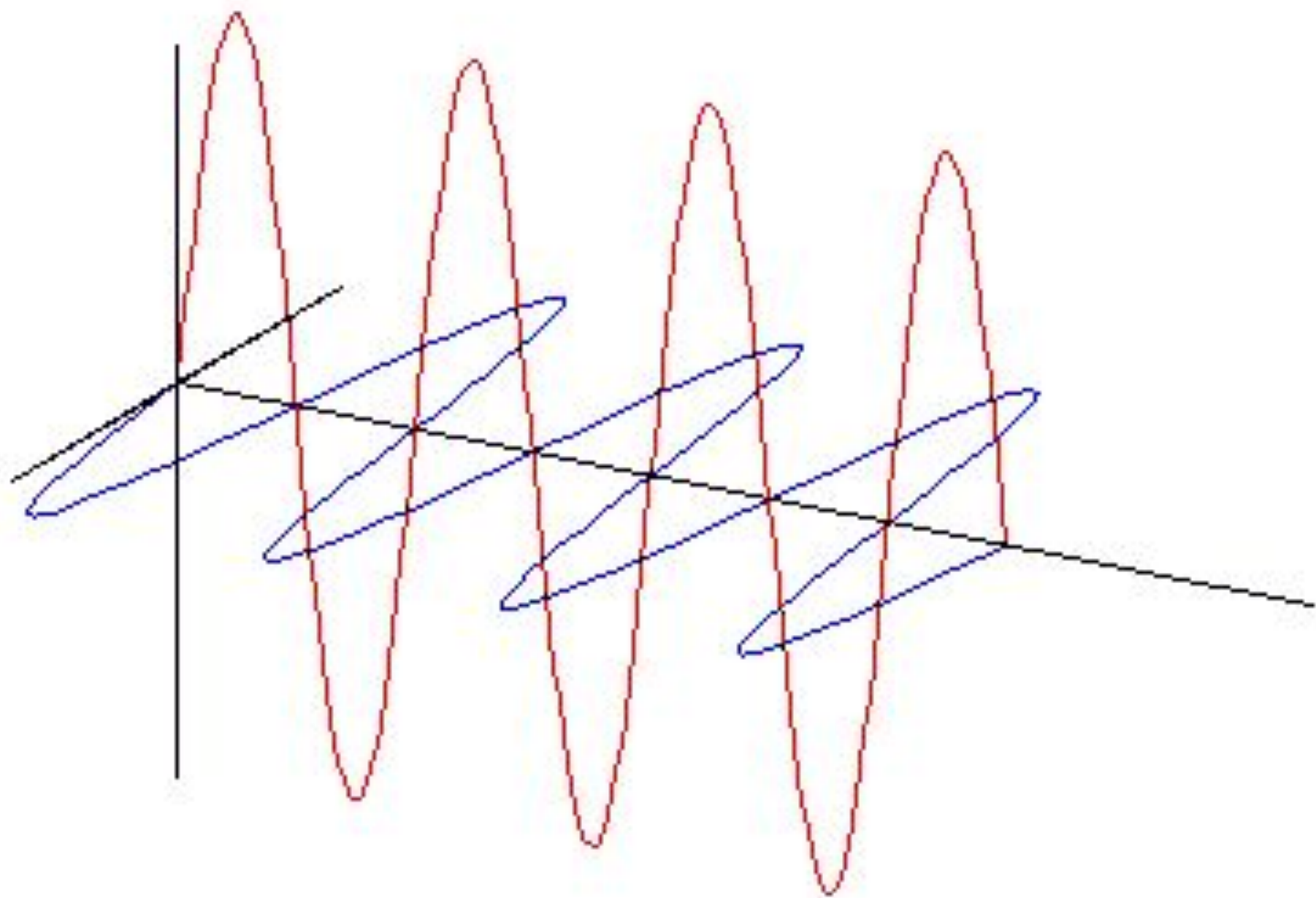
# Плоско поляризованная электромагнитная волна, бегущая вправо.



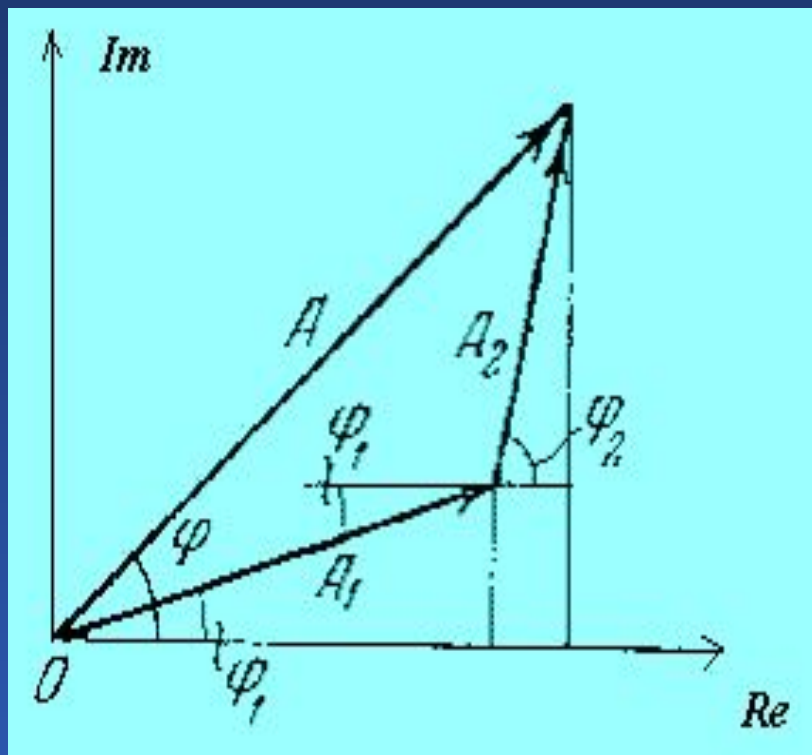
# «Мгновенная фотография» значений поля в СВЕТОВОЙ ВОЛНЕ



- Электрическое поле
- Магнитное поле



# Условия интерференции световых волн



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

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

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

# Величина оптической разности хода

интерференционный  
максимум

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

Интерференционный  
минимум

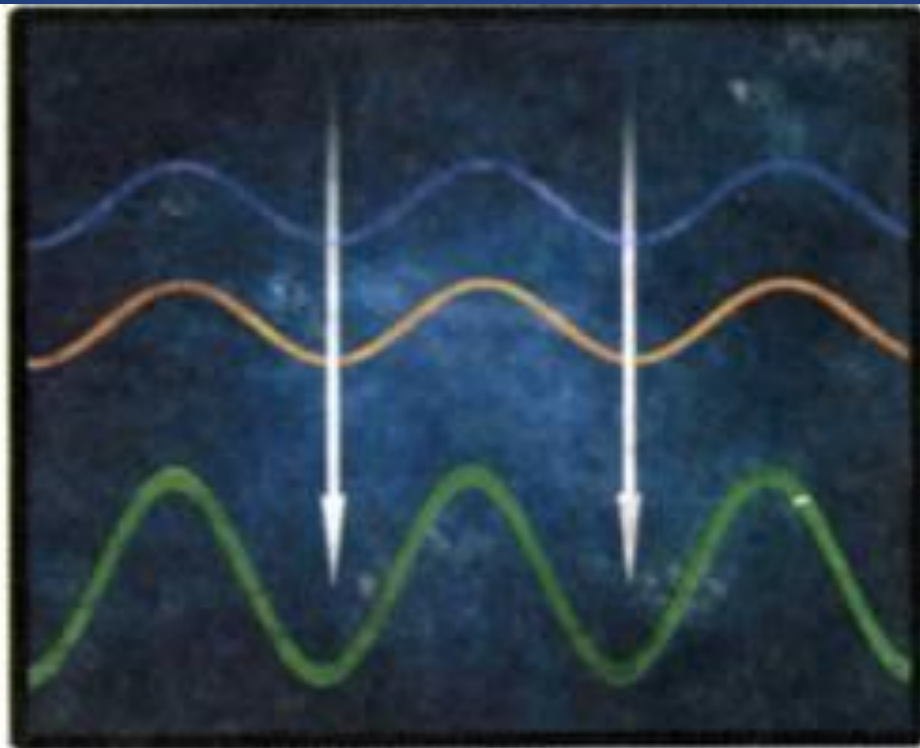
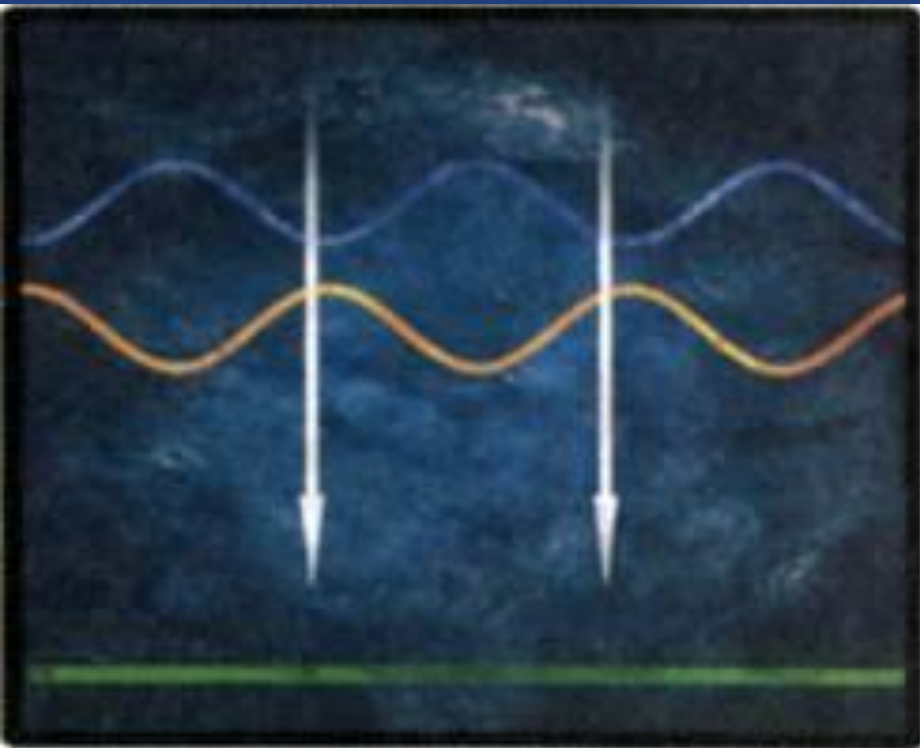
$$\Delta = \pm(2m + 1)\frac{\lambda}{2}$$



Длиной волны называют расстояние между двумя ее гребнями или впадинами.



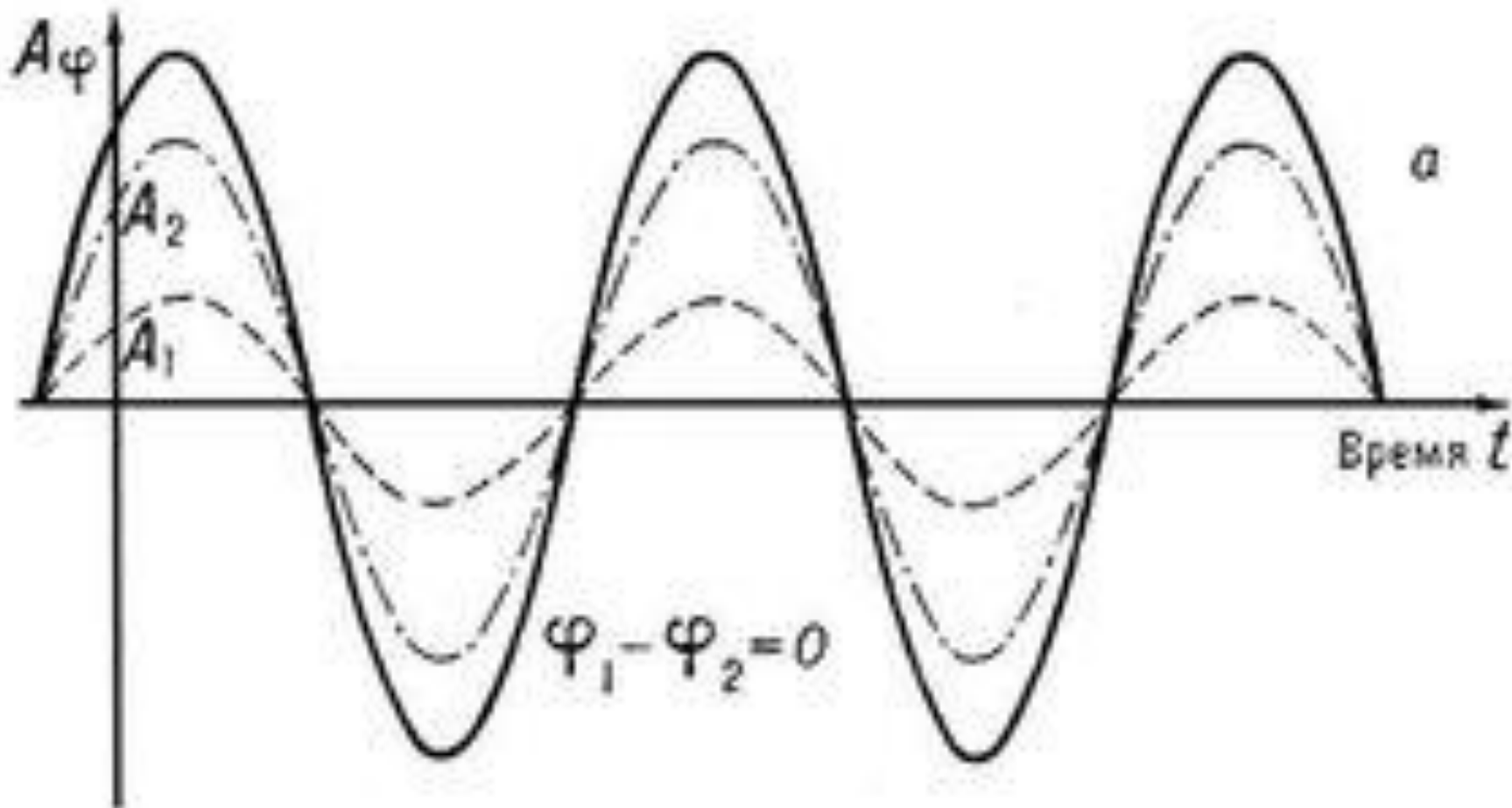
Волны, находящиеся в противофазе и совпадающие по фазе





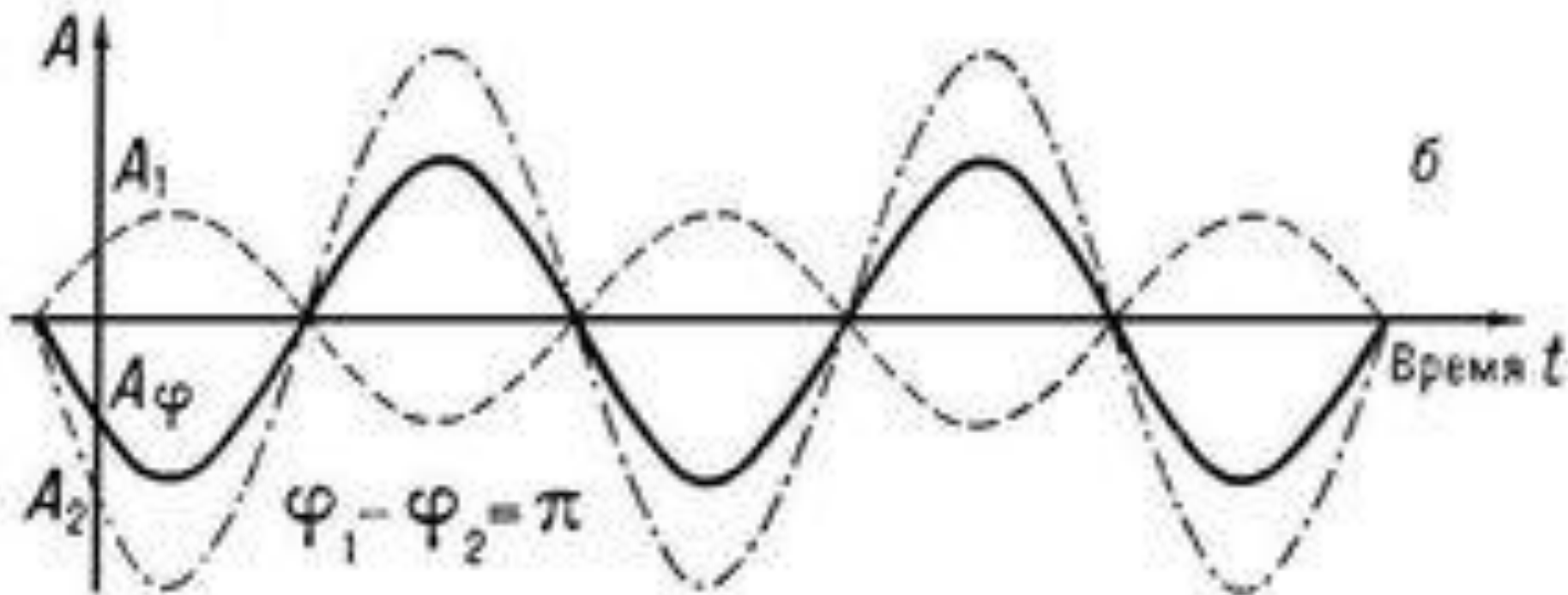
Сложение 2 гармонических колебаний (пунктир) с амплитудами  $A_1$  и  $A_2$  при разности фаз 0.

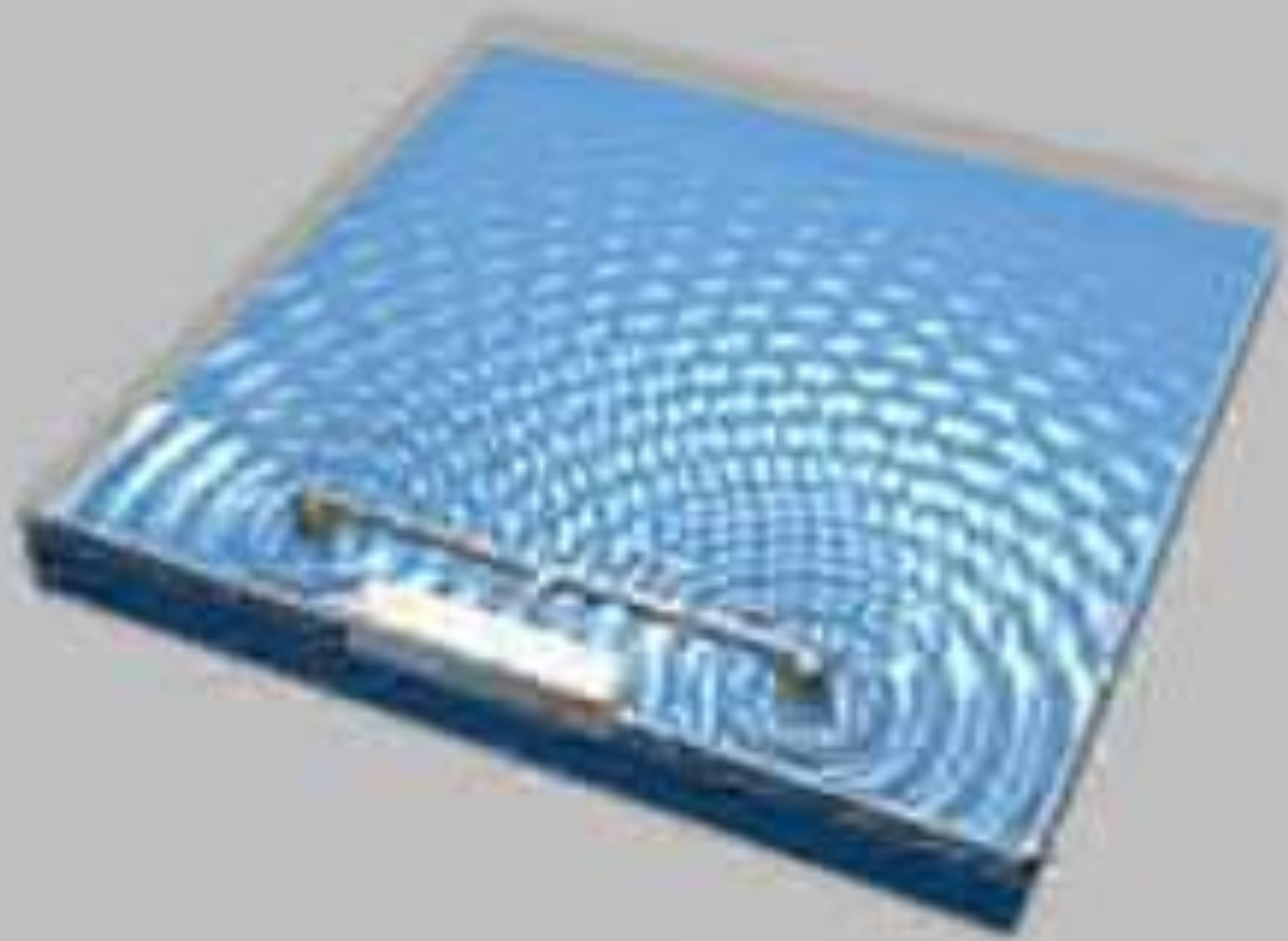
Результирующее колебание — сплошная линия



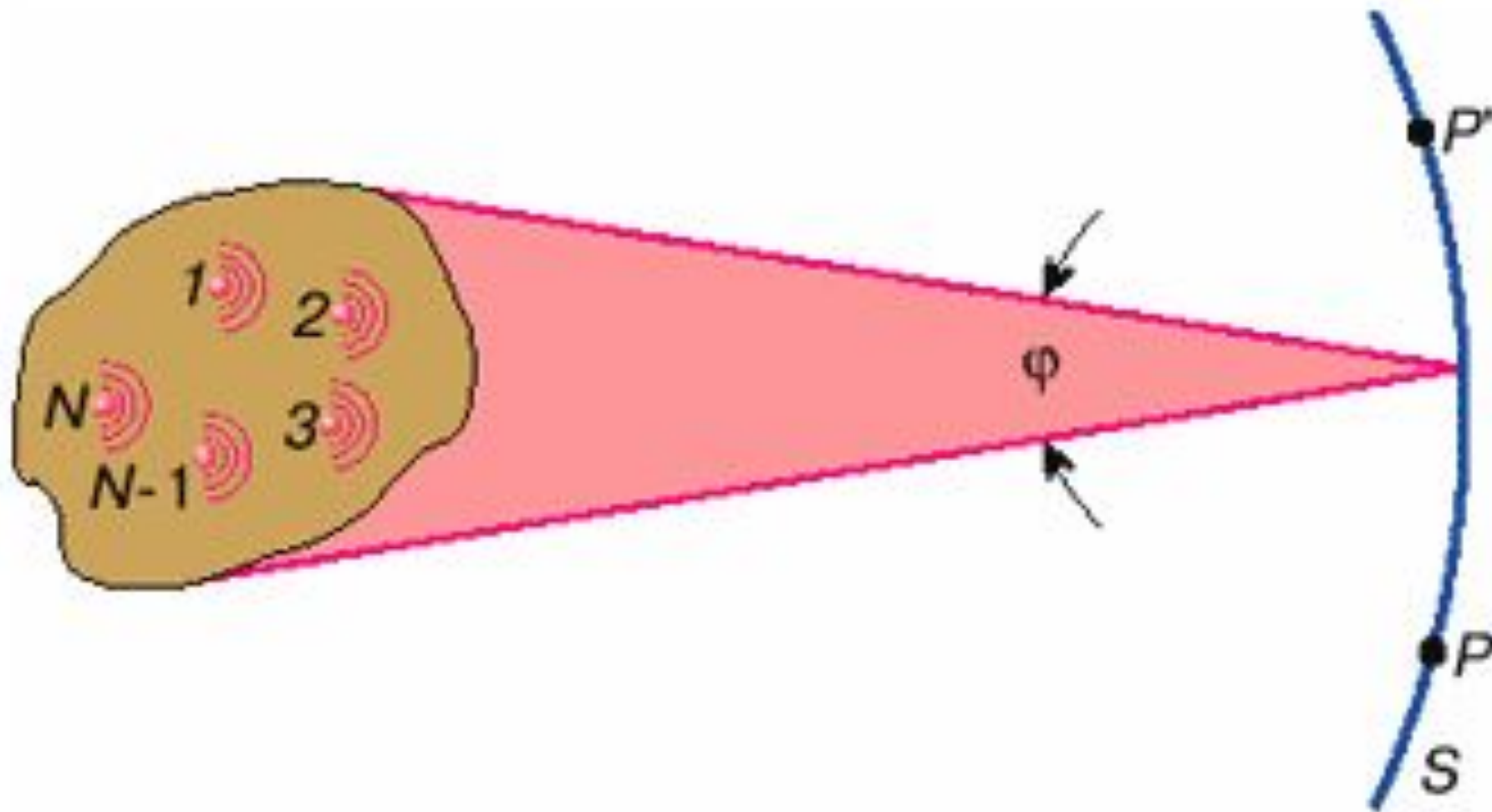
Сложение 2 гармонических колебаний (пунктир) с амплитудами  $A_1$  и  $A_2$  при разности фаз  $\pi$

Результирующее колебание — сплошная линия



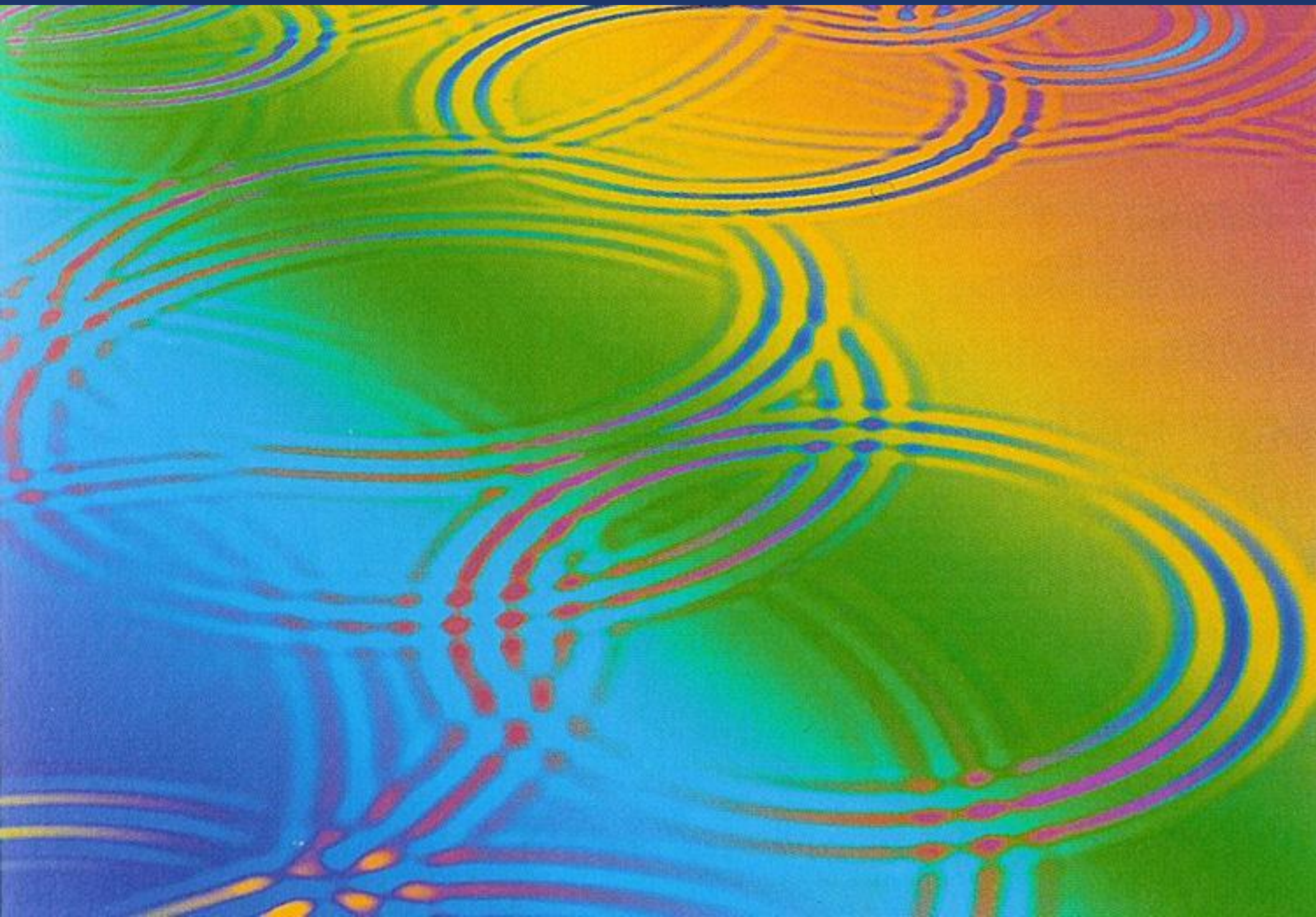


# Иллюстрация светящегося тела, состоящего из $N$ элементарных излучателей





# Когерентность



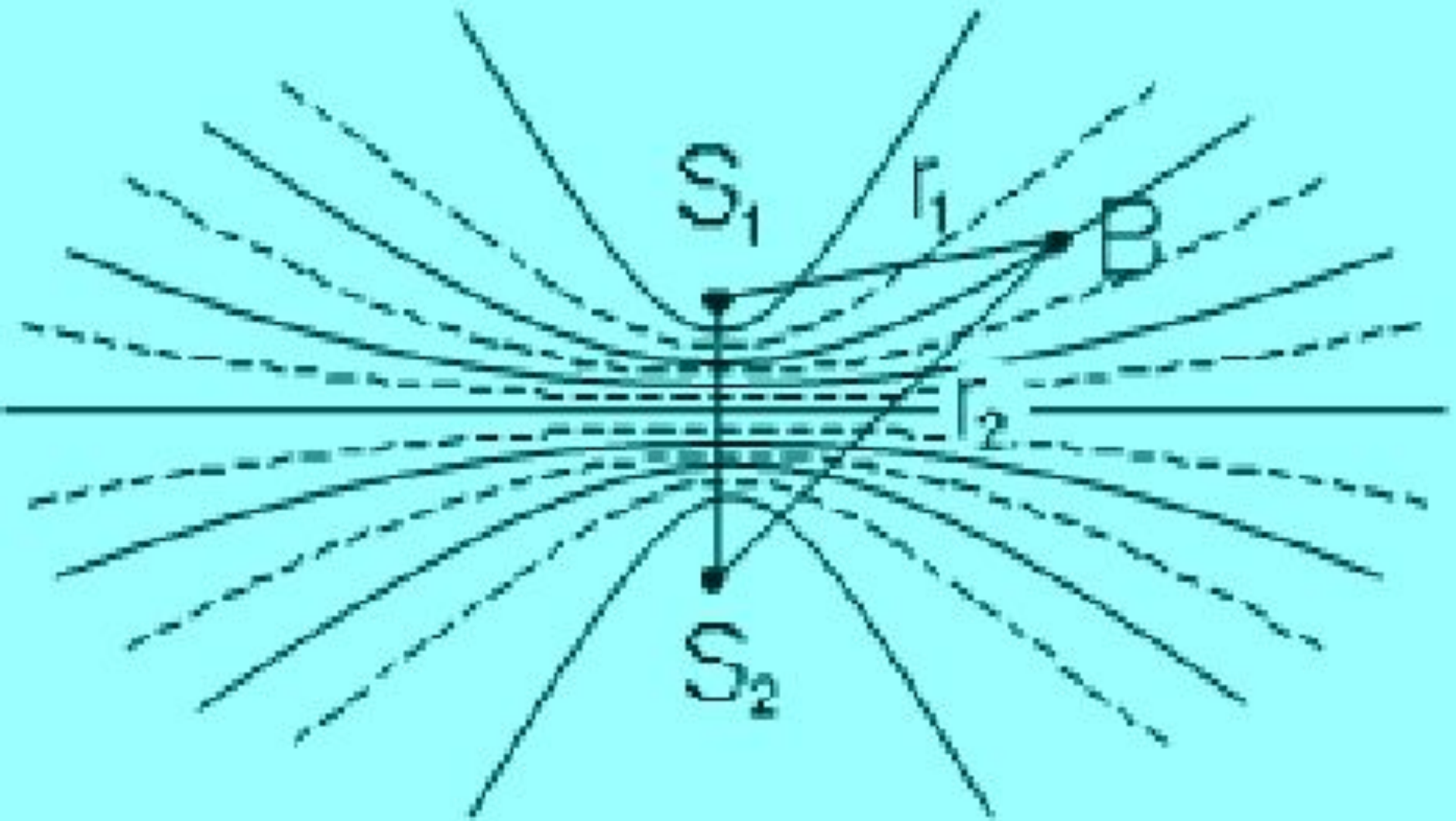


# Интерференционная картина



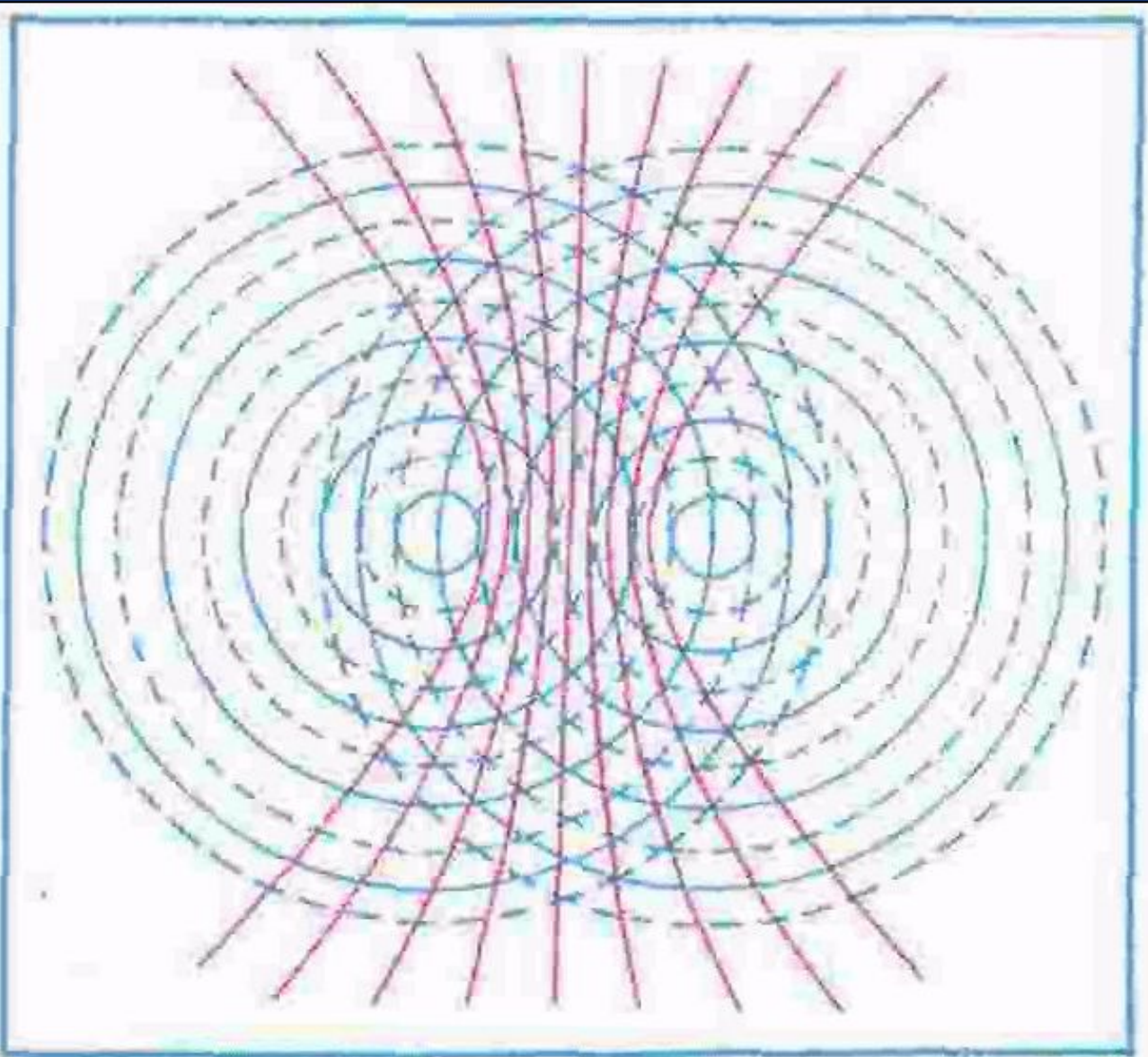
- Концентрические круговые волны с источниками в различных точках на поверхности воды, возникшие в результате падения дождевых капель, в зонах их пересечения дают интерференционную картину. Затемнения соответствуют зонам деструктивной интерференции

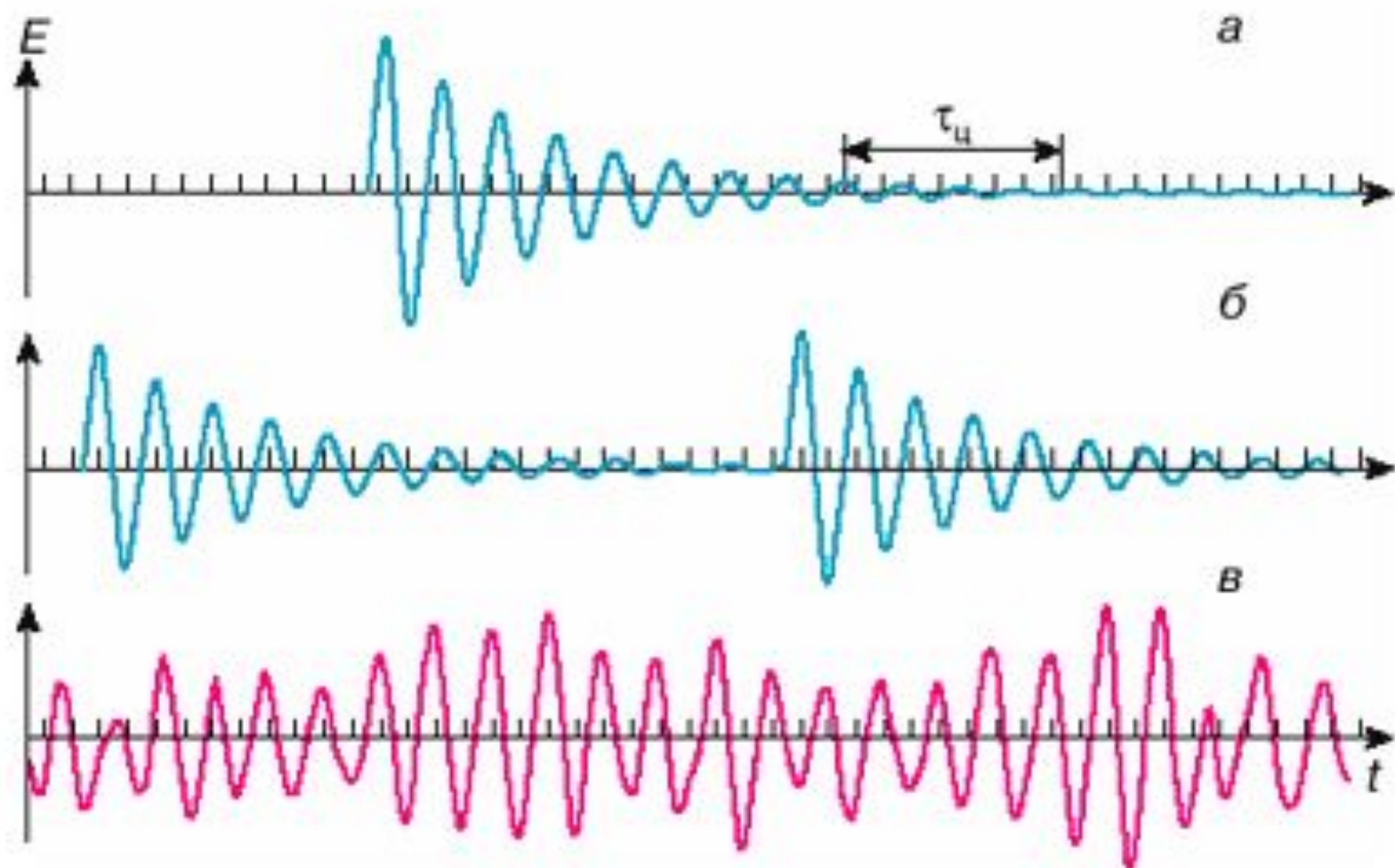
Волны называются когерентными, если разность их фаз остается постоянной во времени.



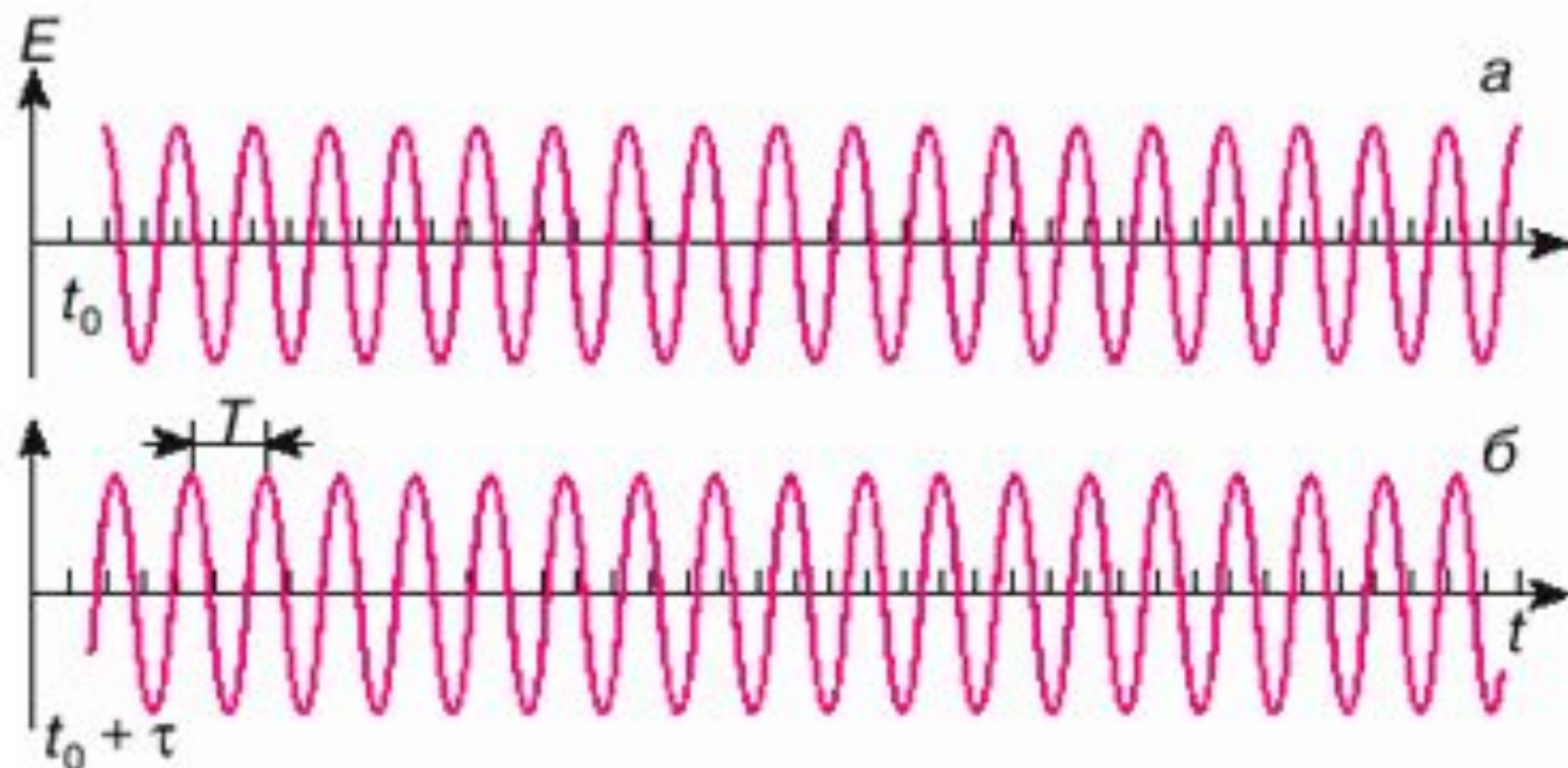


# Интерференция света между двумя источниками света. Точки одинаковых фаз находятся на гипербололах





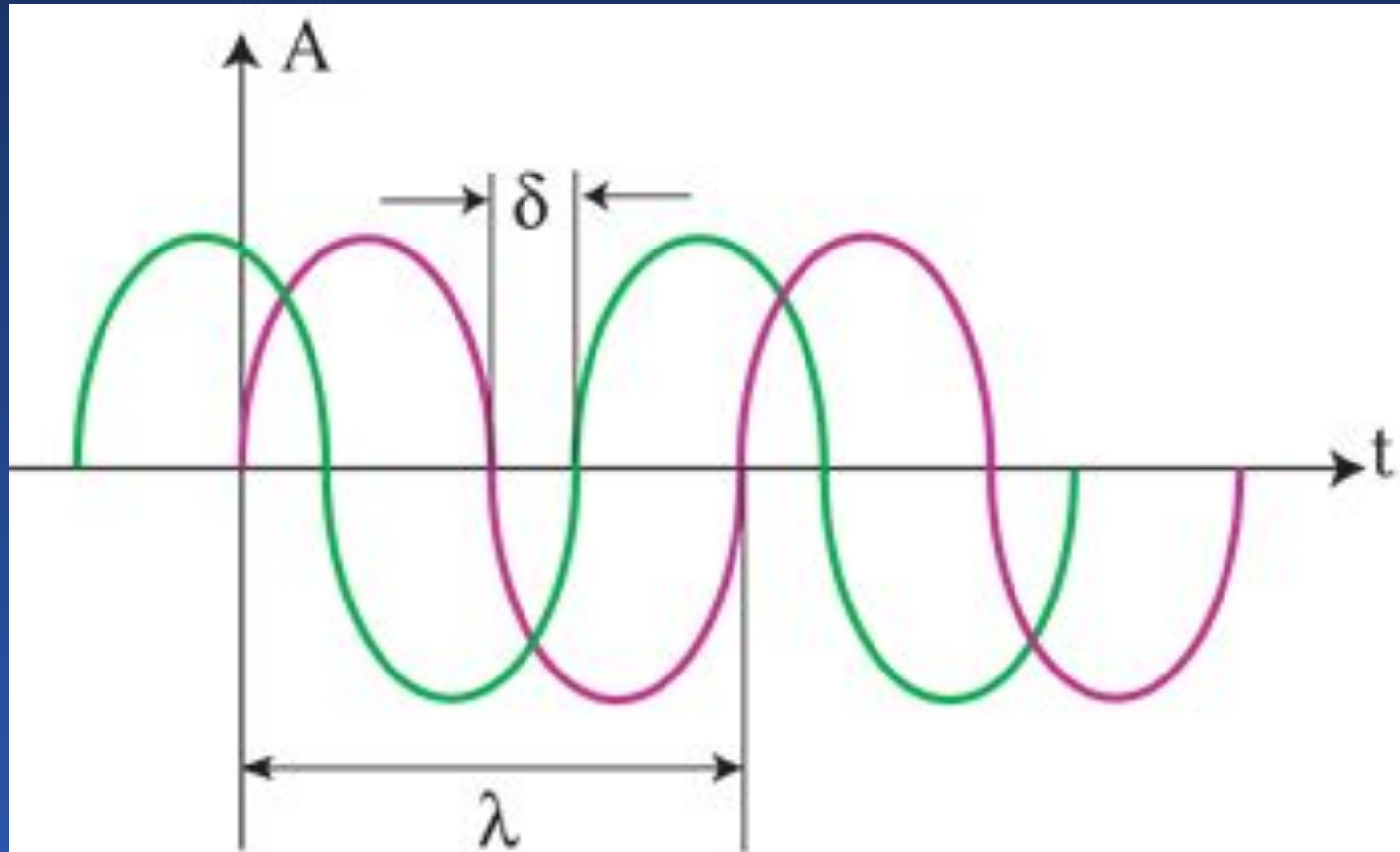
**Рис. 2.** Волновые цуги, испускаемые отдельными атомами (а и б), и колебания в произвольно выбранной точке пространства поля  $E$  частично когерентной волны (в).  $\tau_{ц}$  – длительность отдельного цуга



**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



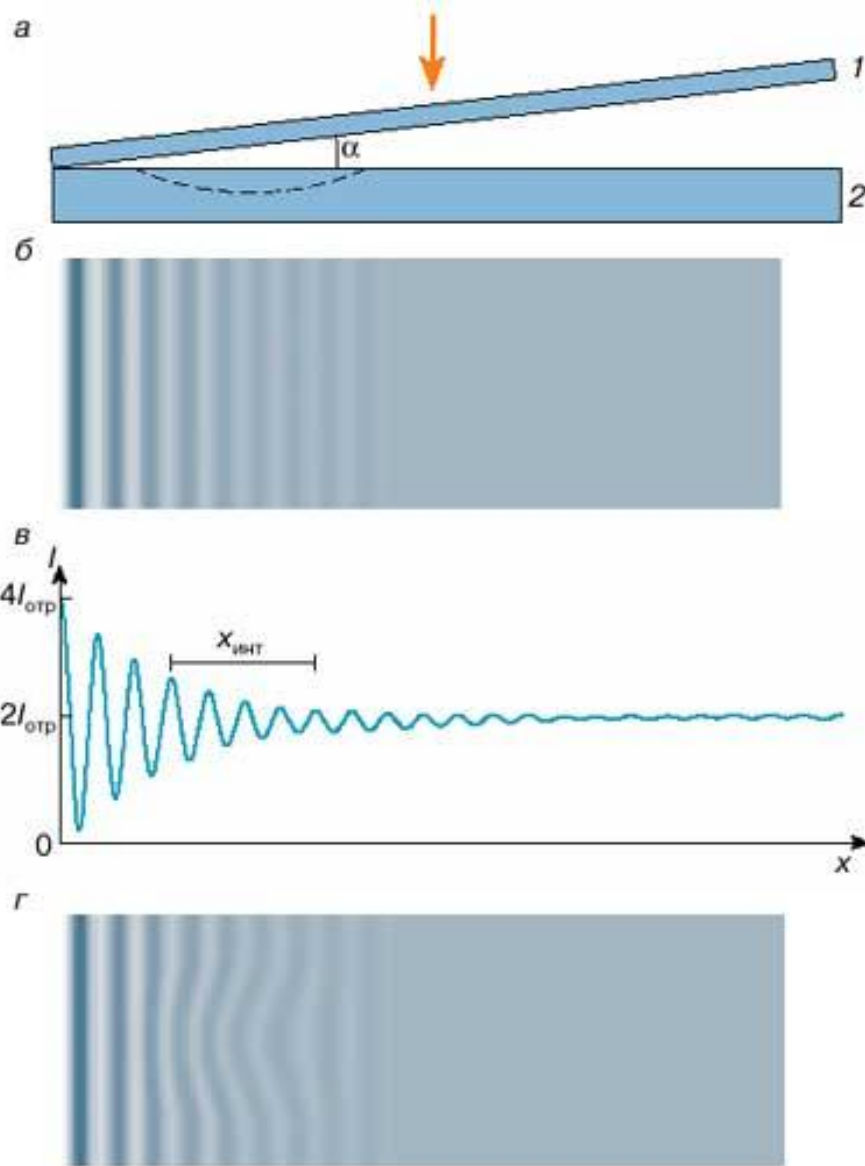
$$E = A \cos(\omega t - kr + \alpha)$$

$\alpha$  – начальная фаза колебаний

$\delta$  – сдвиг фазы

$r$  – расстояние в направлении движения

$k$  – волновое число



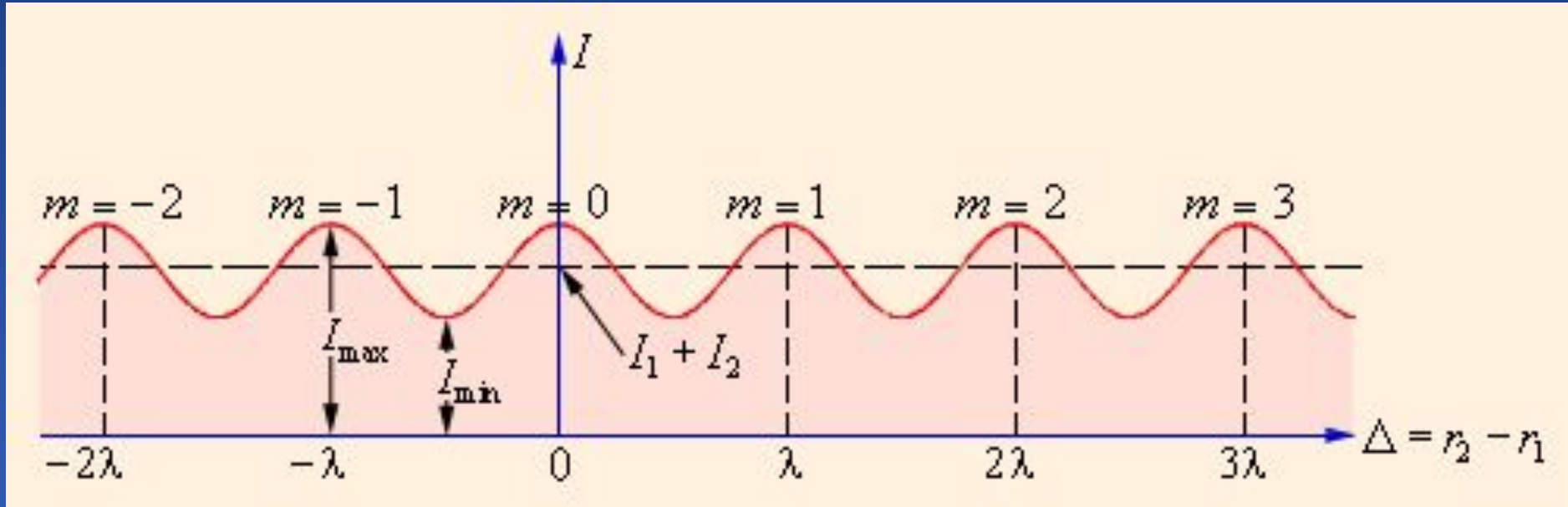
**Рис. 4.** Интерференция в воздушном клине в отраженном свете: *а* – воздушный клин, *б* – интерференционная картина, *в* – зависимость интенсивности  $I_{\text{отр}}$  отраженного излучения от поперечной по отношению к ребру клина координаты  $x$ , *г* – интерференционная картина при наличии на поверхности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



Картина  
интерференции



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





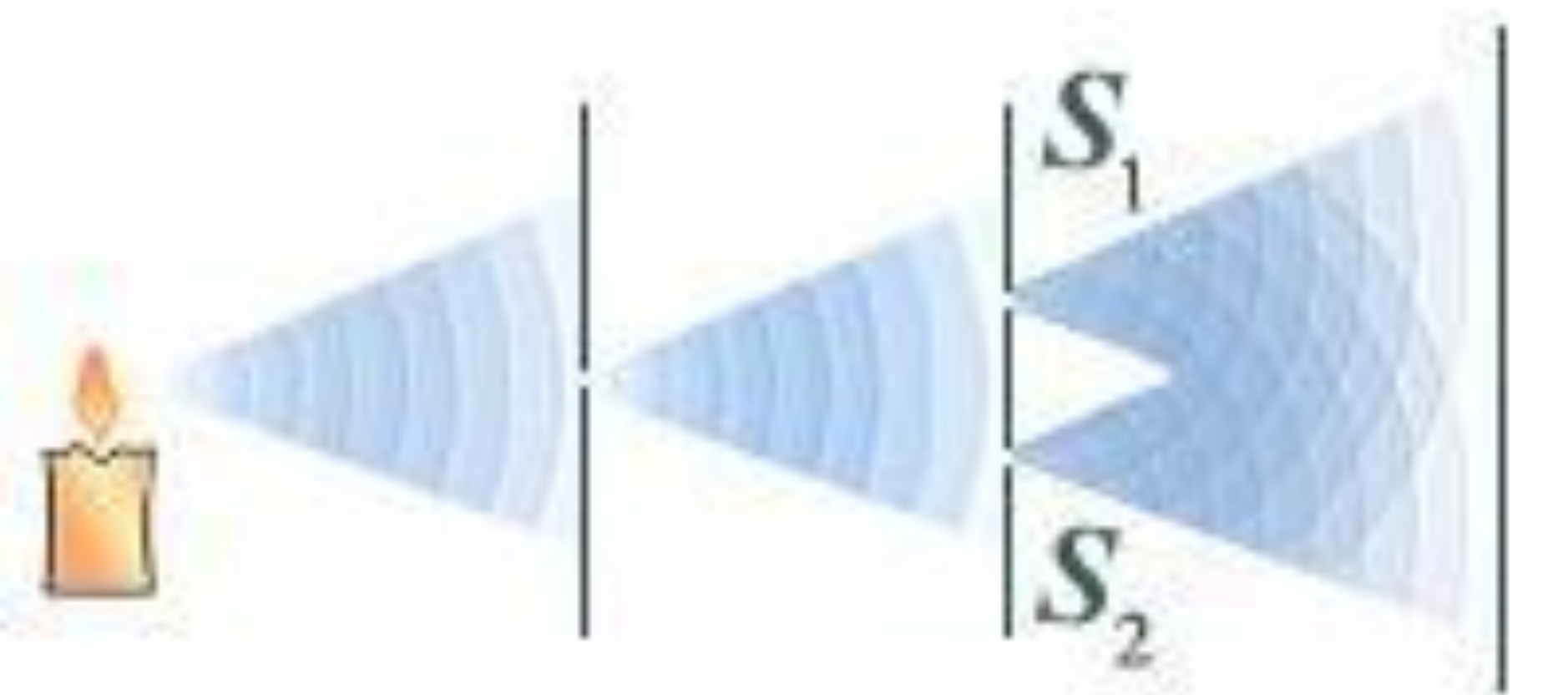
# Томас Юнг



# Опыт Юнга

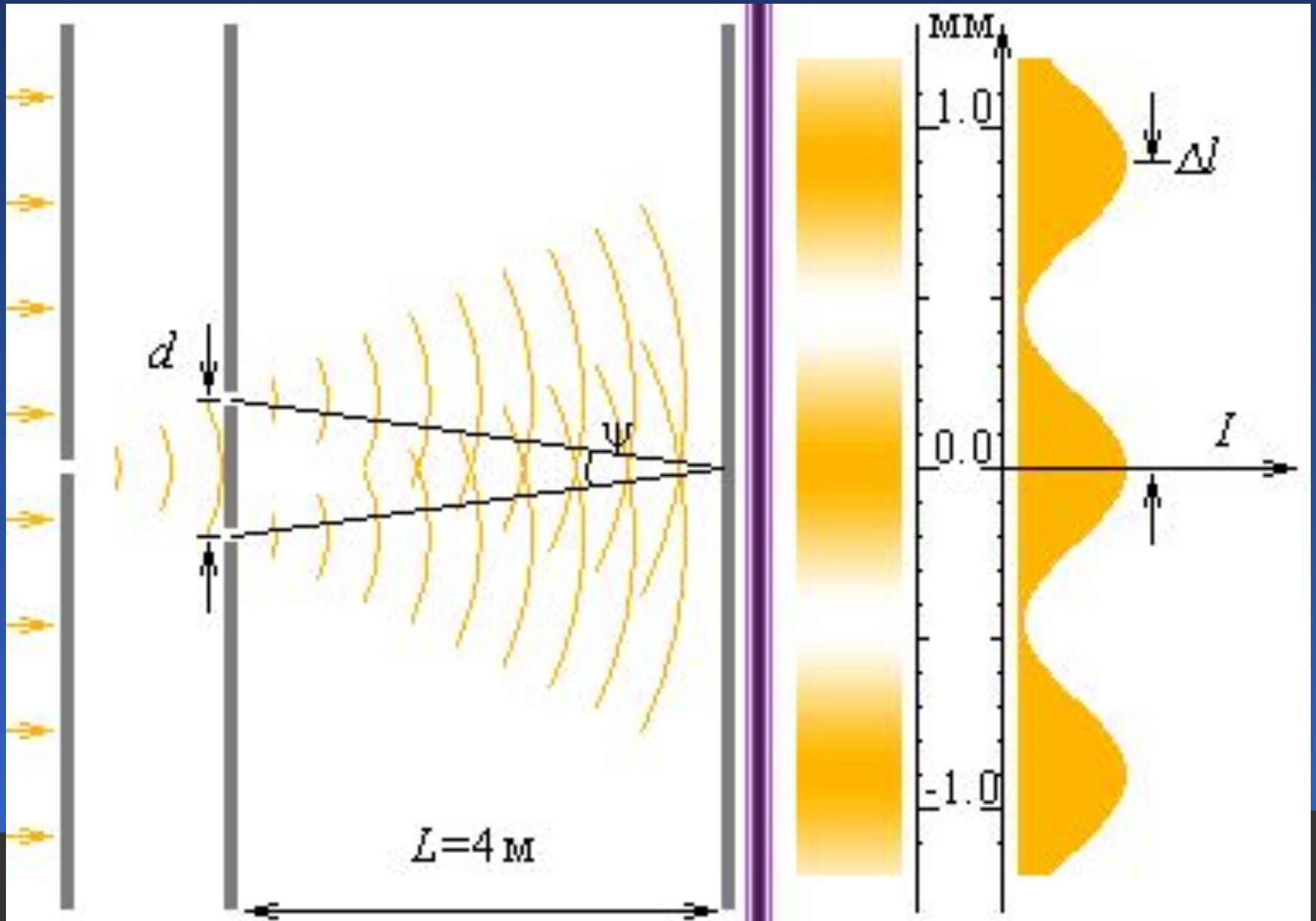


# Опыт Юнга

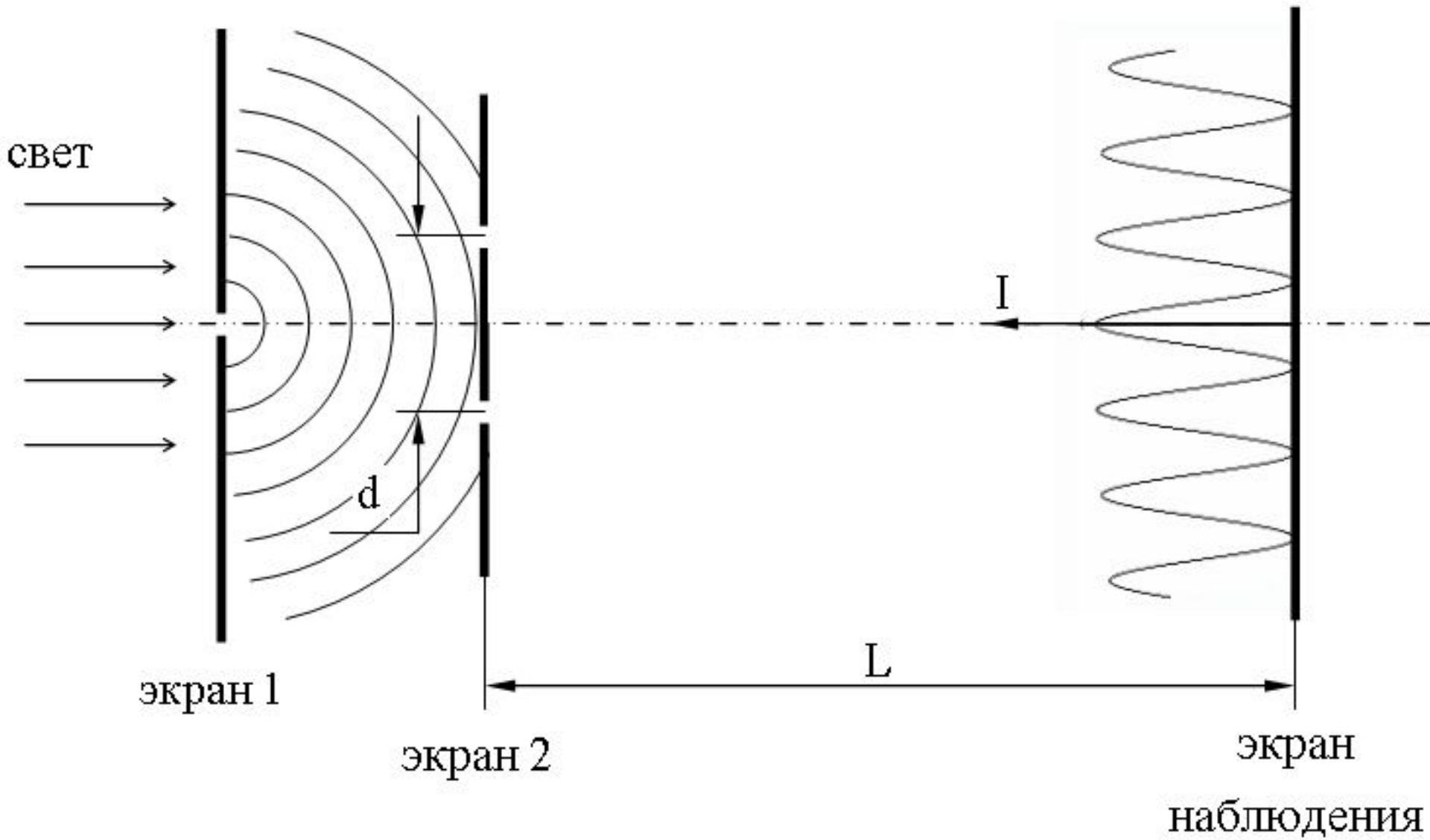




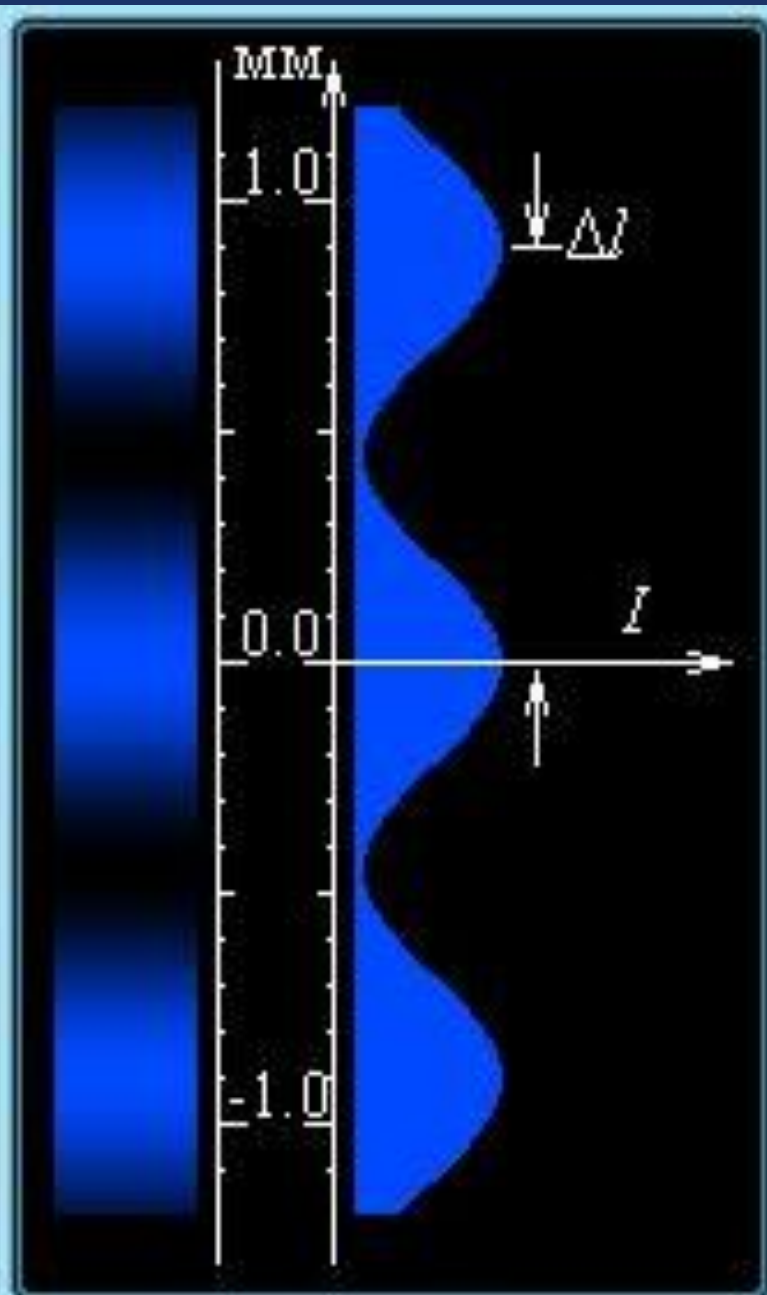
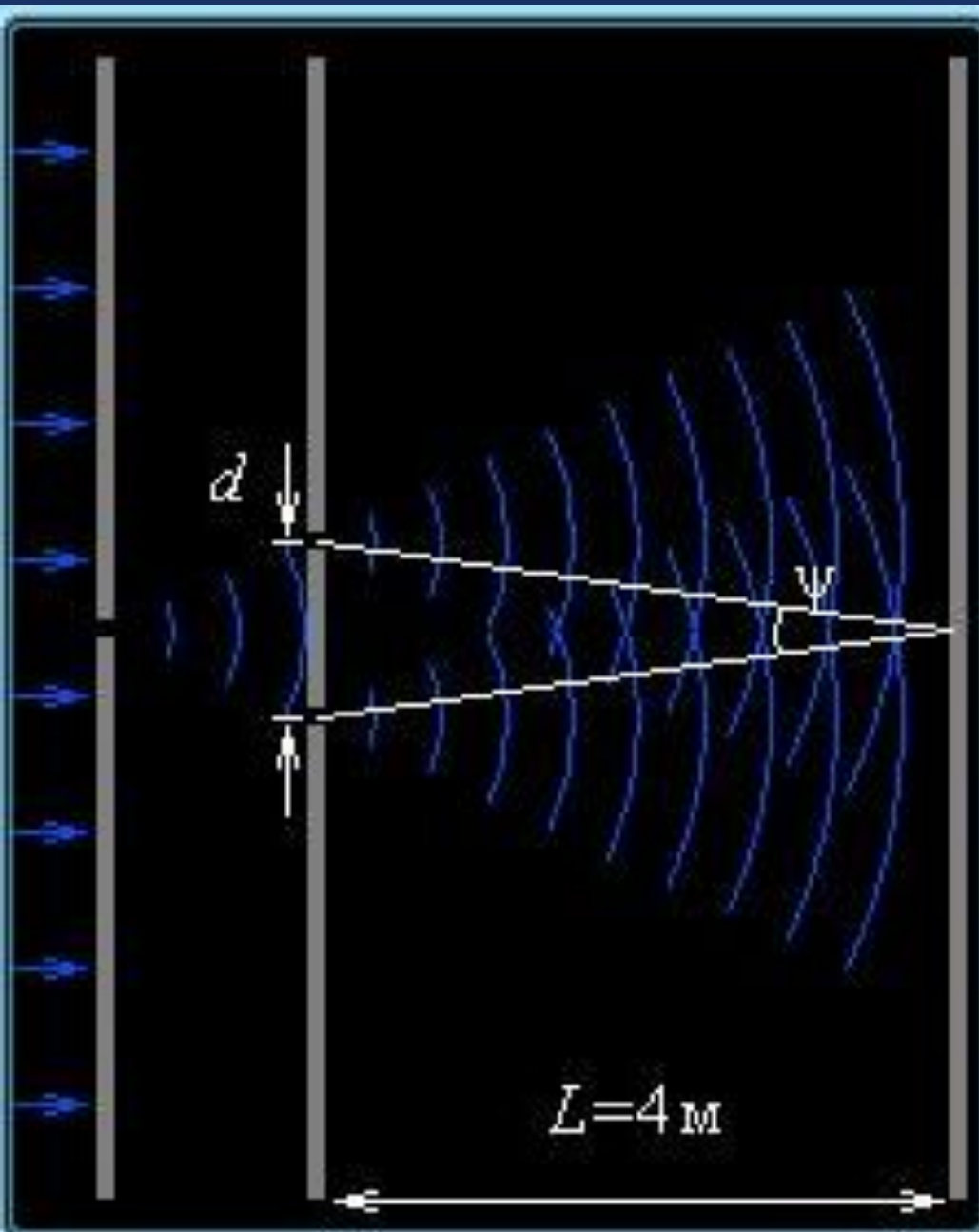
# Опыт Юнга



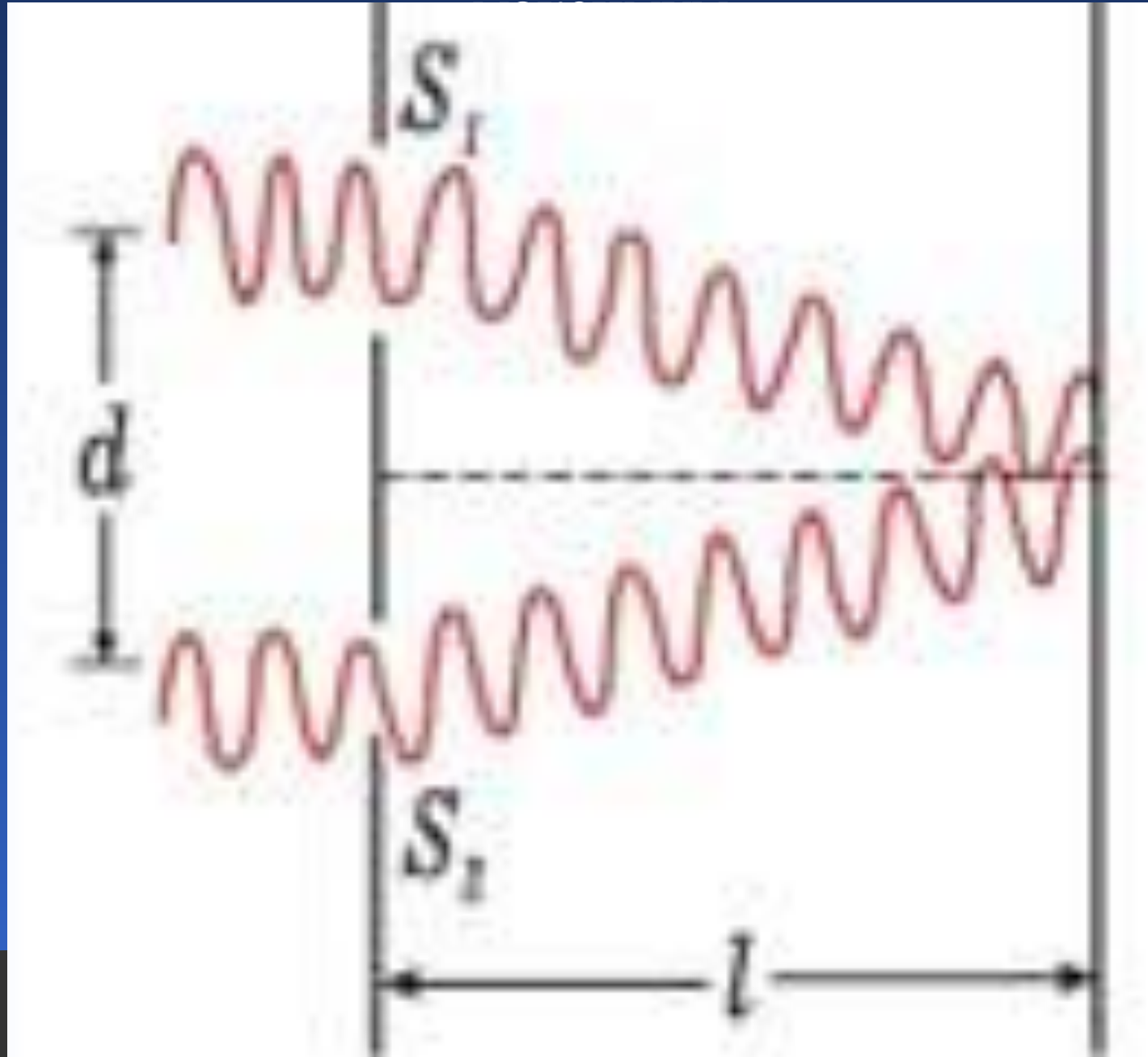
# Опыт Юнга



# Опыт Юнга

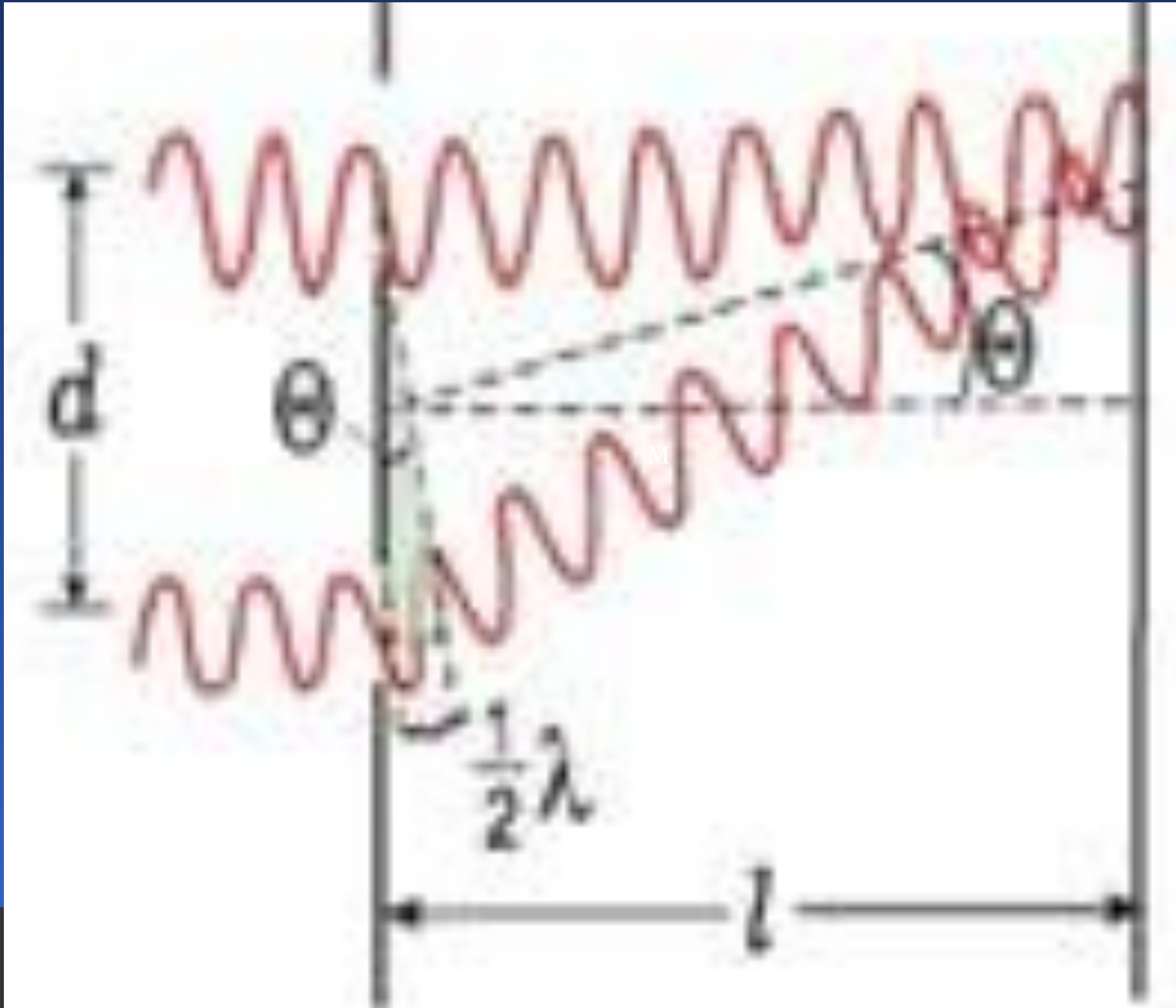


# Нулевой интерференционный

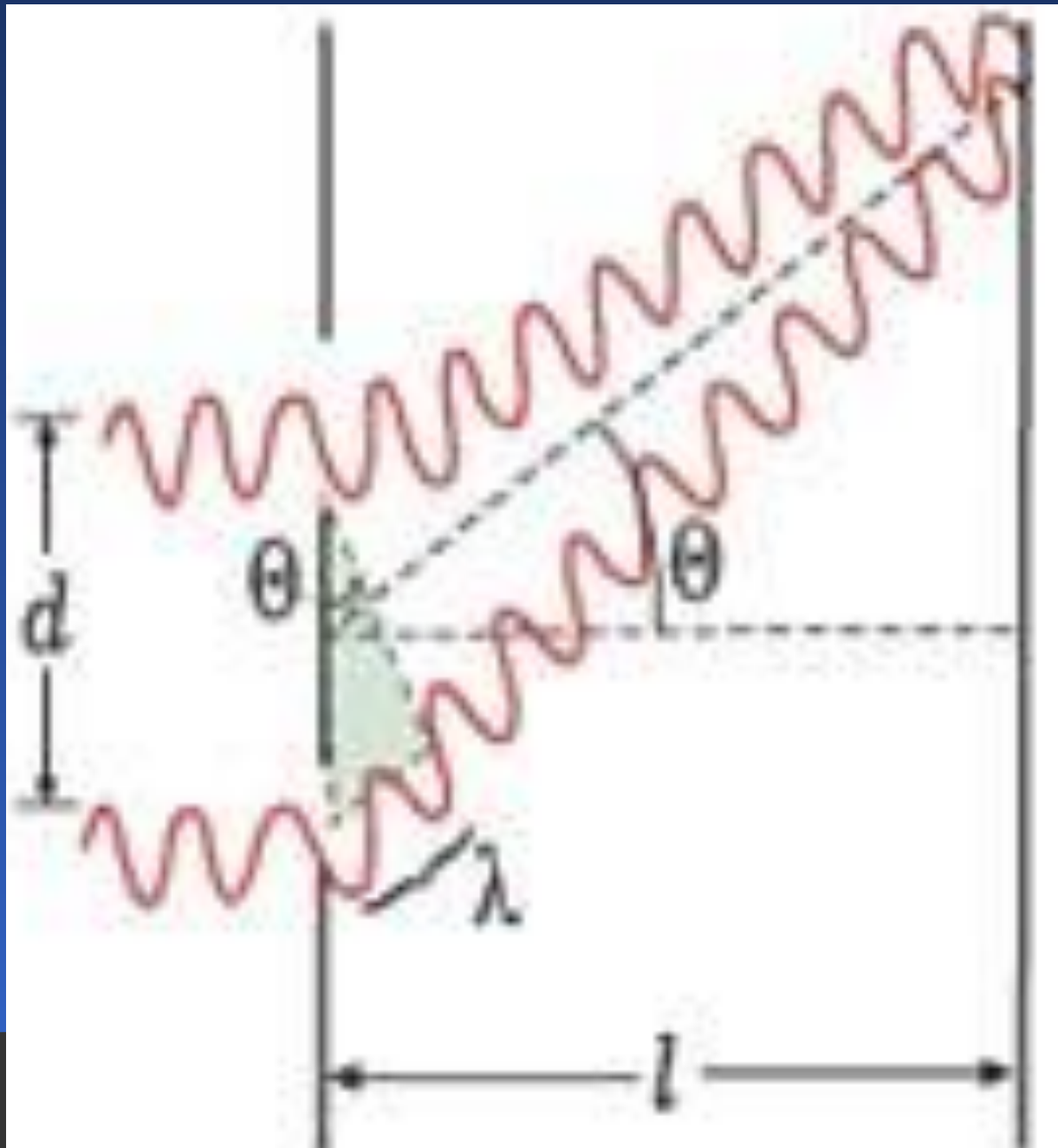


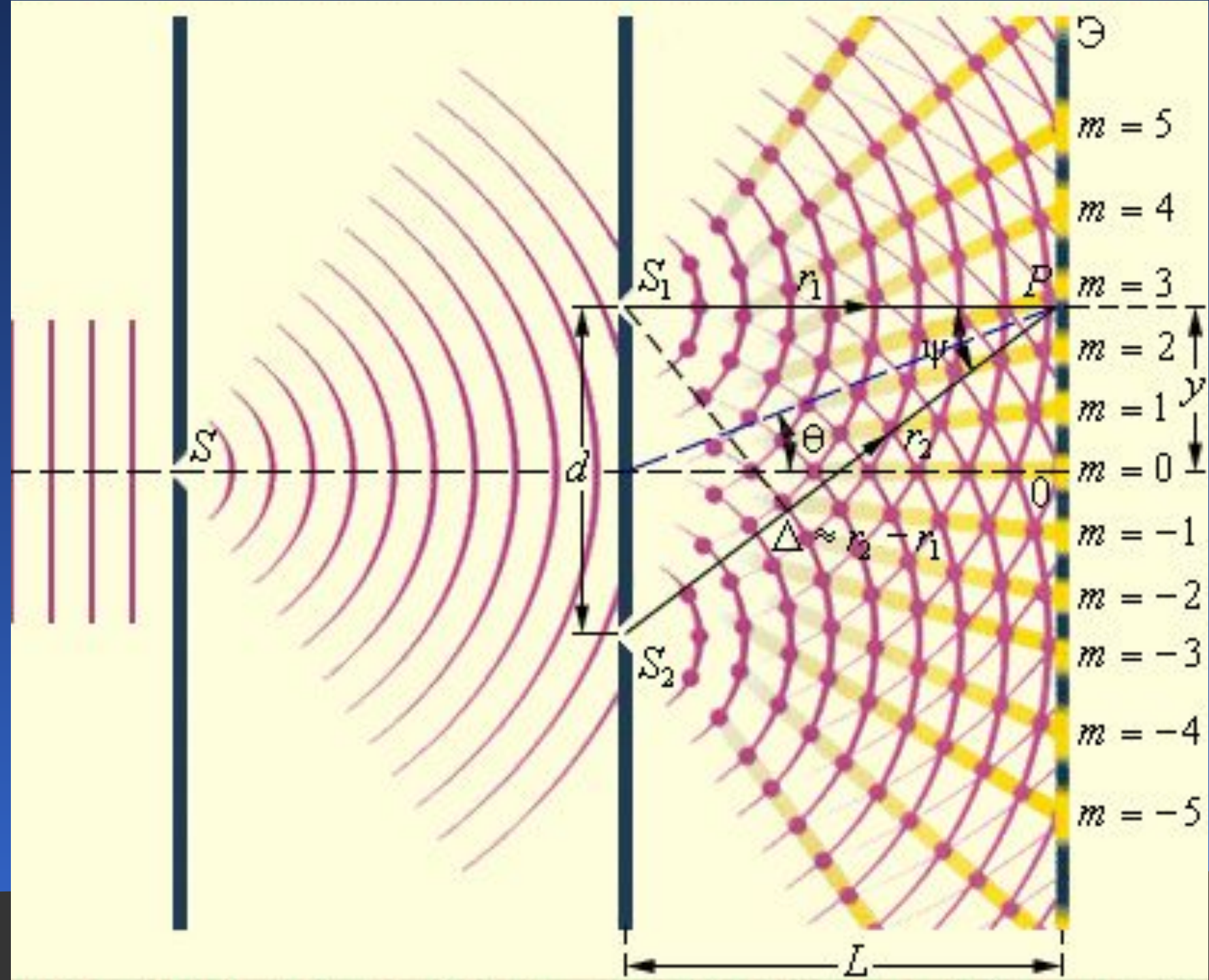


# Первый интерференционный минимум



# Первый интерференционный максимум

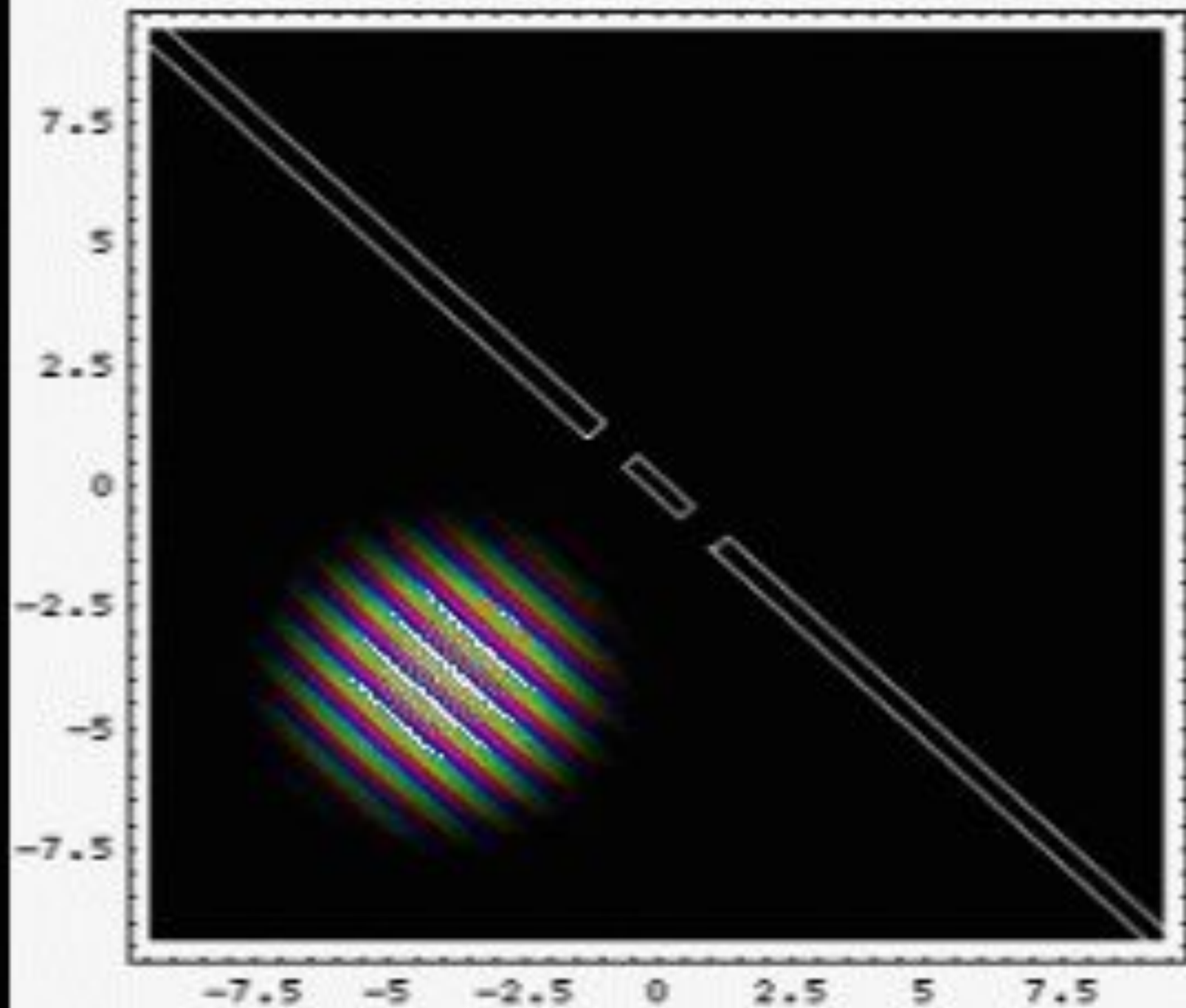








$t = -0.50$



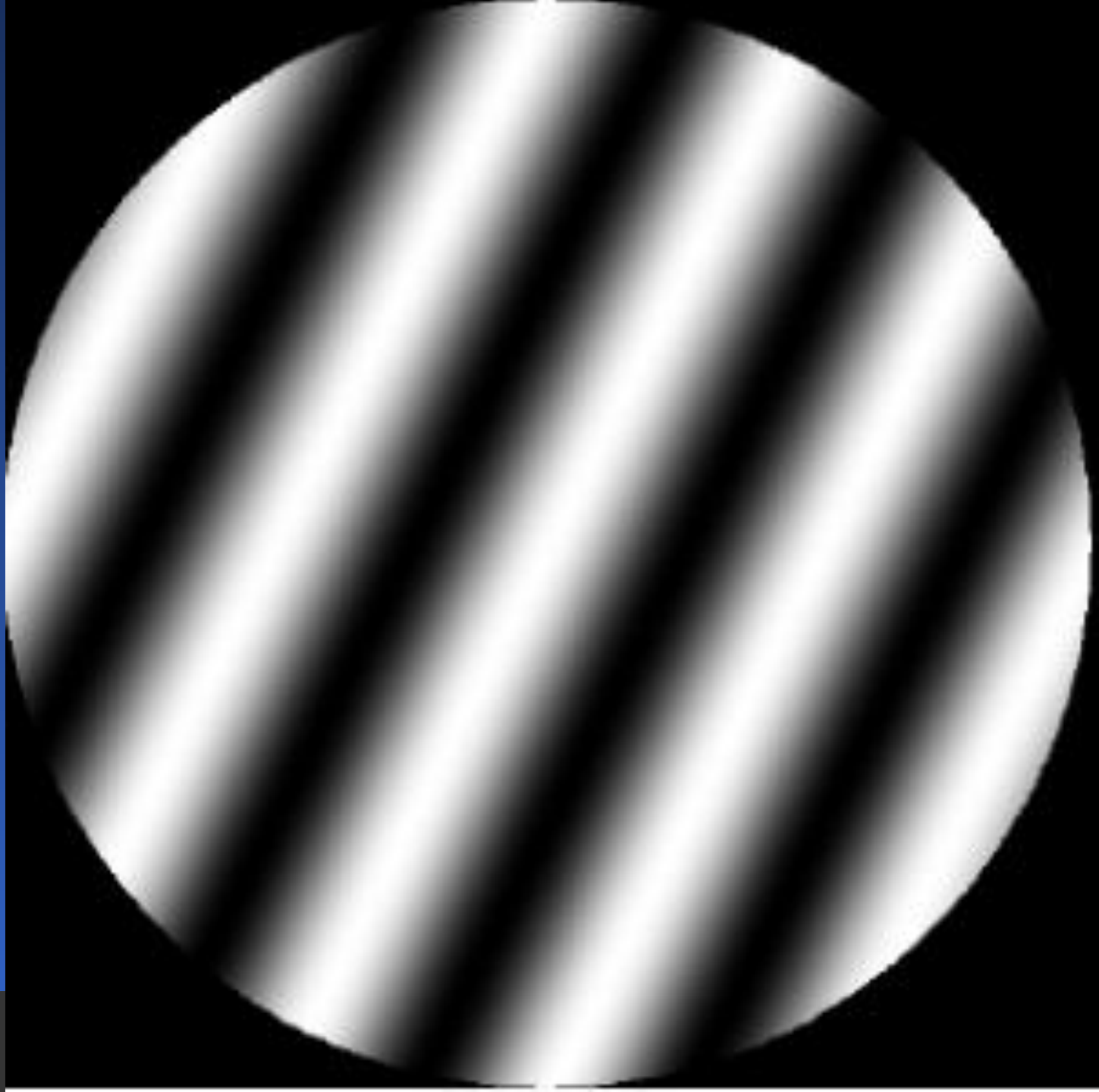


$$x_{\max} = \pm \frac{m \lambda_0}{nd}$$

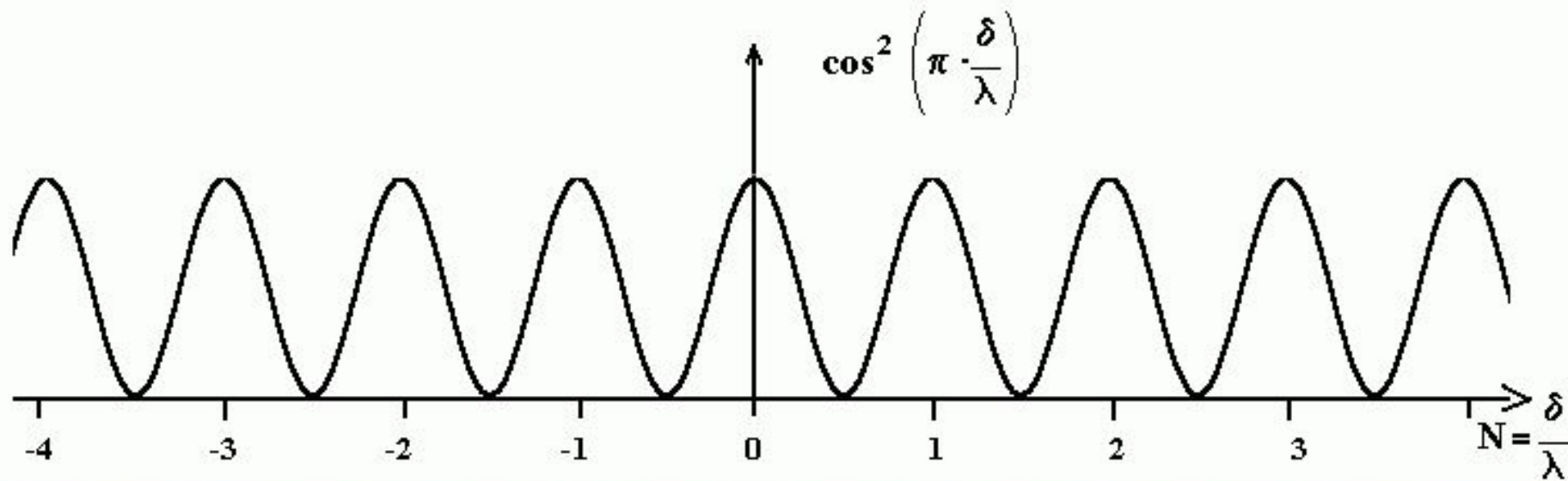
Ширина полос

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

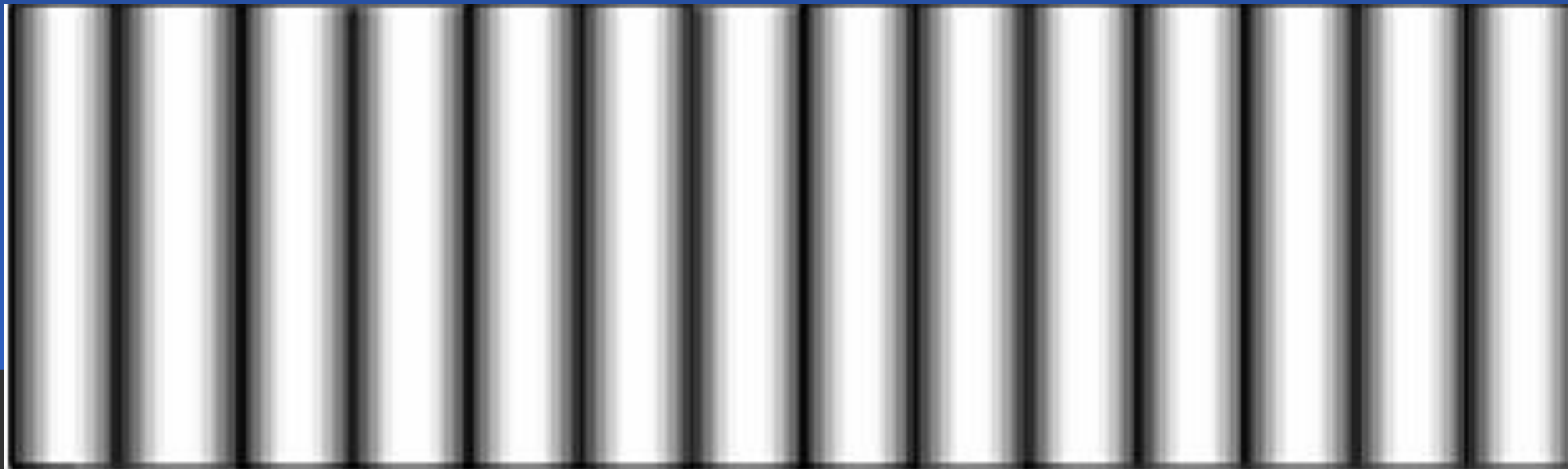
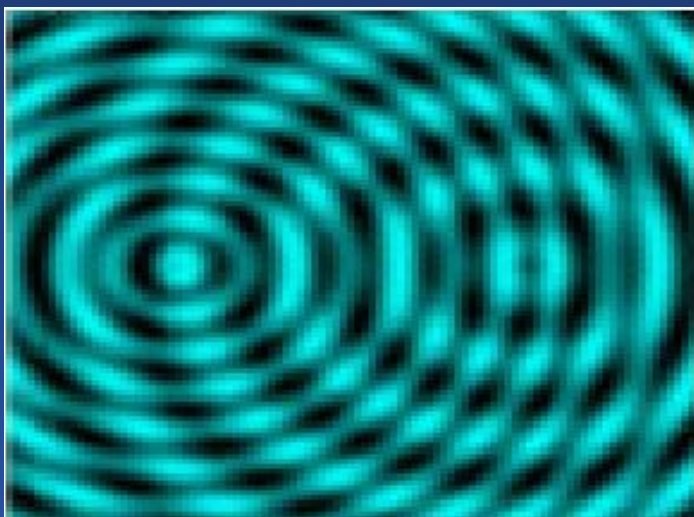
$$\Delta = \frac{xd}{\lambda}$$



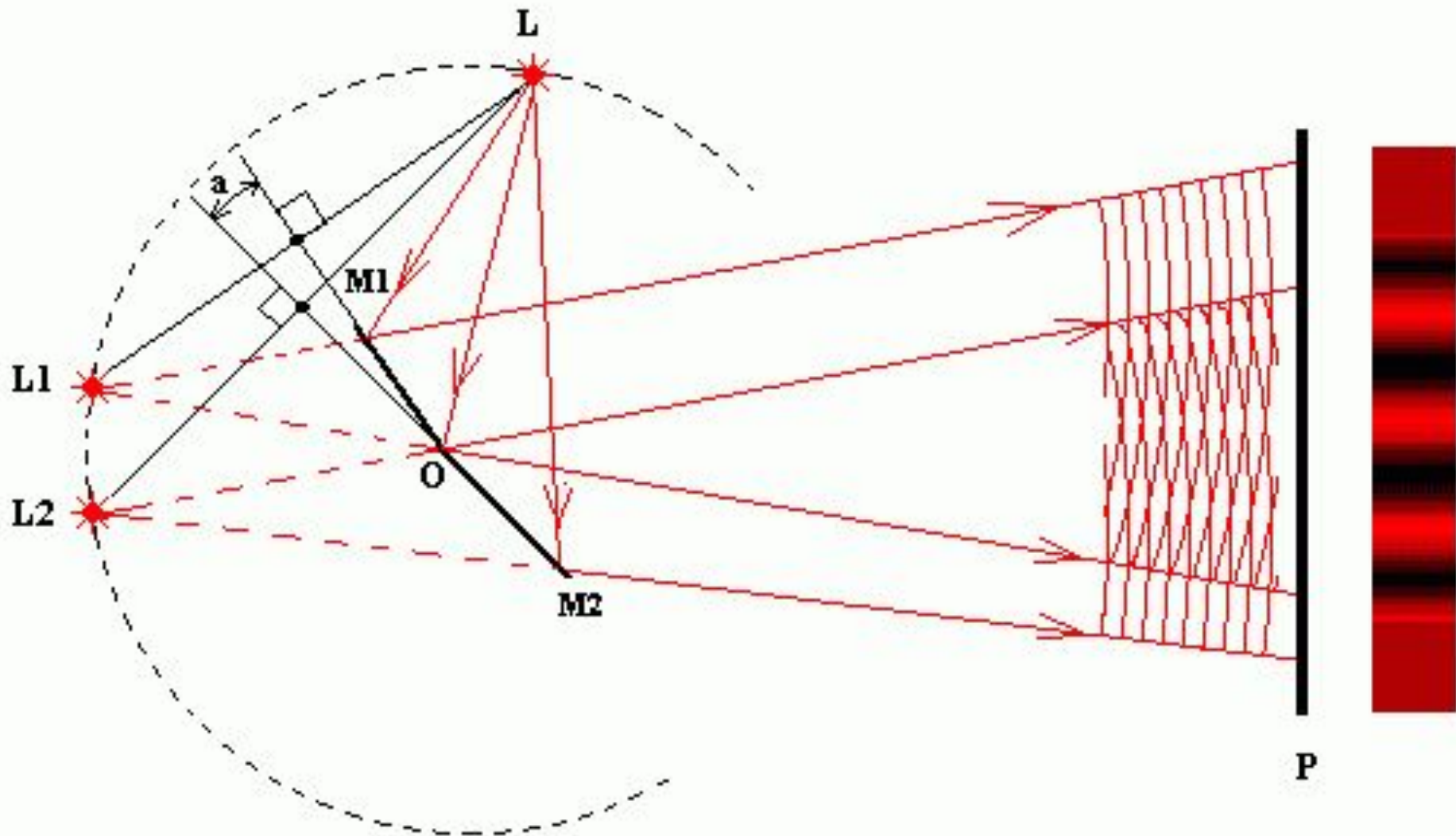
# Распределение интенсивности света в интерференционной картине



# Интерференция

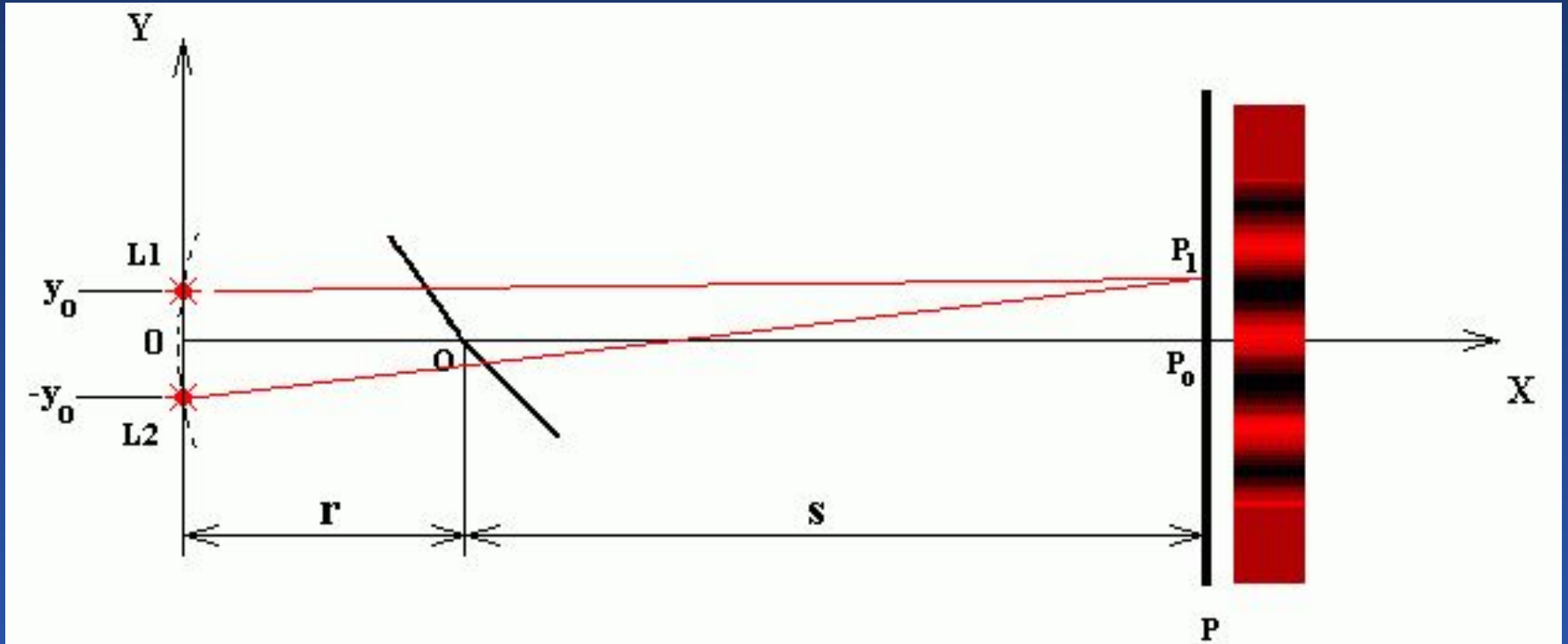


# Схема Френеля с двумя зеркалами

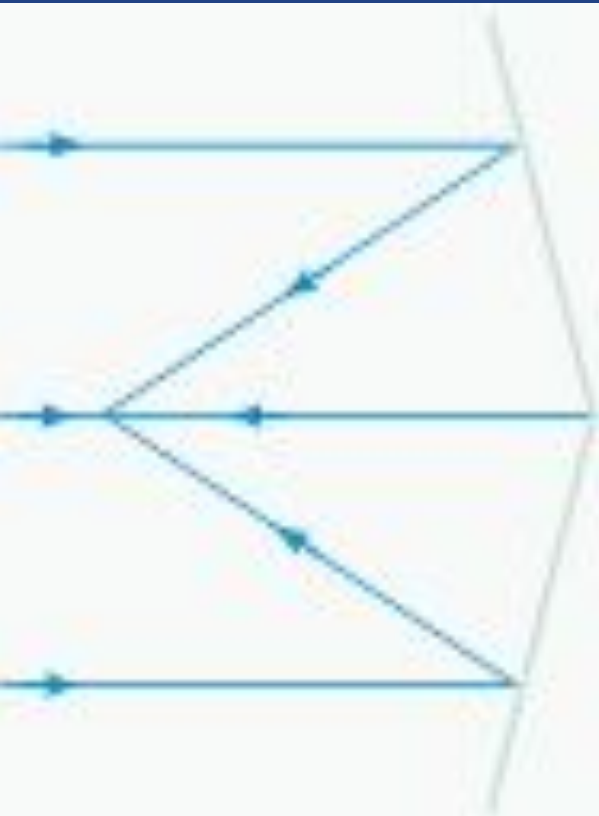




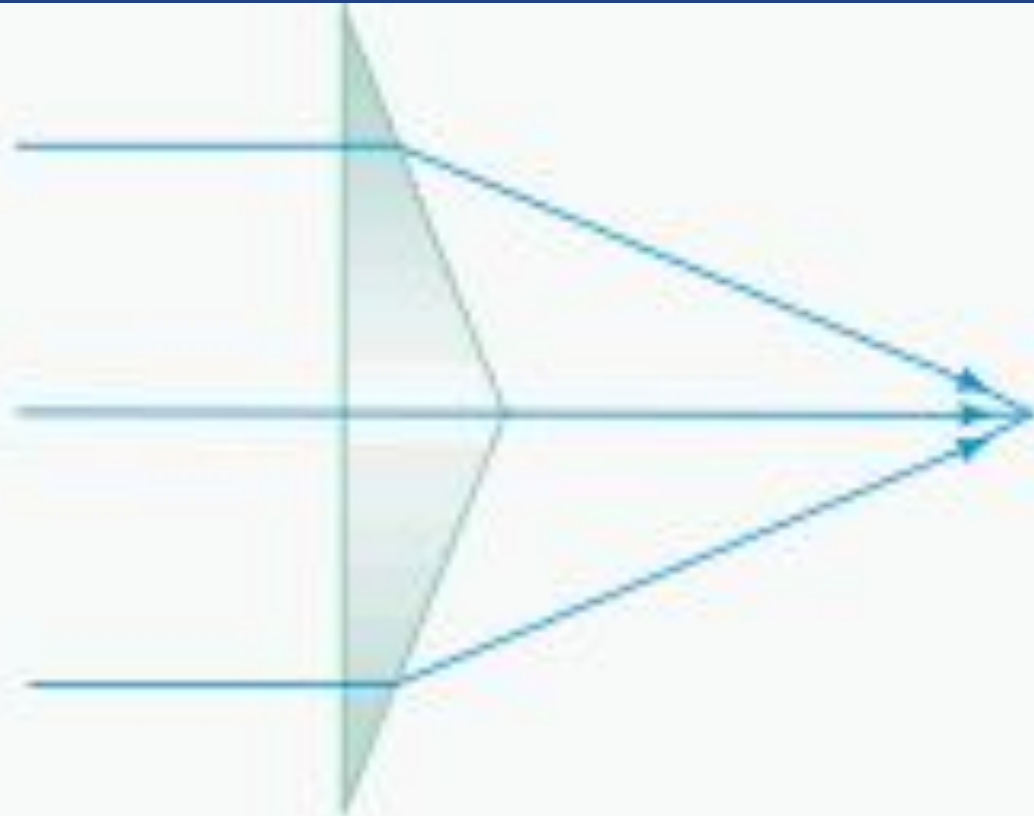
# Расчетная формула



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

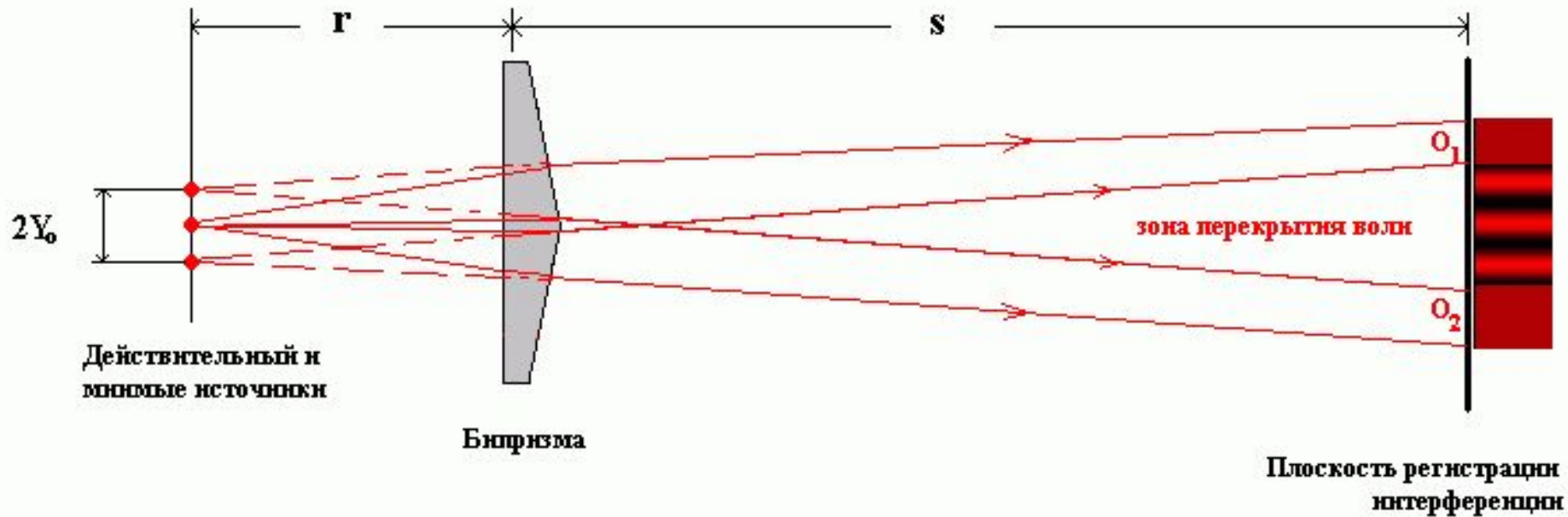


A)

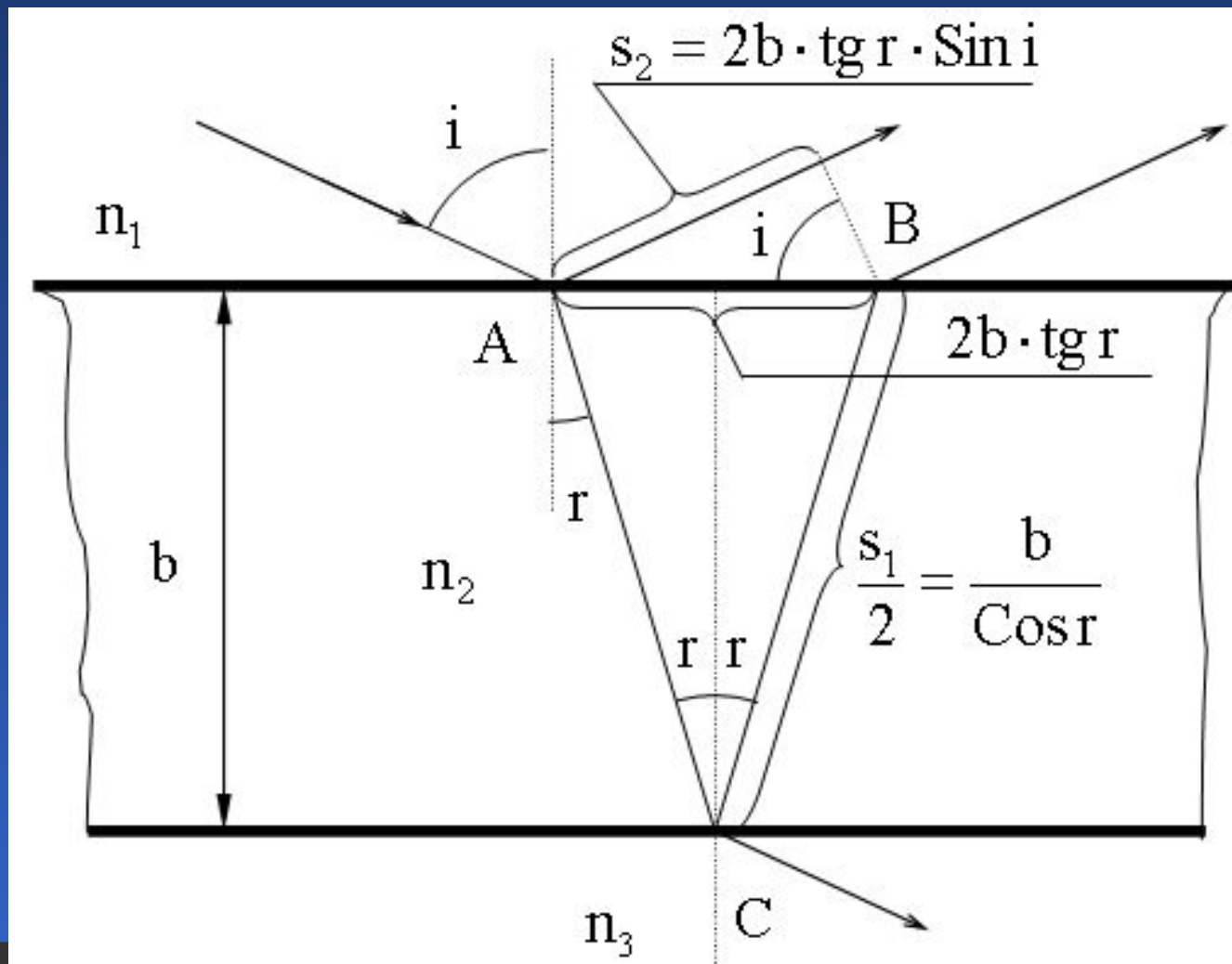


B)

# Бипризма Френеля



# Интерференция в тонких пленках (полосы равного наклона)



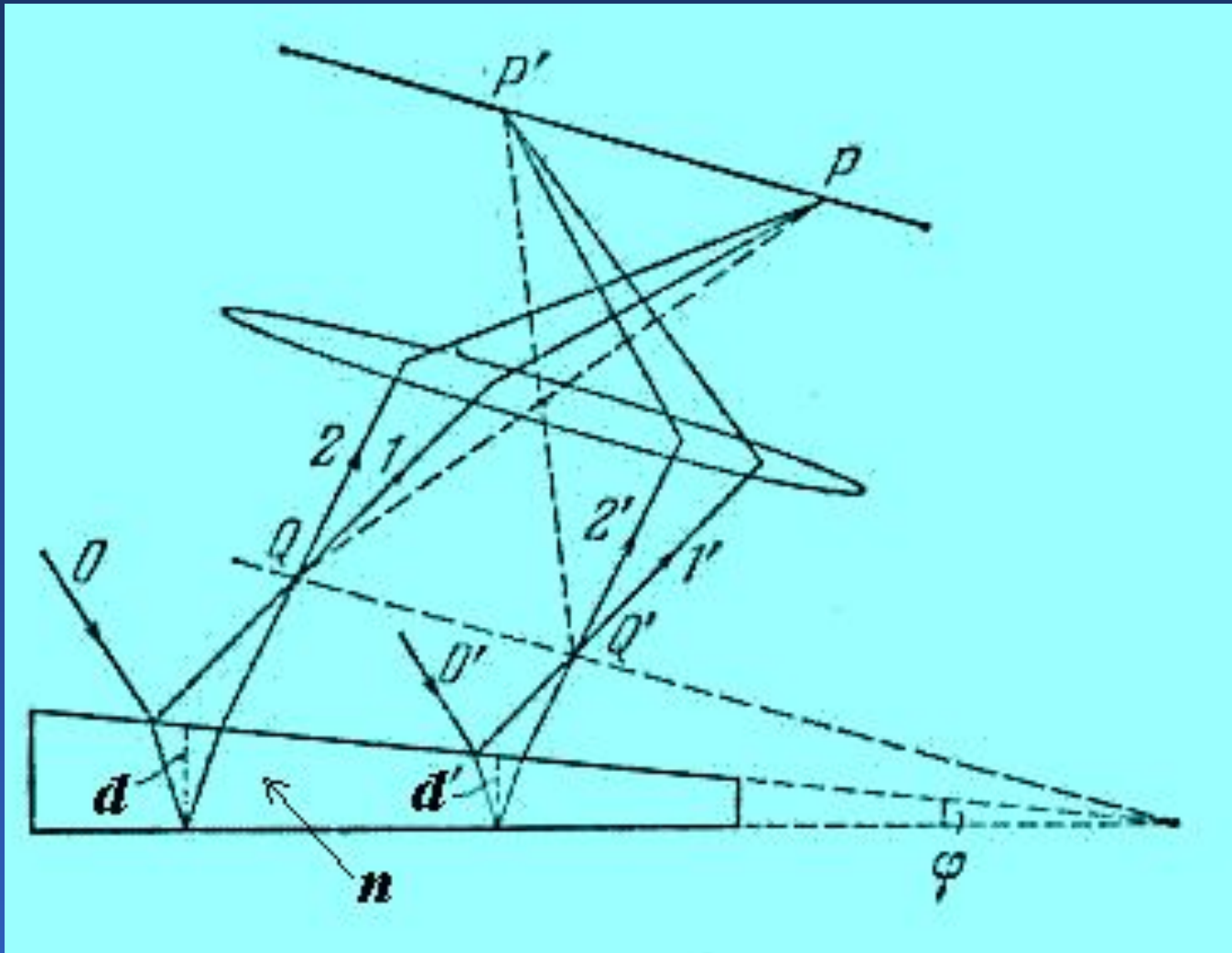
# Интерференция световых волн в тонких пленках, полосы равного наклона

Оптическая разность хода

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



# Полосы равной толщины



сть хода

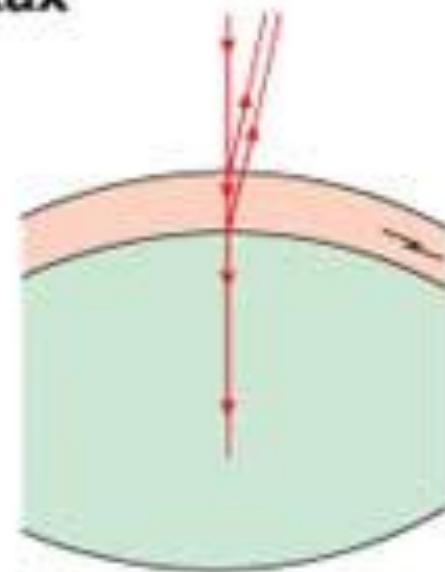
## Интерференция в тонких пленках



Интерференция света  
на пленке масла

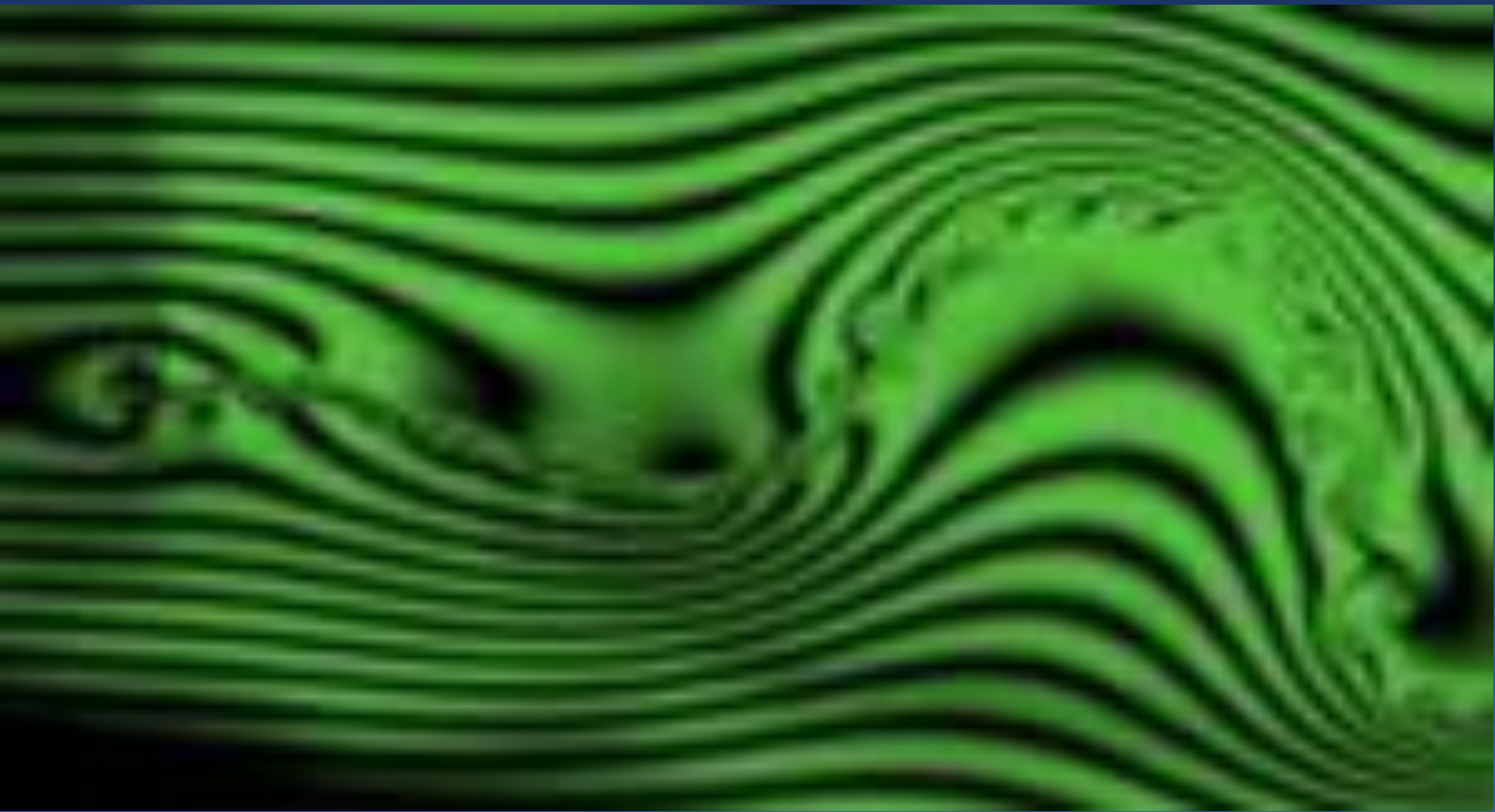


Схема хода лучей  
при интерференции в тонкой пленке



Просветление оптики



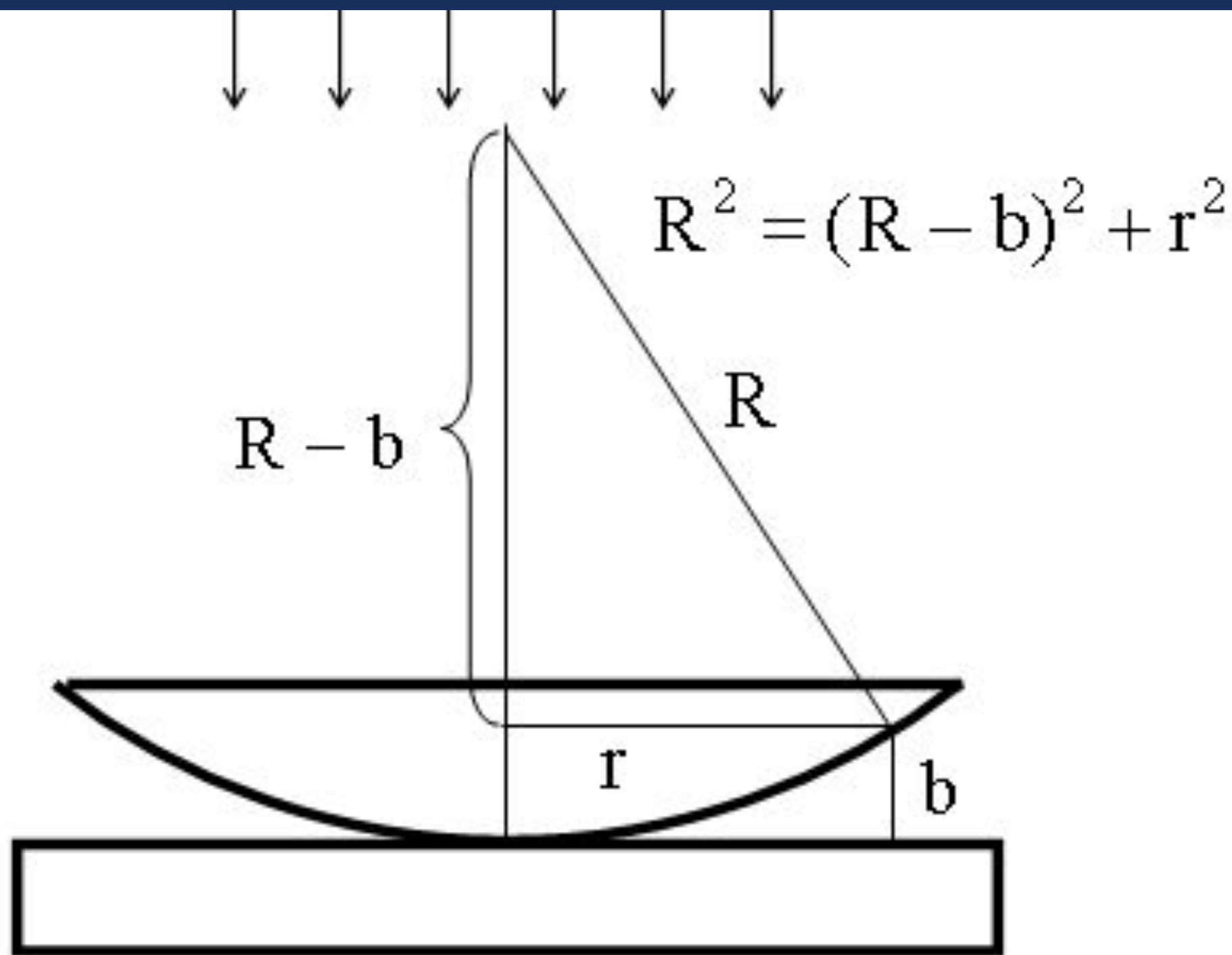




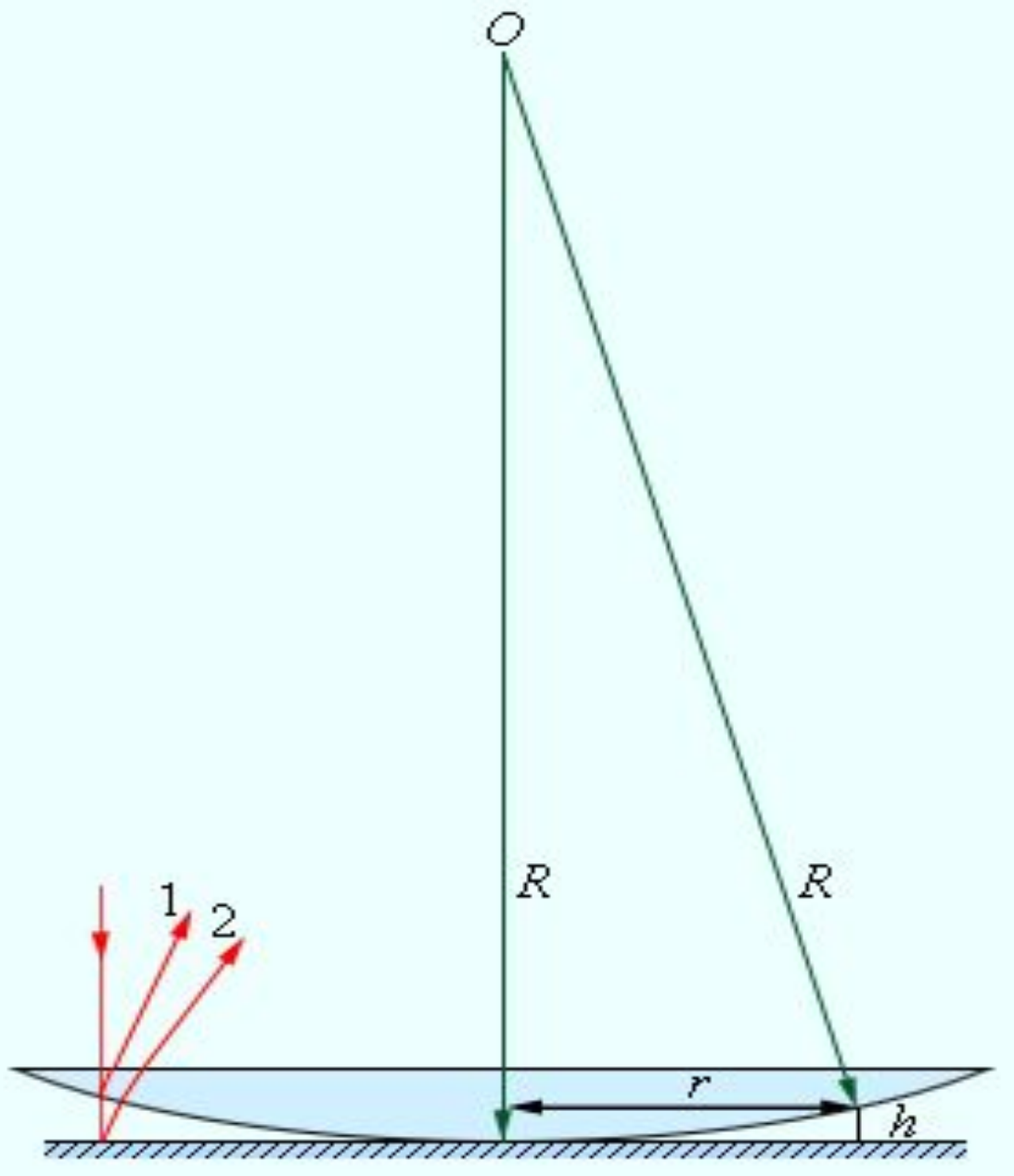


**Бритва  
удерживается на  
воде  
поверхностным  
натяжением  
нефтяной пленки.  
Цветные разводы  
возникают за счет  
интерференции —  
сложения  
световых волн,  
отраженных  
верхней и нижней  
поверхностями  
пленки.**





# 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.

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

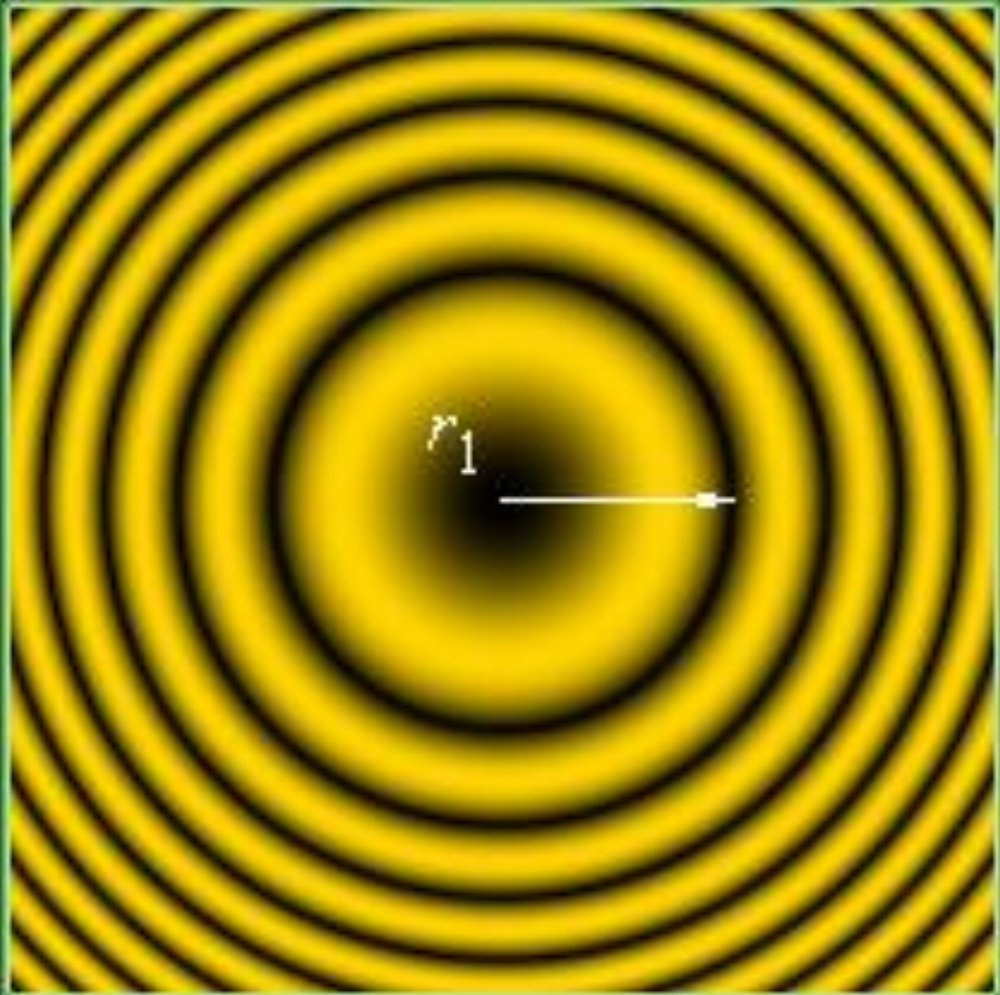
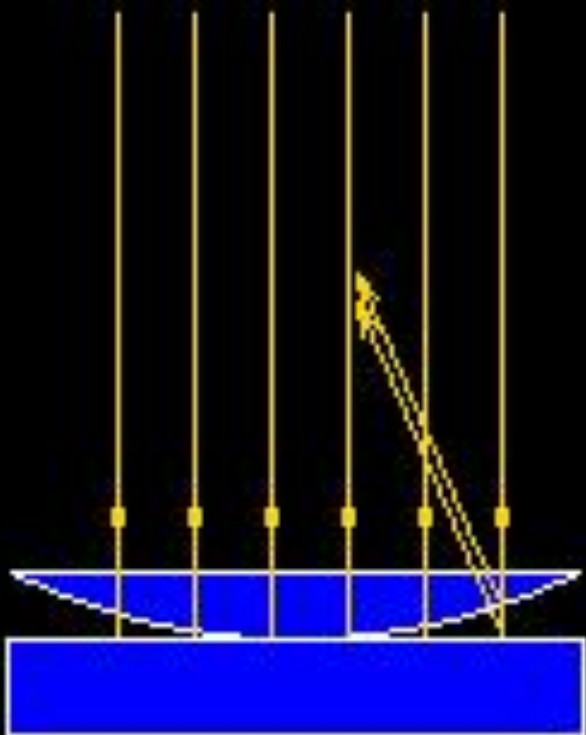
Оптическая разность хода

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

радиусы темных колец

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

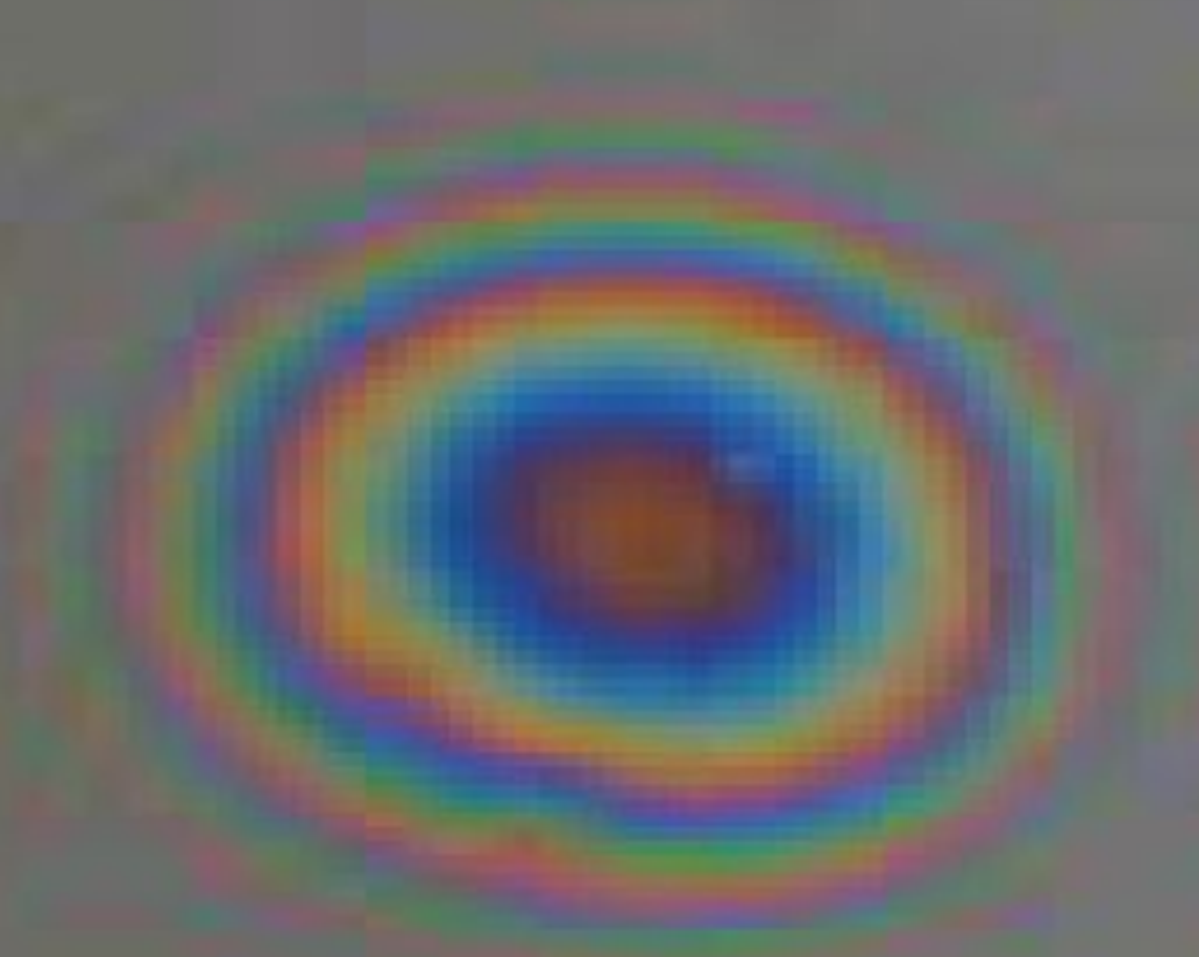
радиусы светлых колец





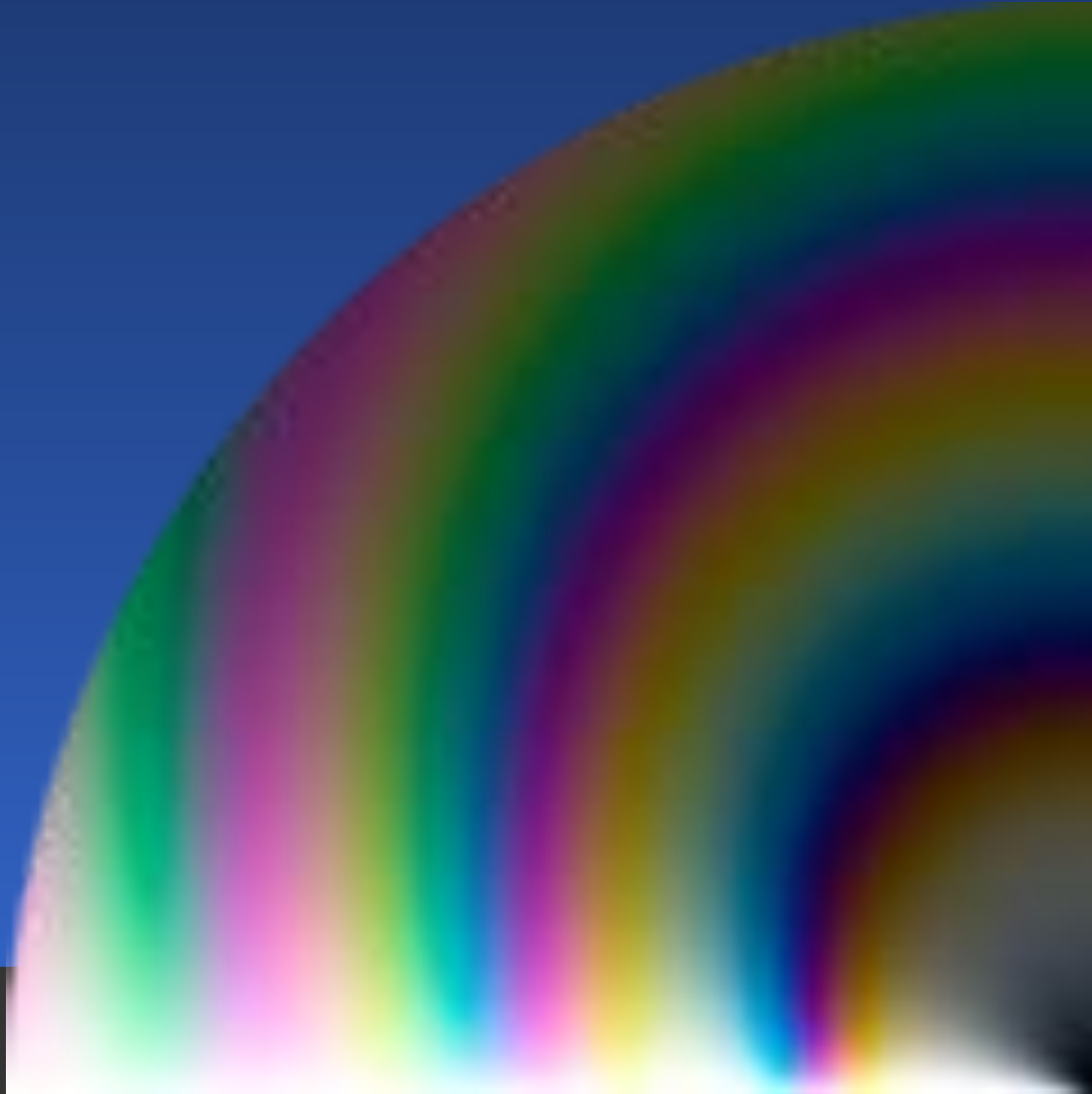


# Кольца Ньютона





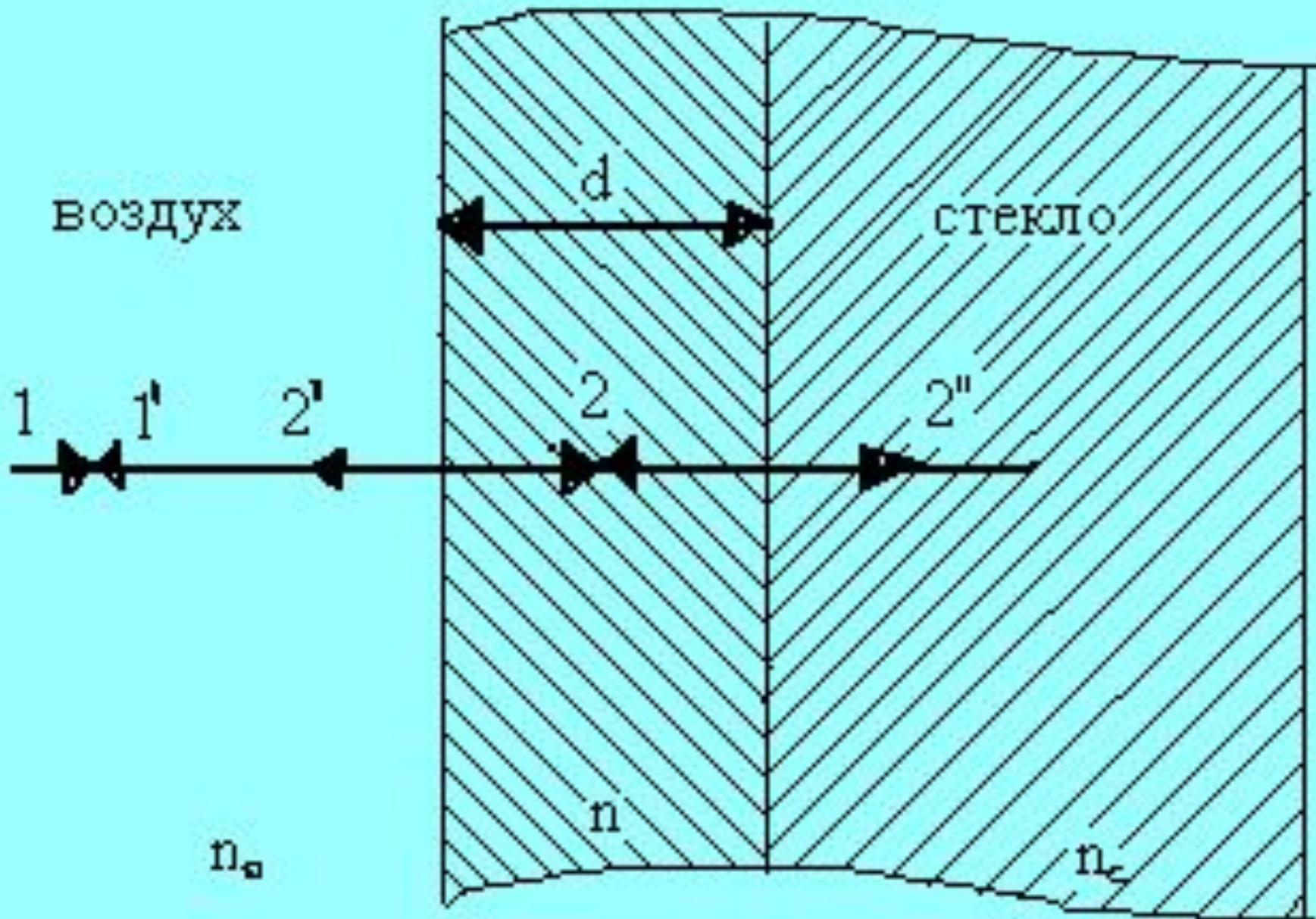
Цвета, возникающие при отражении тонкой пленкой воды, освещенной неполяризованным светом



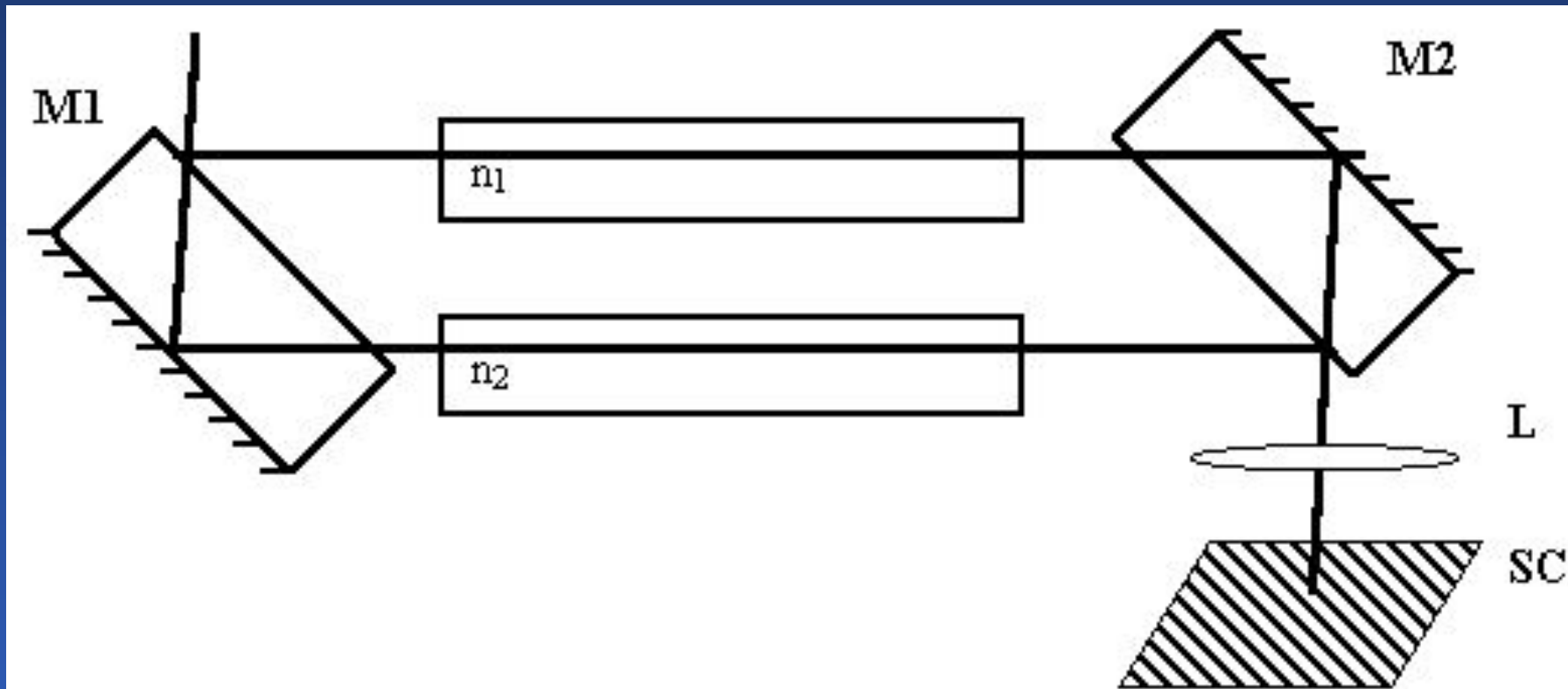


# Просветление оптики

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

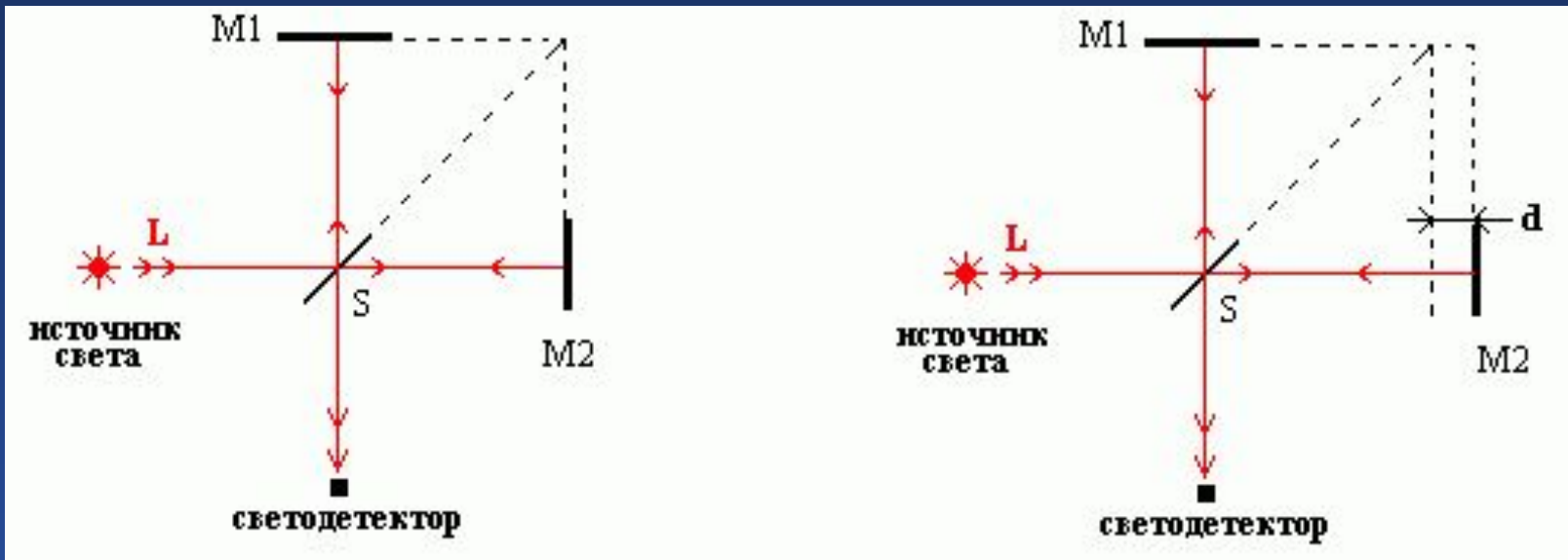


# Измерение показателя преломления вещества( интерферометр Жамена)

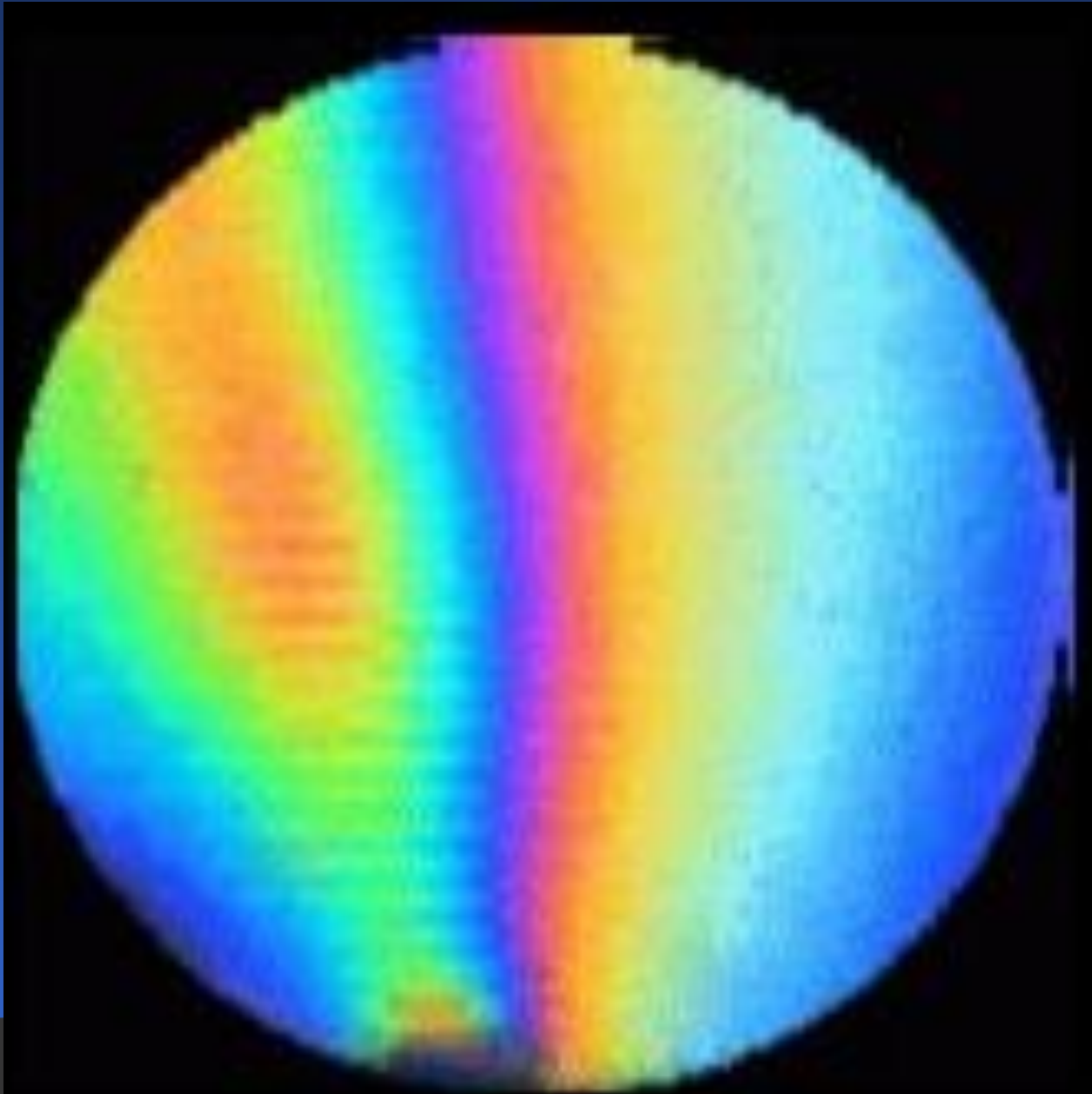




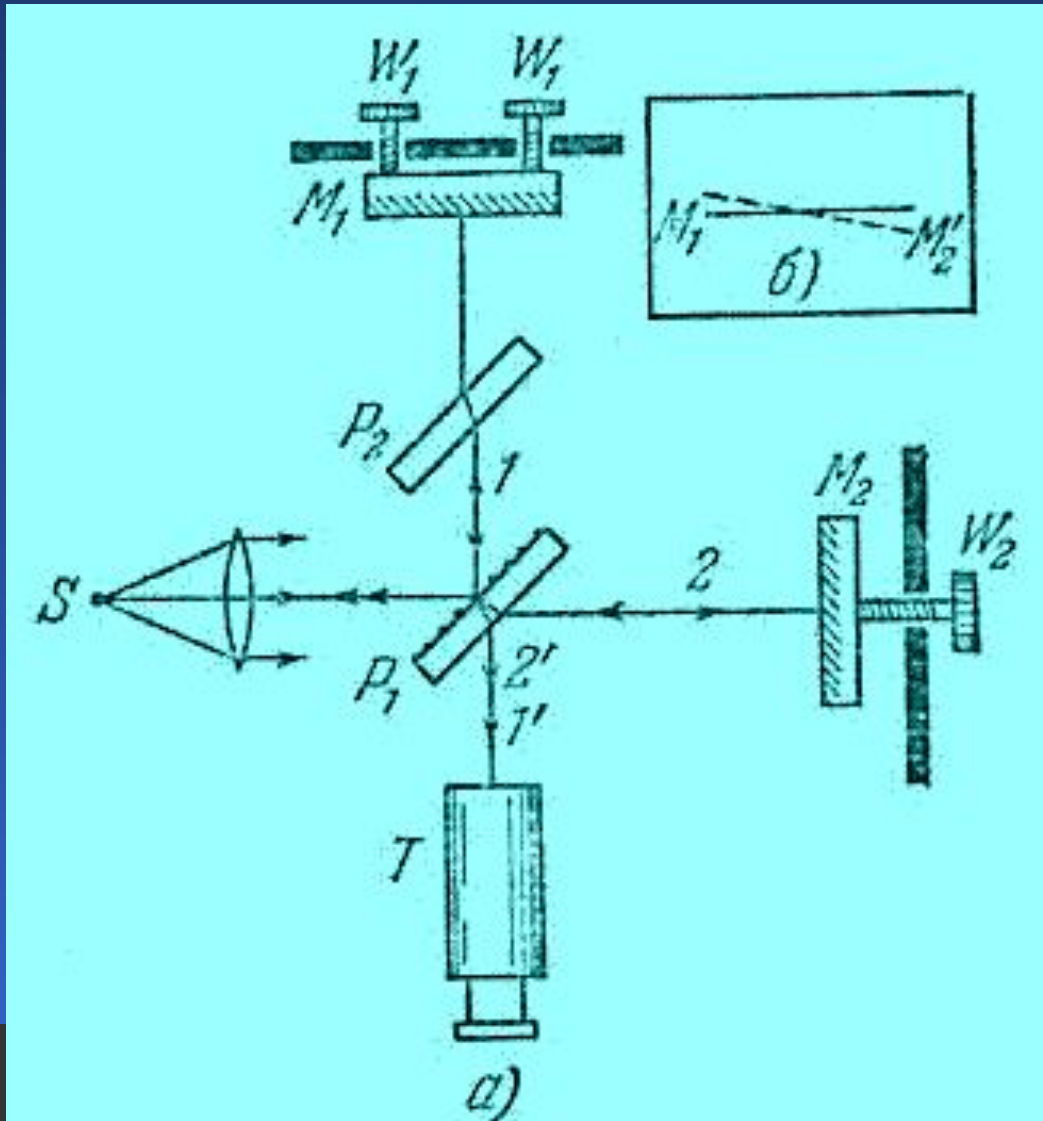
# Интерферометр Майкельсона



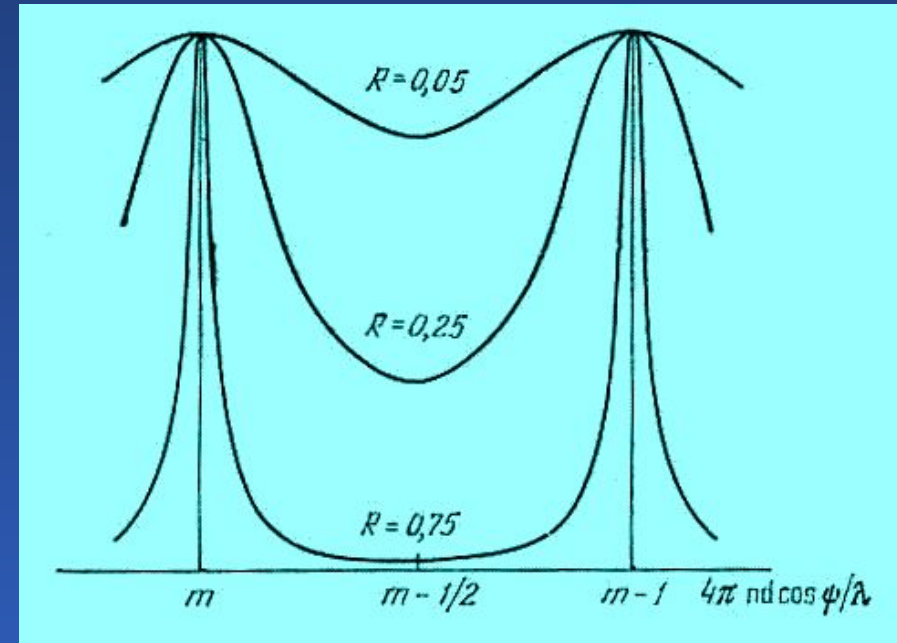
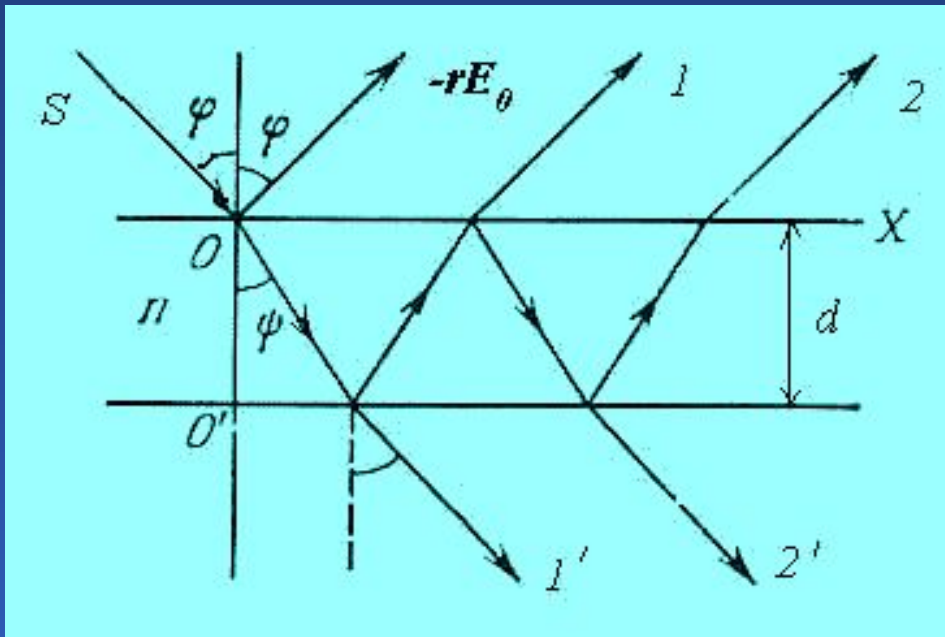
# Источник света – лампа накаливания



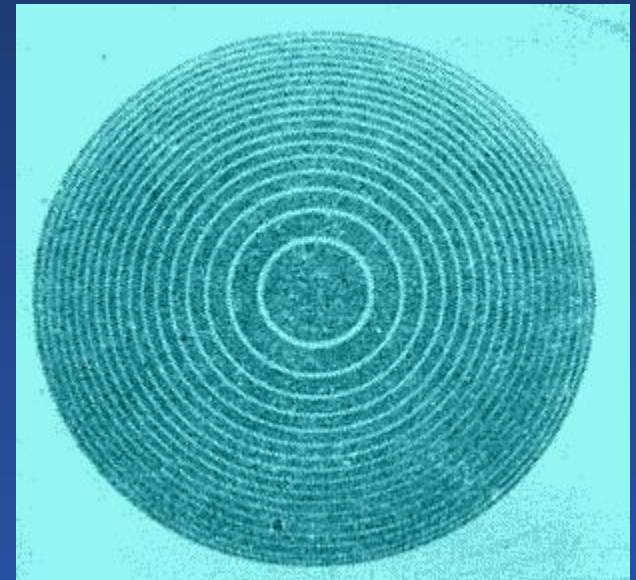
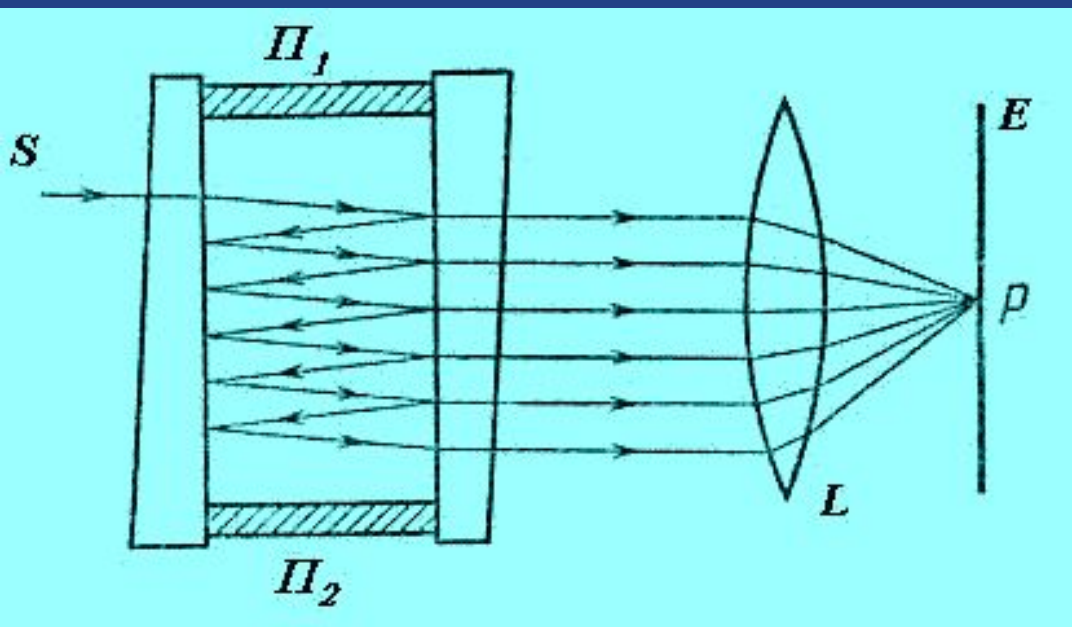
# Измерение углового размера источников излучения интерферометр Майкельсона



# Многолучевая интерференция



# Интерферометр Фабри-Перо





# Интерферометр Фабри-Перо

