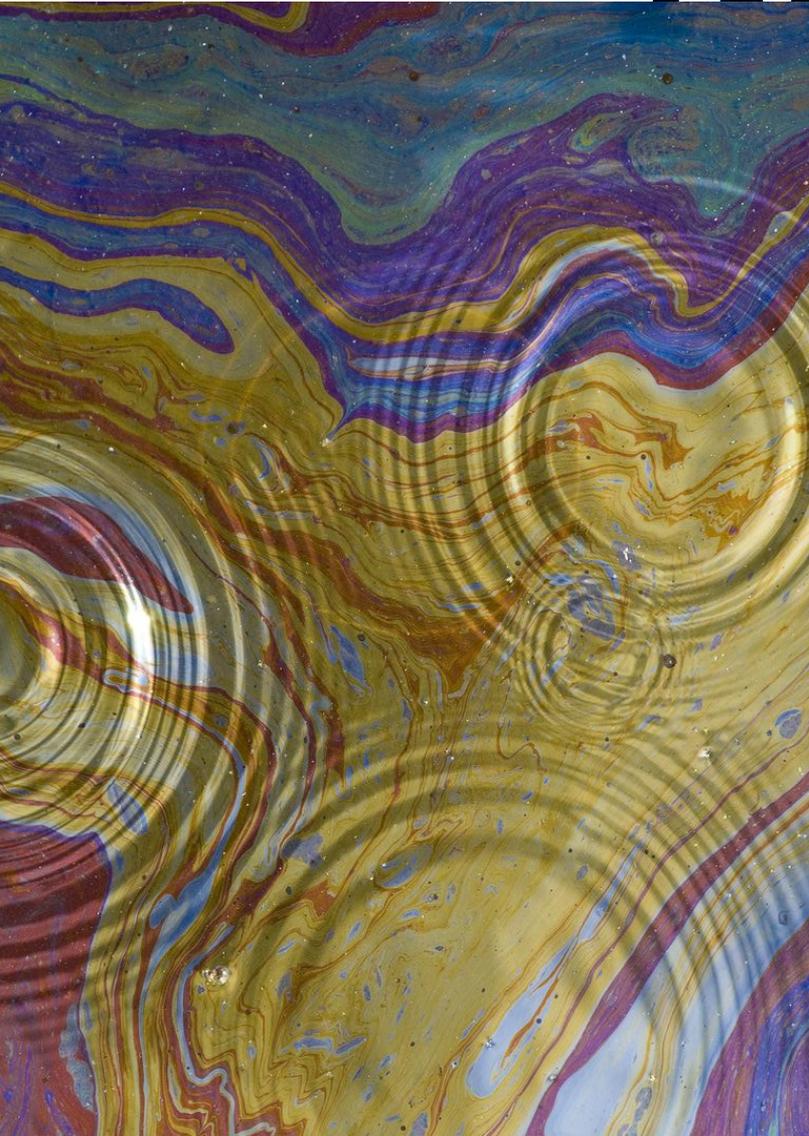
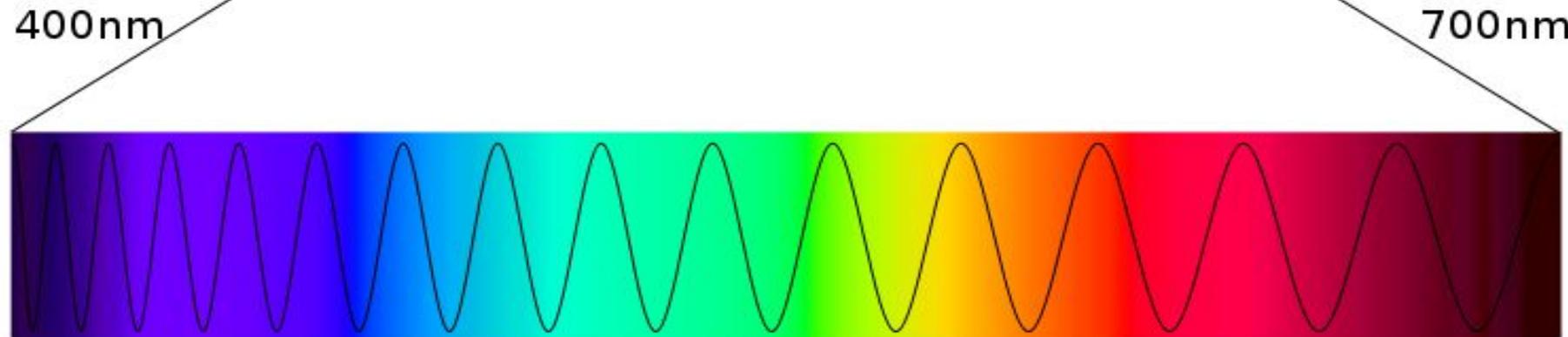
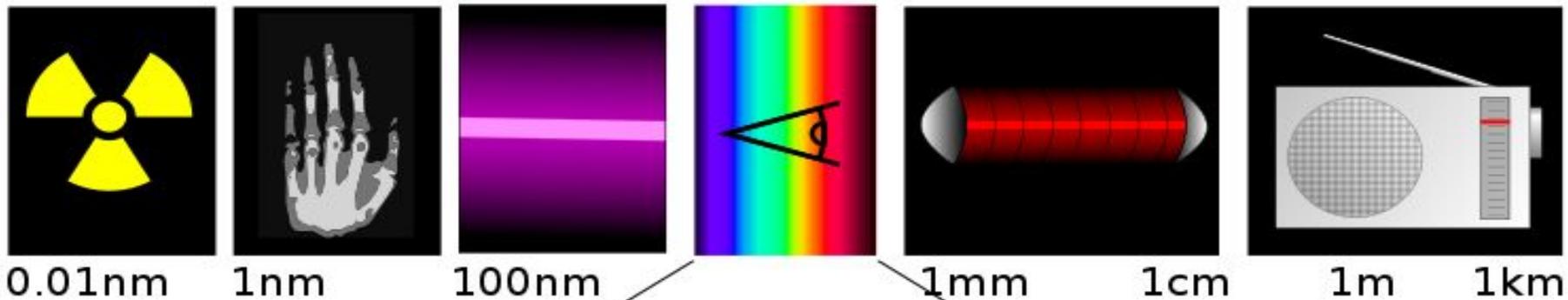


# ИНТЕРФЕРЕНЦ ИЯ СВЕТА



# Электромагнитные волны



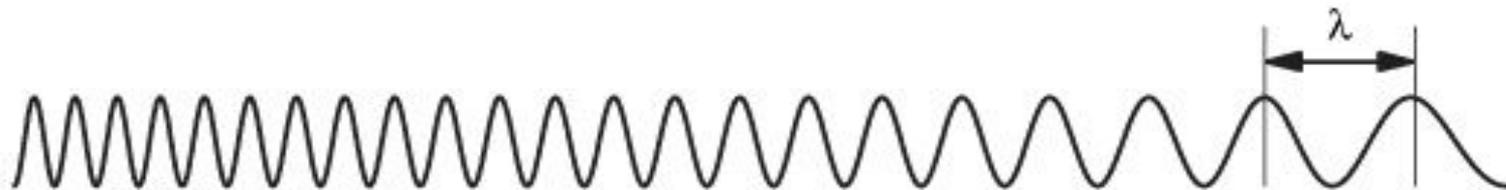
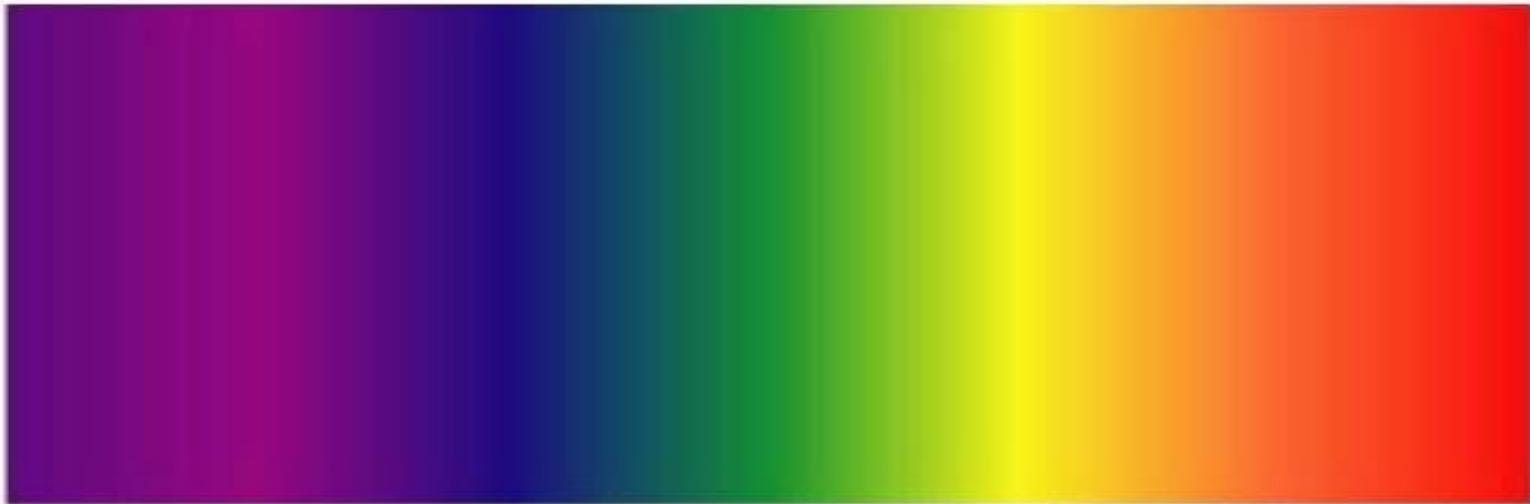
# 1. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

**Свет** – это электромагнитная волна, испускаемая сильно нагретыми телами, в диапазоне от 400 нм (для фиолетового света) до 750 нм (для красного света).

$400 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$750 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

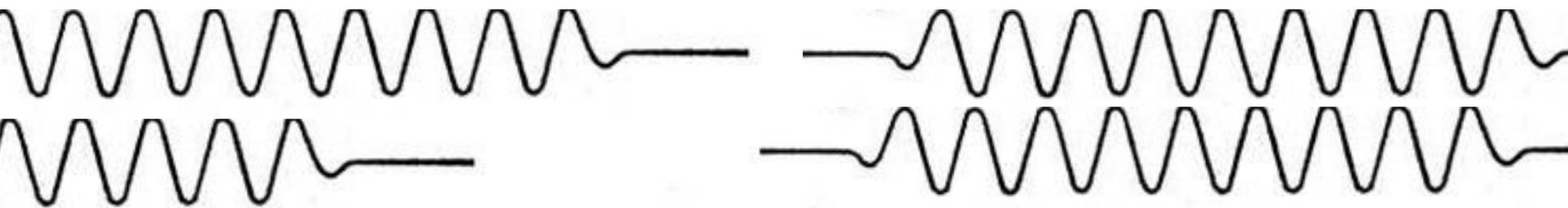


## 2. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТОВЫХ ВОЛН

**Когерентными** называются волны, удовлетворяющие условиям:

- Монохроматичность (постоянная частота или длина волны);
- Постоянная разность фаз;
- Одинаковое направление волнового вектора.

Волны, излучаемые двумя независимыми источниками всегда **Некогерентны.**



Волны излучаются атомами в виде коротких импульсов – **волновых цугов** длительностью  $\sim 10^{-8}$  с.

# 3. Интерференция

**Интерференция** – пространственное перераспределение световой энергии, наблюдаемое при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других – минимумы интенсивности.

Рассмотрим две когерентные световые волны:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \qquad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

$x$  – напряженность электрического поля  $E$  или магнитного поля  $H$ ,

$A$  – амплитуда напряженности.

При сложении двух волн, амплитуда результирующего колебания в данной точке, равна:  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

$\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$  - постоянен для данной точки пространства, т.к. волны когерентны

Интенсивность волны (яркость света) пропорциональна квадрату амплитуды:

$$I \approx A^2$$

Тогда 
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

а

$I > I_1 + I_2$  есл  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$  - усиление  
и интенсивности

$I < I_1 + I_2$  есл  $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$  - ослабление  
и интенсивности

Максимальное усиление интенсивности (условие максимума)

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1 \quad (\varphi_2 - \varphi_1) = 0$$

наблюдается при или

Максимальное ослабление интенсивности (условие минимума)

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1 \quad (\varphi_2 - \varphi_1) = \pi$$

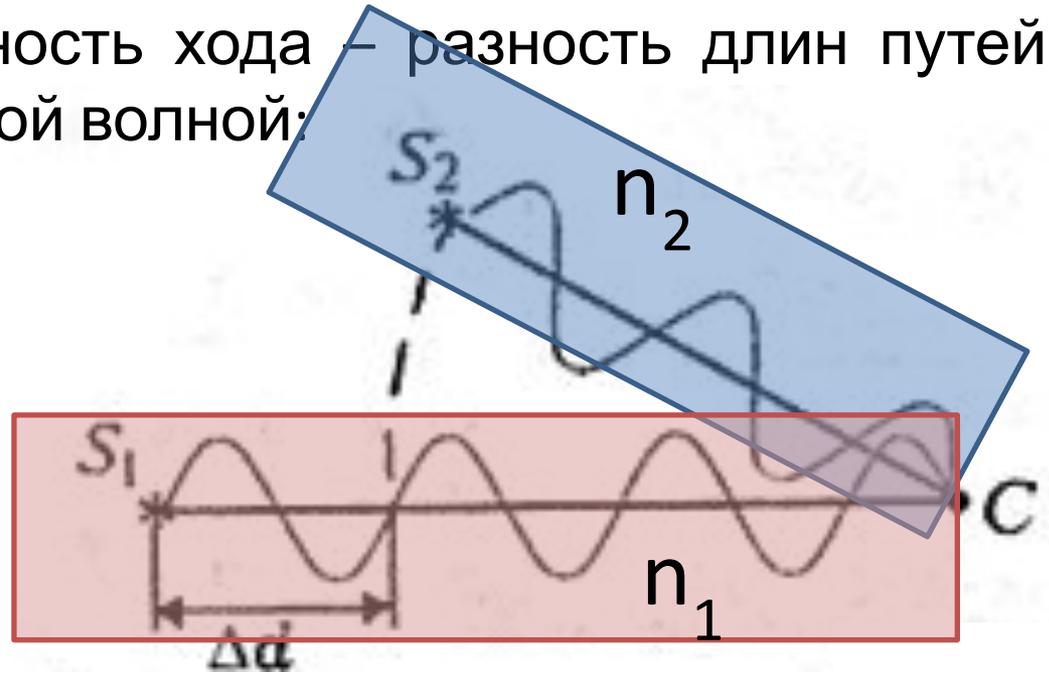
наблюдается при или

## Свяжем разность фаз с разностью хода волн:

$\Delta d$  – геометрическая разность хода – разность длин путей пройденных первой и второй волной:

$$\Delta d = S_1 C - S_2 C$$

Если свет распространяется в прозрачной среде, то длина волны укорачивается в  $n$  раз, где  $n$  – показатель преломления среды.



Оптическая длина пути – это произведение геометрической длины пути на показатель преломления данной среды.

$\Delta$  – оптическая разность хода – разность оптических длин путей пройденных первой и второй волной:

$$\Delta = S_1 C \cdot n_1 - S_2 C \cdot n_2$$

**Максимальное усиление** интенсивности света (условие максимума) наблюдается, если оптическая разность хода составляет целое число длин волн

$$\Delta = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

$$\delta = (\varphi_2 - \varphi_1) = 2m\pi$$

**Условие  
максимума**

**Максимальное ослабление** интенсивности света (условие минимума) наблюдается, если оптическая разность хода составляет полуцелое число длин волн (или нечетное число полуволн):

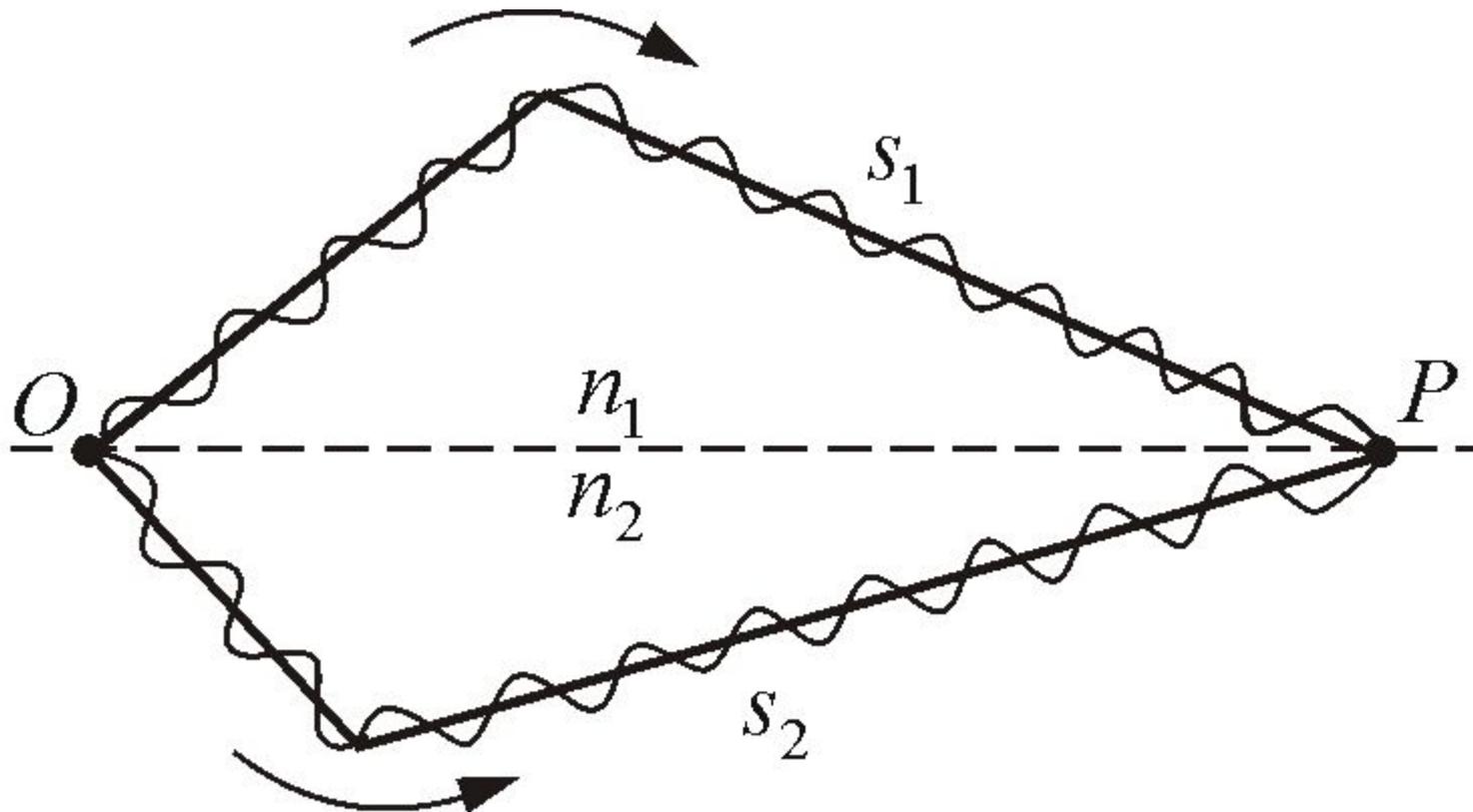
$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

$$\delta = (\varphi_2 - \varphi_1) = (2m + 1)\pi$$

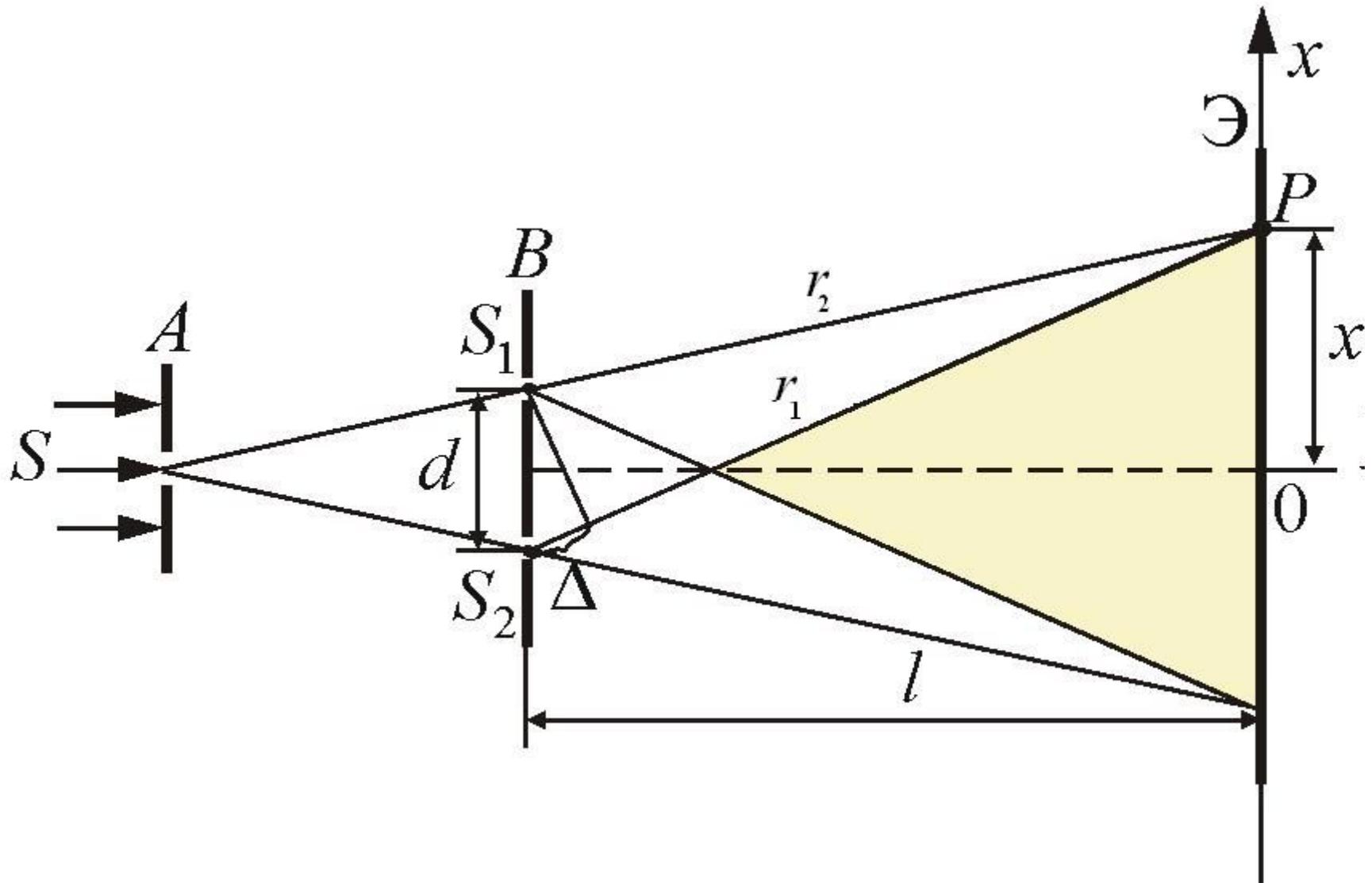
**Условие  
минимума**

# 4. Методы наблюдения интерференции

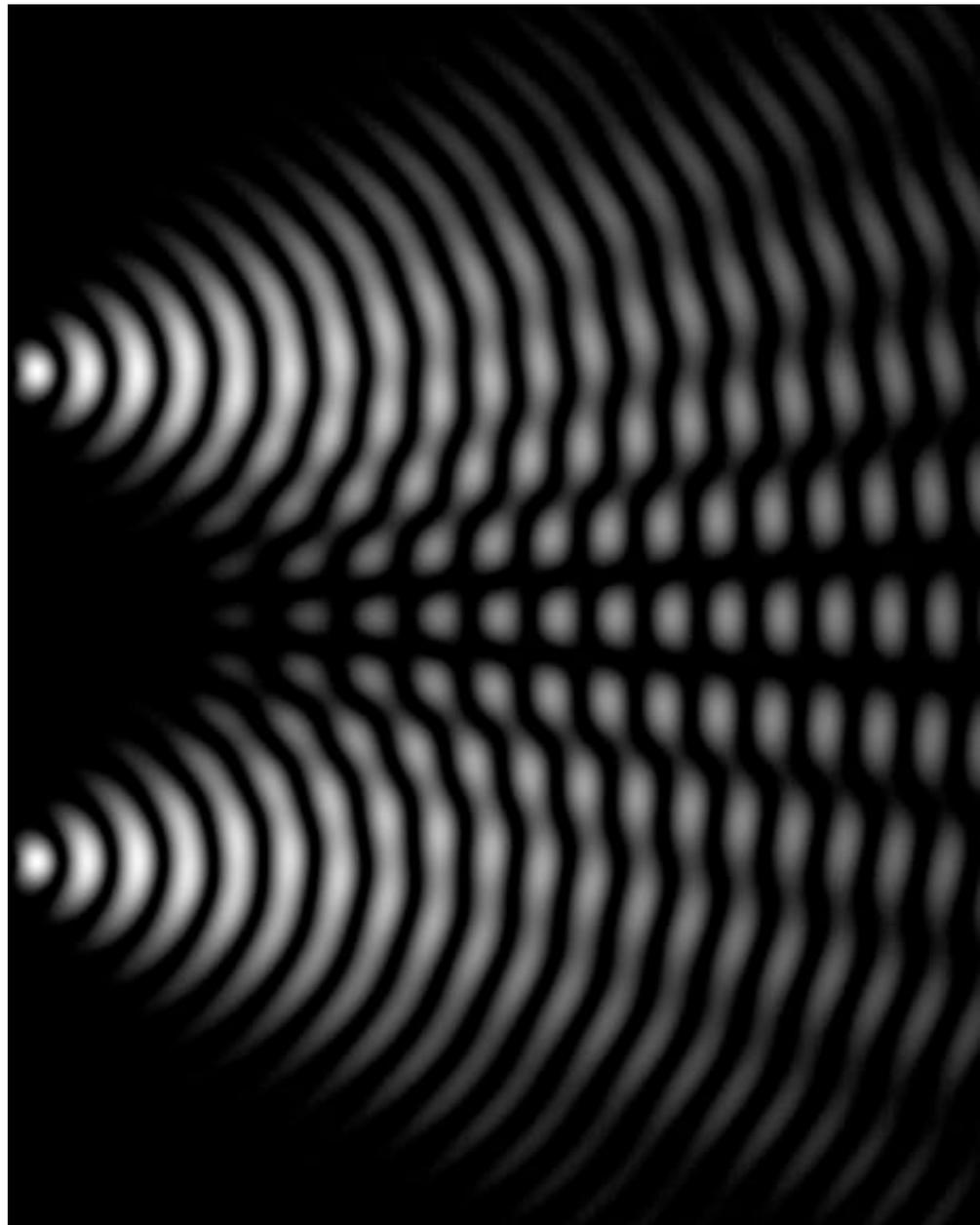
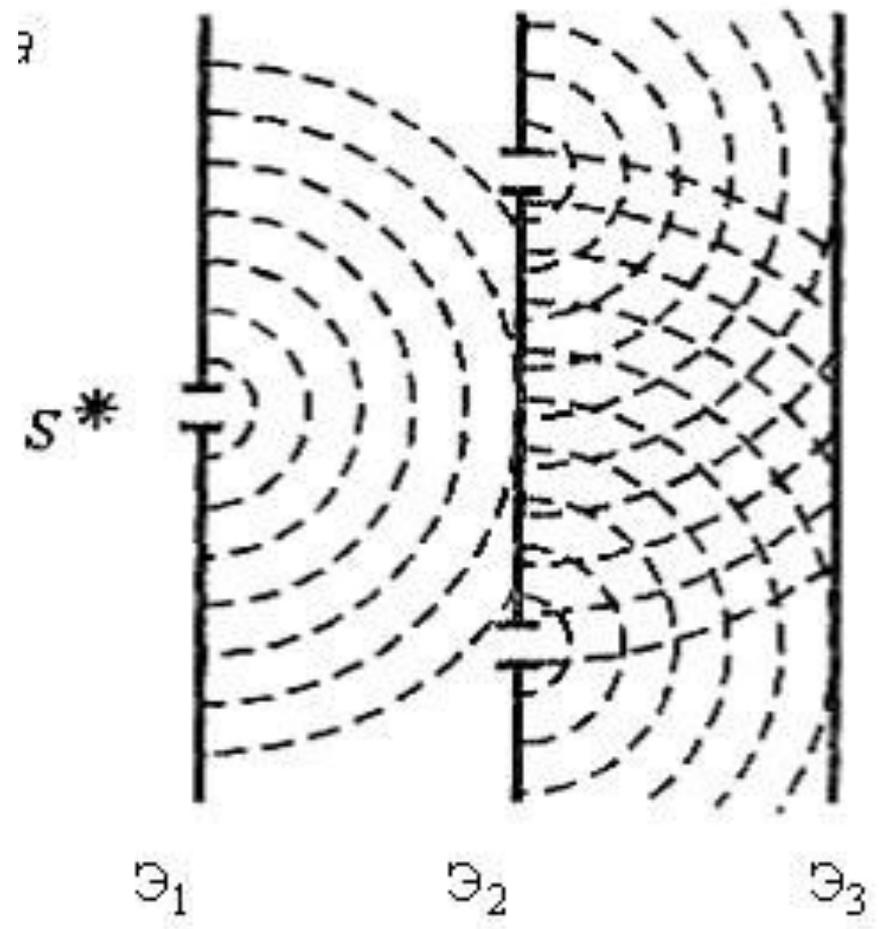
Для получения когерентных волн применяют **метод** **разделения волны**, излученной одним источником, на две части, которые после прохождения разных оптических путей, накладываются друг на друга.

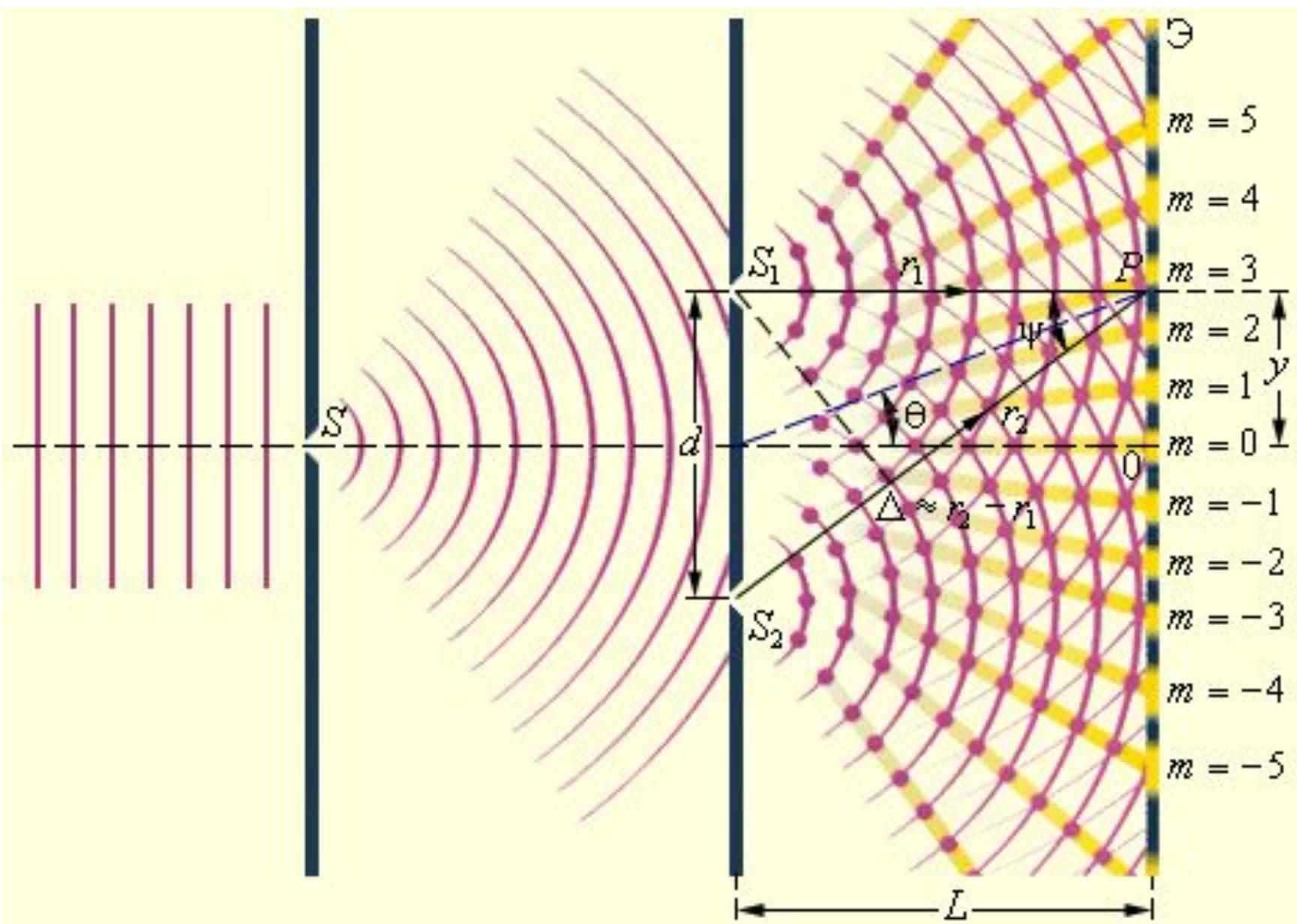


# A) Метод Юнга:



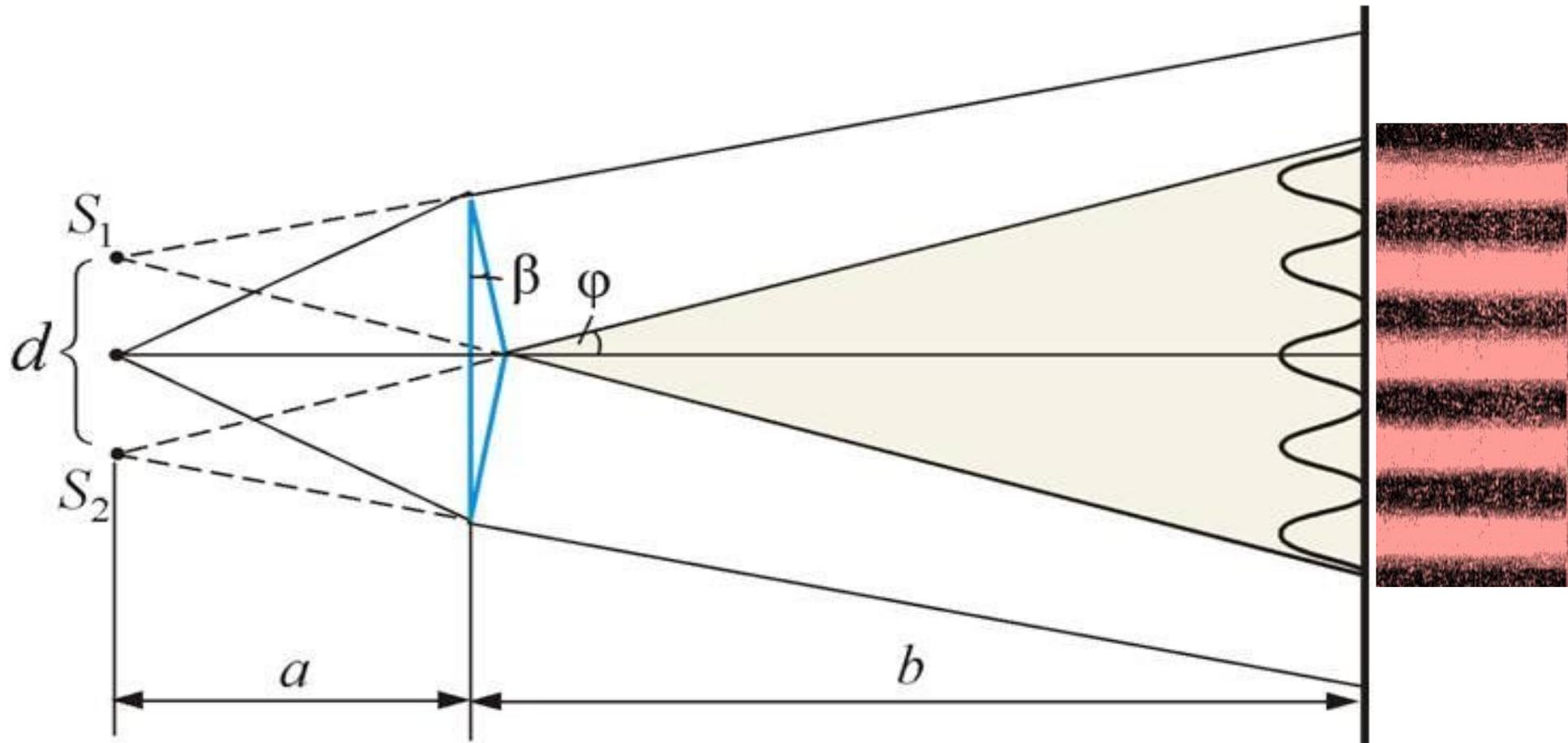
Узкие щели  $S_1$  и  $S_2$  – когерентные источники света





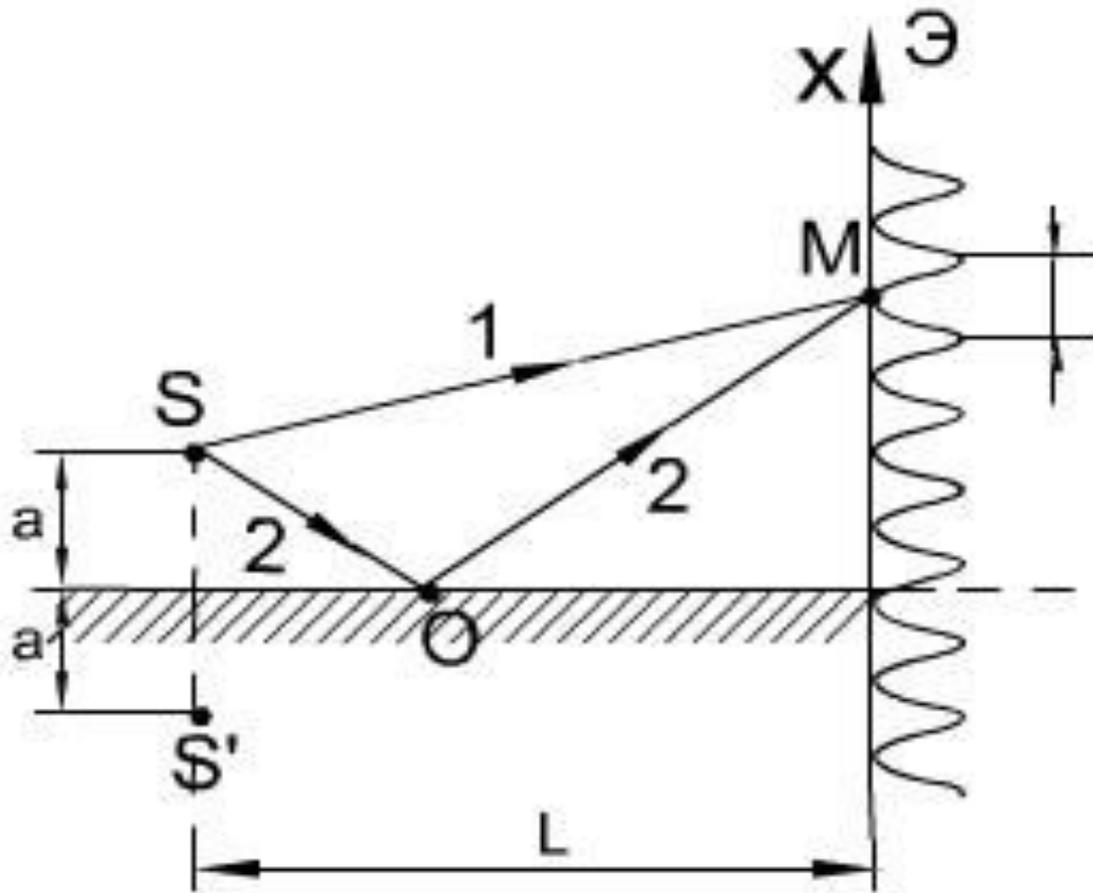


## Б) Бипризма Френеля:



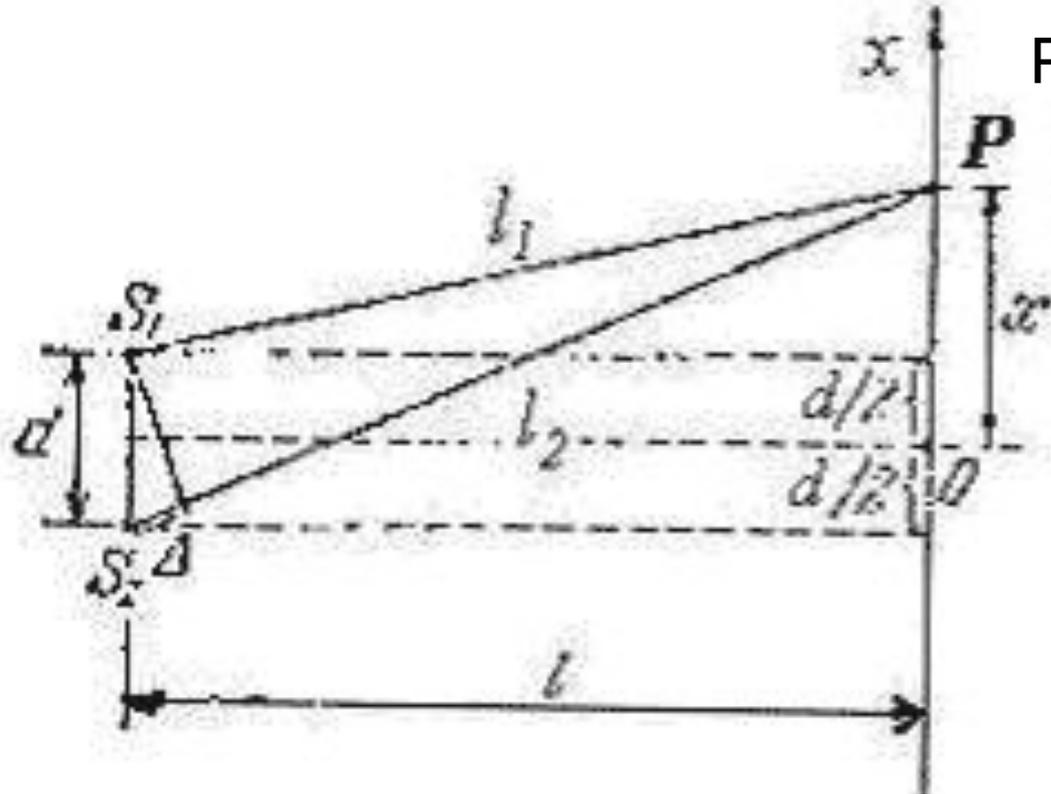
Мнимые изображения источника света  $S_1$  и  $S_2$  – когерентные источники света

## В) Зеркало Ллойда:



Источник света  $S$  и его мнимое изображение в зеркале  $S'$  – когерентные источники света.

# 5. Расчет интерференционной картины от двух источников



Разность хода волн в точке P:

$$\Delta = l_2 - l_1$$

$$l_1^2 = l^2 + (x - d/2)^2$$

$$l_2^2 = l^2 + (x + d/2)^2$$

$$l_2^2 - l_1^2 = 2xd$$

$$\Delta = l_2 - l_1 = \frac{2xd}{l_1 + l_2}$$

$$\Delta = \frac{xd}{l} \quad x = \frac{\Delta \cdot l}{d}$$

$x$  – расстояние от центра экрана  $O$  до точки  $P$ ,

$d$  – расстояние между источниками,  
 $L$  – расстояние от источников до экрана,  $L \gg d$ ,  $L_1 + L_2 \approx 2L$

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

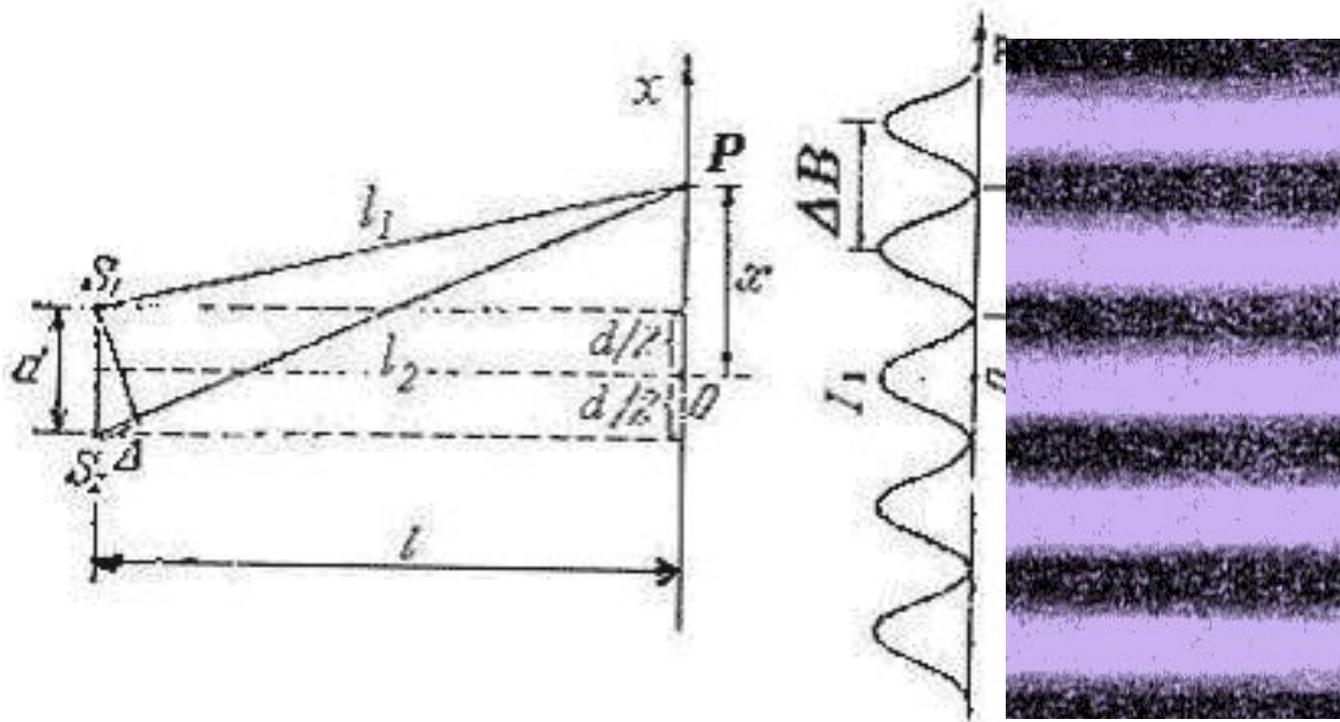
Максимумы наблюдаются в точках экрана, где разность хода  $\Delta$  равна целому числу длин волн:

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

$m$  – целое число - порядок максимума

Минимумы наблюдаются в точках экрана, где разность хода  $\Delta$  равна нечетному числу полуволн:

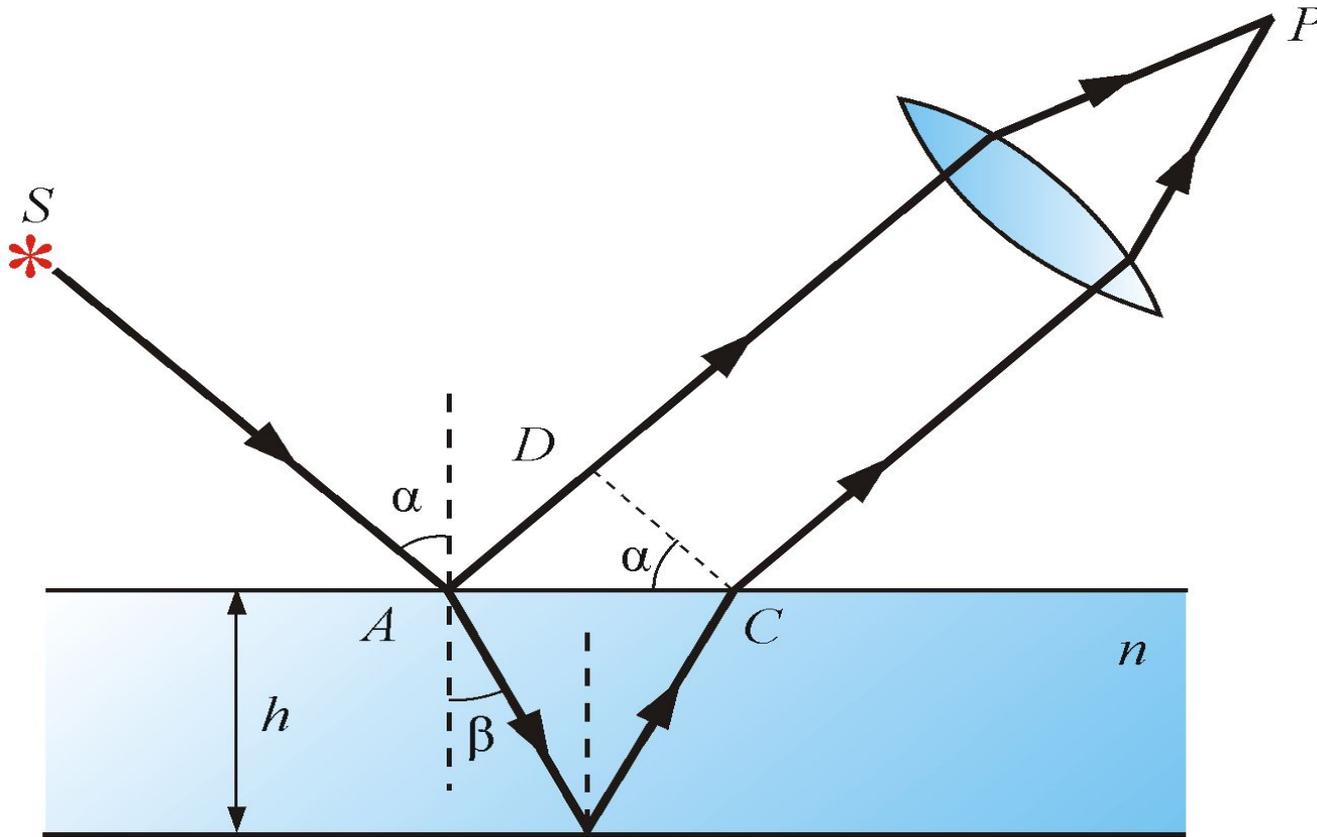
$$x_{\min} = \pm \frac{l}{d} (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$



Интерференционная картина от двух когерентных источников представляет собой чередование светлых полос, разделенных темными промежутками, находящимися на одинаковом расстоянии друг от друга. Картина имеет четкие границы.

# 6. Классические примеры наблюдения интерференции

I. Интерференция в тонких пленках – пример полос равного наклона



$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda}{2} \quad - \text{оптическая разность хода волн в тонких пленках}$$

Полосы равного наклона – интерференционные полосы, возникающие в результате наложения лучей, падающих на плоскопараллельную пластинку под одинаковыми углами.

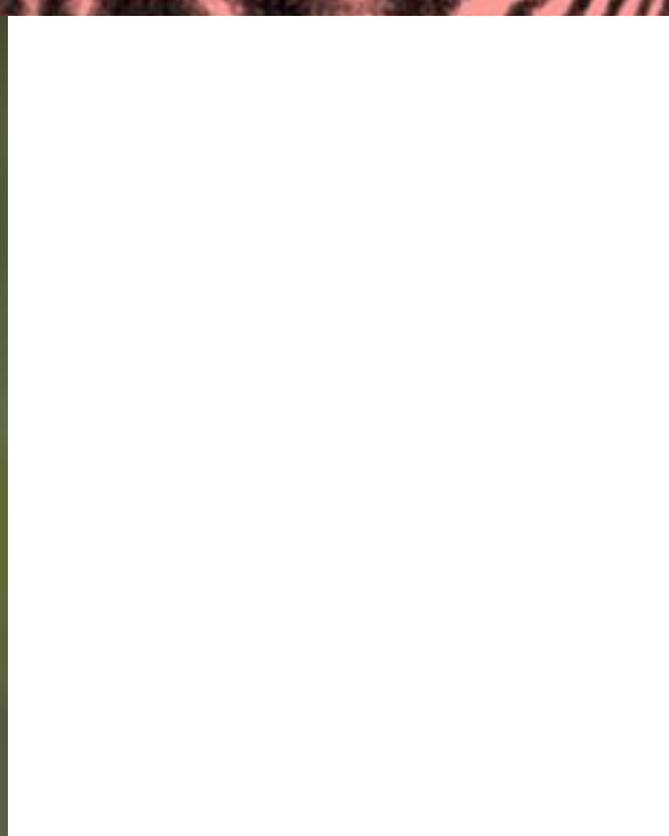


# Мыльный пузырь

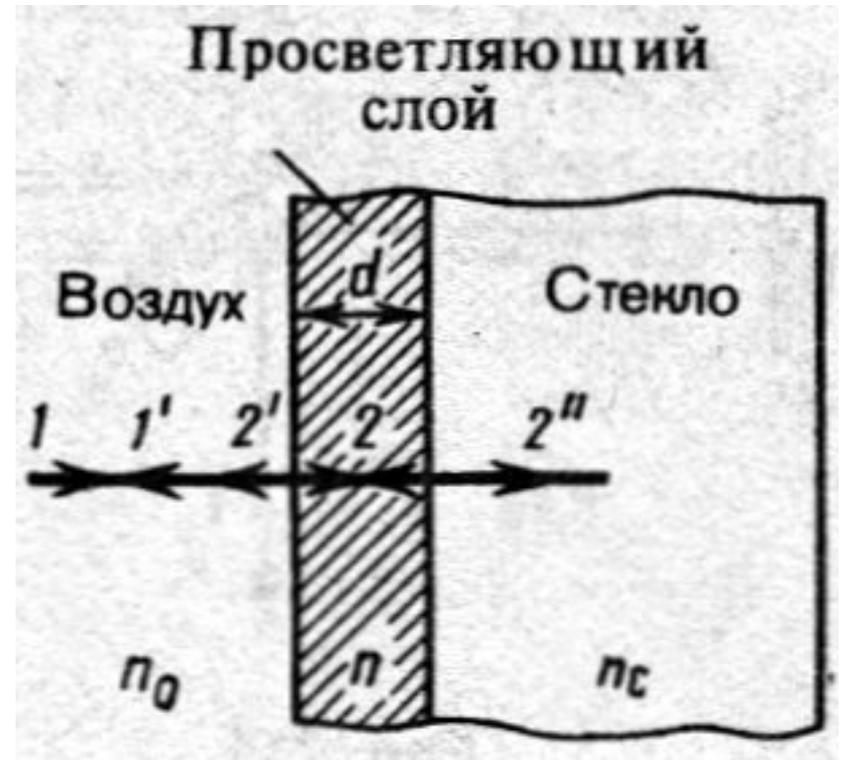
T 30.5

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА,  
ОТРАЖЕННОГО  
ОТ МЫЛЬНОГО ПУЗЫРЯ



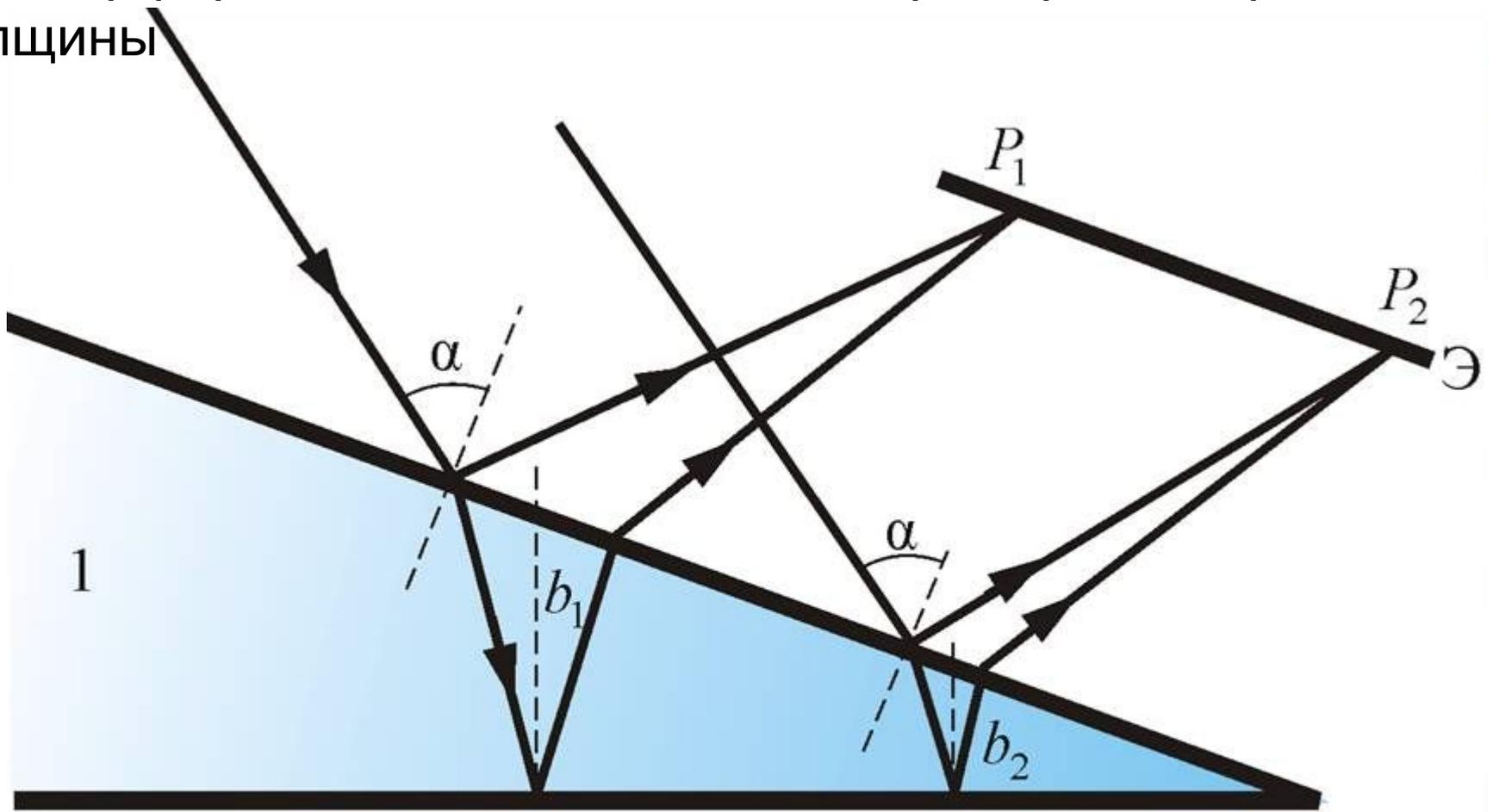


# Просветление оптики – практическое применение интерференции в тонких пленках.

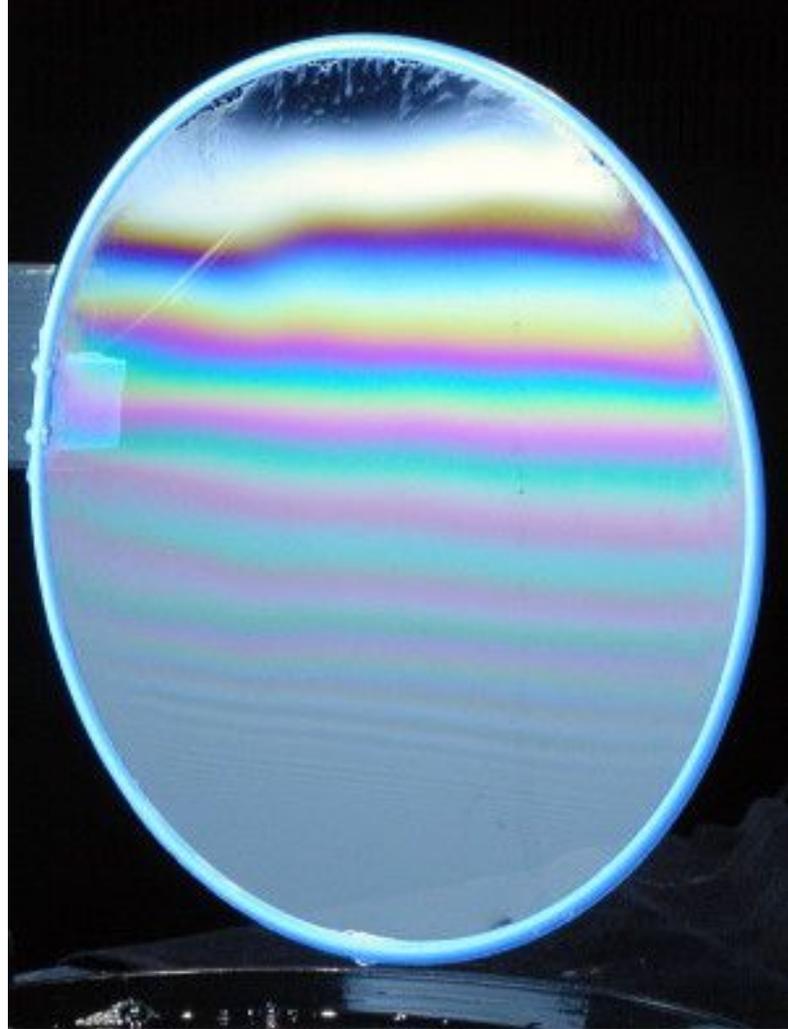
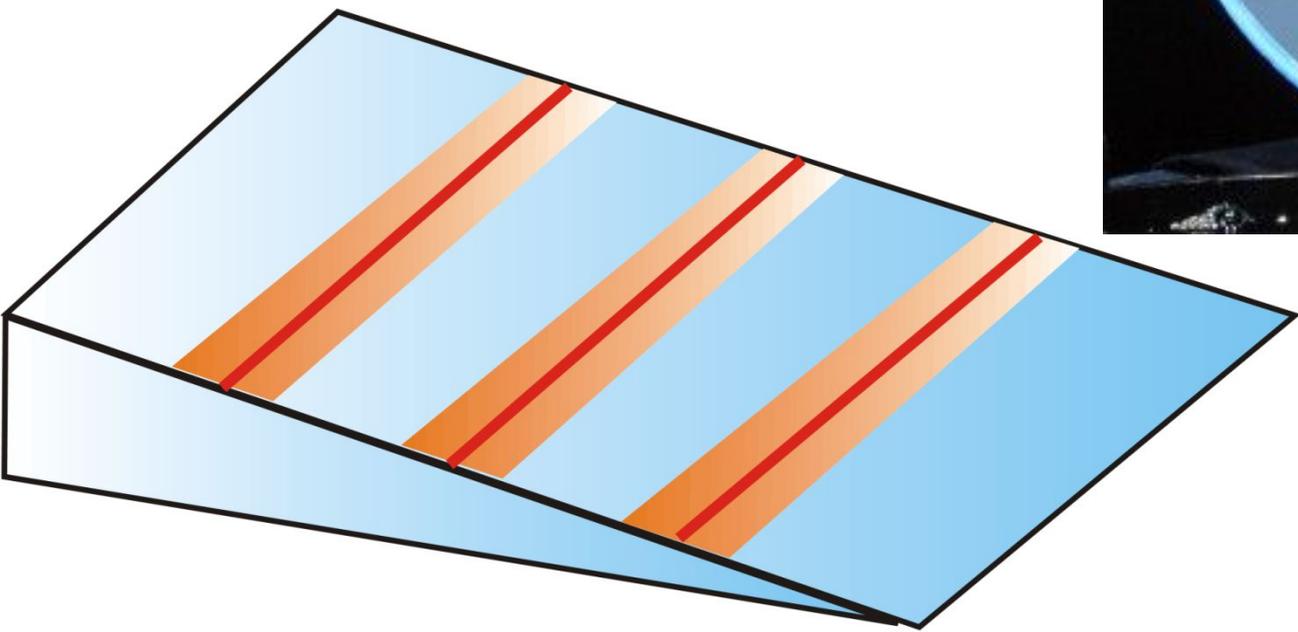


Просветление оптики — это нанесение на поверхность линз, граничащих с воздухом, тончайшей плёнки или нескольких плёнок одна поверх другой. Это необходимо для увеличения светопропускания оптической системы. Показатель преломления таких плёнок меньше показателя преломления стёкол линз.

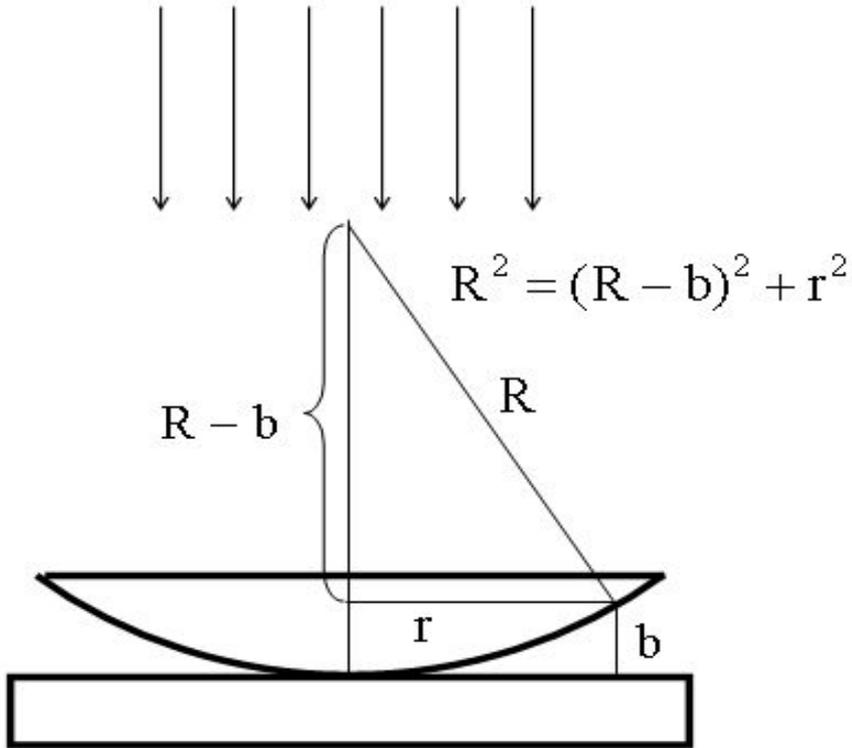
## II. Интерференция на тонком клине – пример полос равной толщины



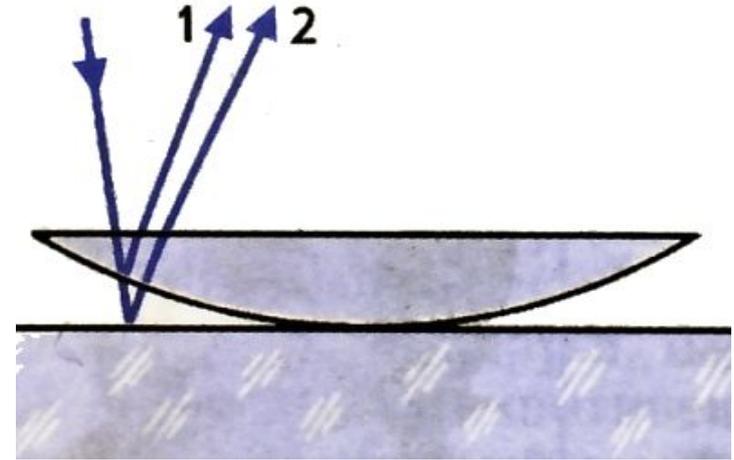
Полосы равной толщины – интерференционные полосы, возникающие в результате наложения лучей от мест одинаковой толщины.



### III. Кольца Ньютона – пример полос равной



Интерференция в отраженном свете:



$m = 1, 2, 3, \dots$  – номер кольца,  
 $n$  – показатель преломления среды вокруг линзы

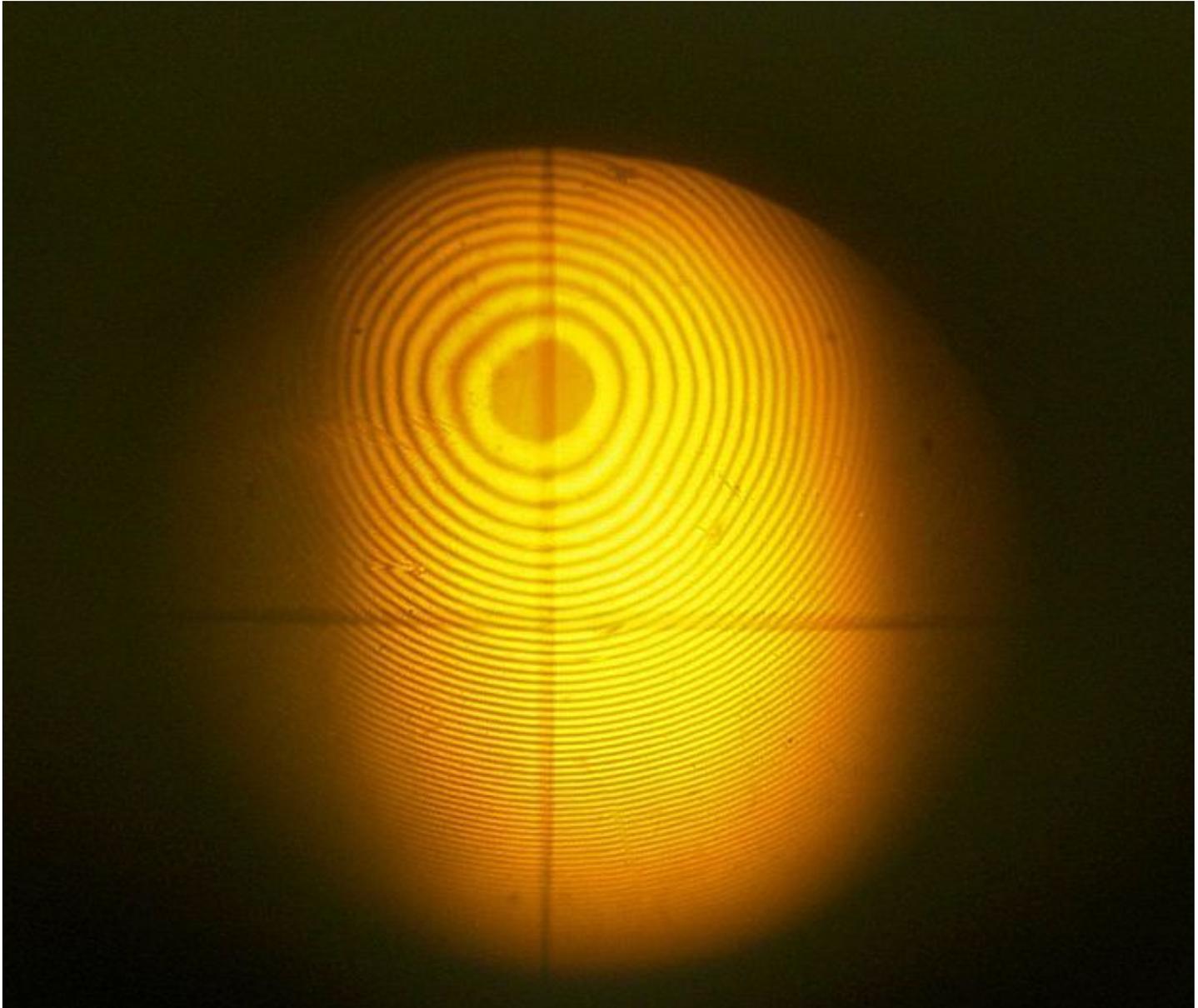
$$r_m = \sqrt{\frac{m\lambda R}{n}}$$

- радиусы темных колец в отраженном свете  
(светлых колец в проходящем свете)

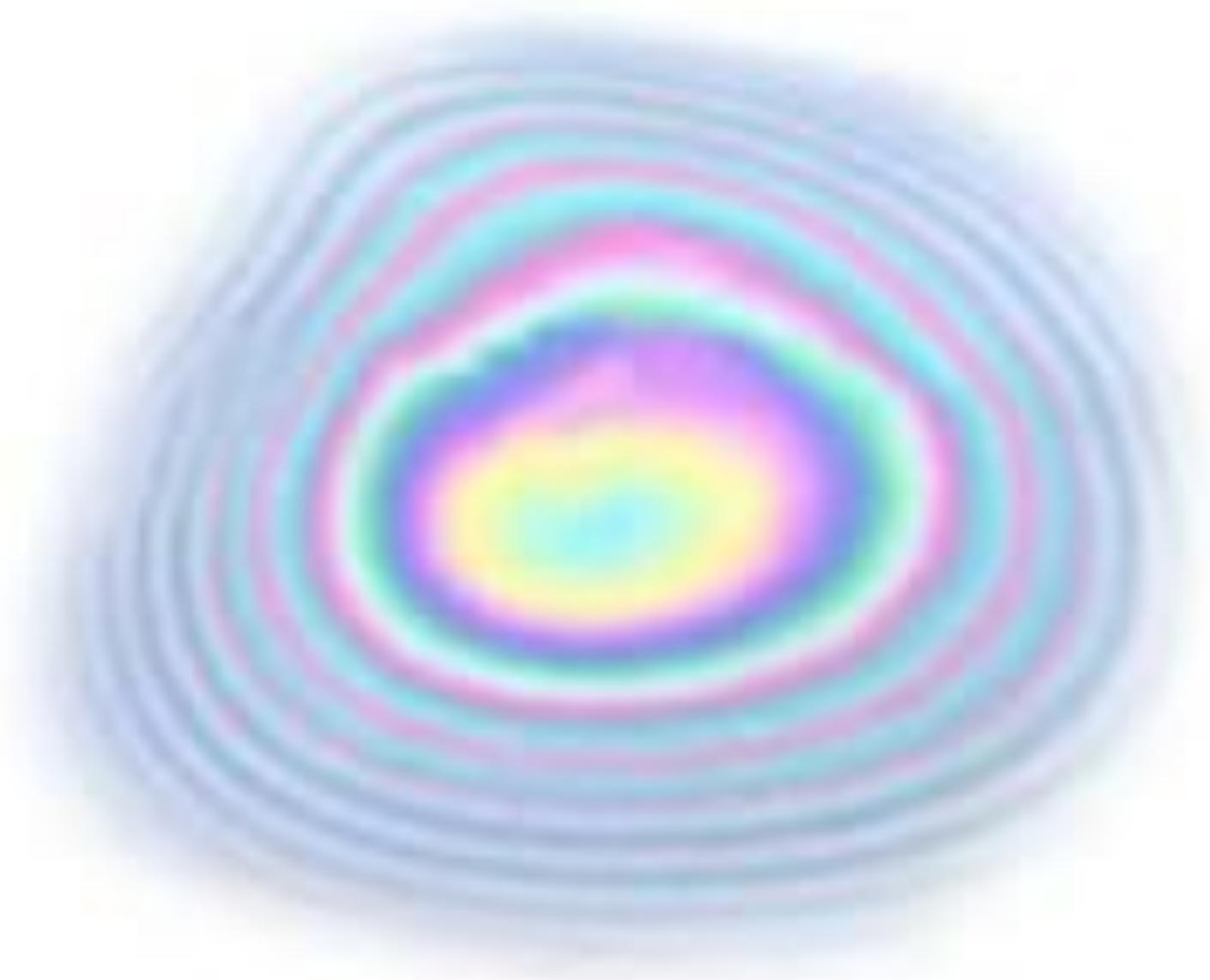
$$r_m = \sqrt{\frac{(m - \frac{1}{2})\lambda R}{n}}$$

- радиусы светлых колец в отраженном свете  
(темных колец в проходящем свете)

Кольца Ньютона в отраженном монохроматическом (желтом) свете (в центре – интерференционный минимум- темное пятно):



Кольца Ньютона в отраженном белом свете (центр колец темный):



Кольца Ньютона в проходящем монохроматическом (зеленом) свете (центр колец светлый):





