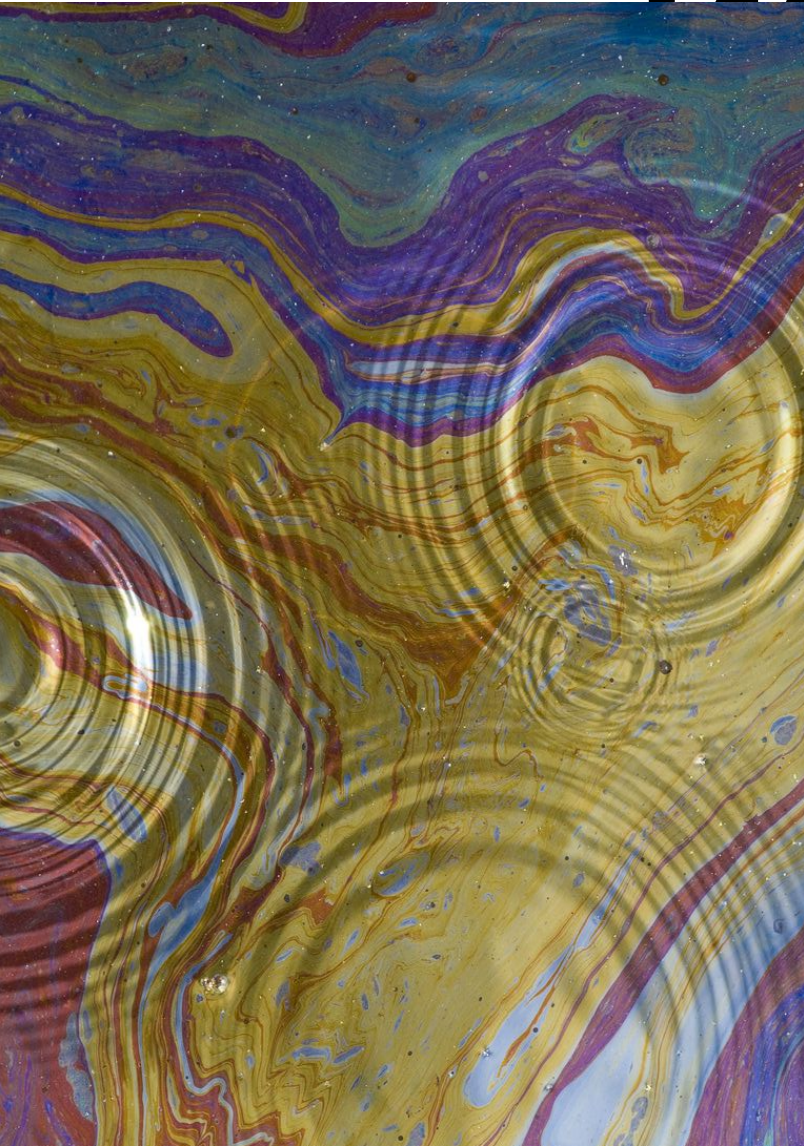
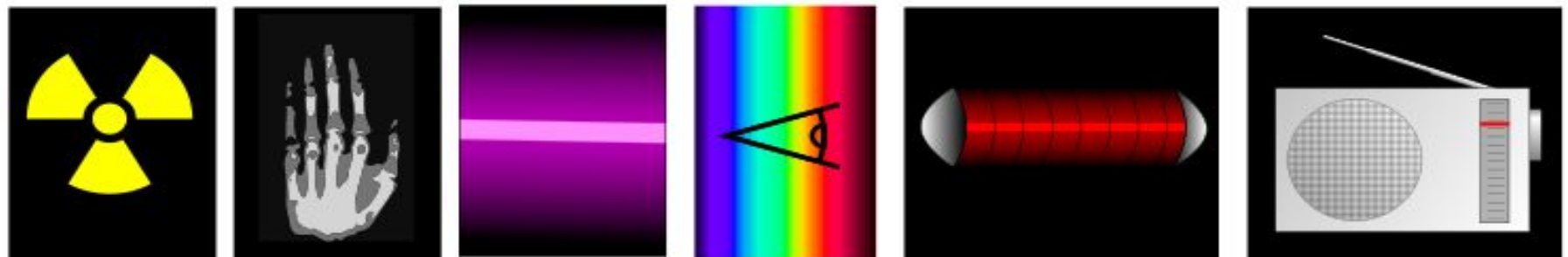


ИНТЕРФЕРЕНЦ ИЯ СВЕТА



Электромагнитные волны



0.01nm

1nm

100nm

1mm

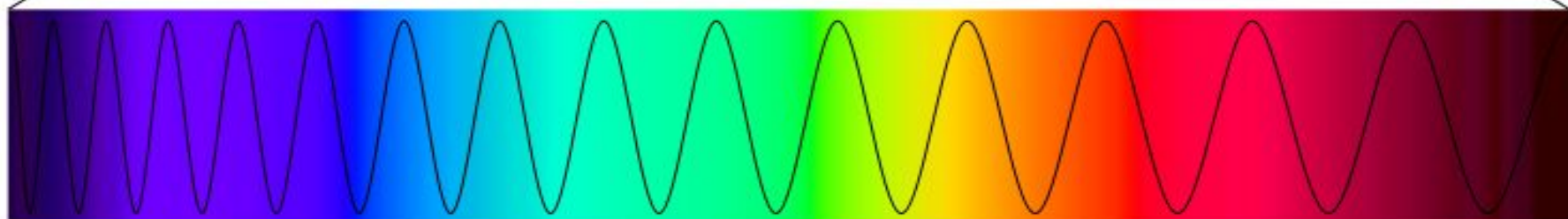
1cm

1m

1km

400nm

700nm



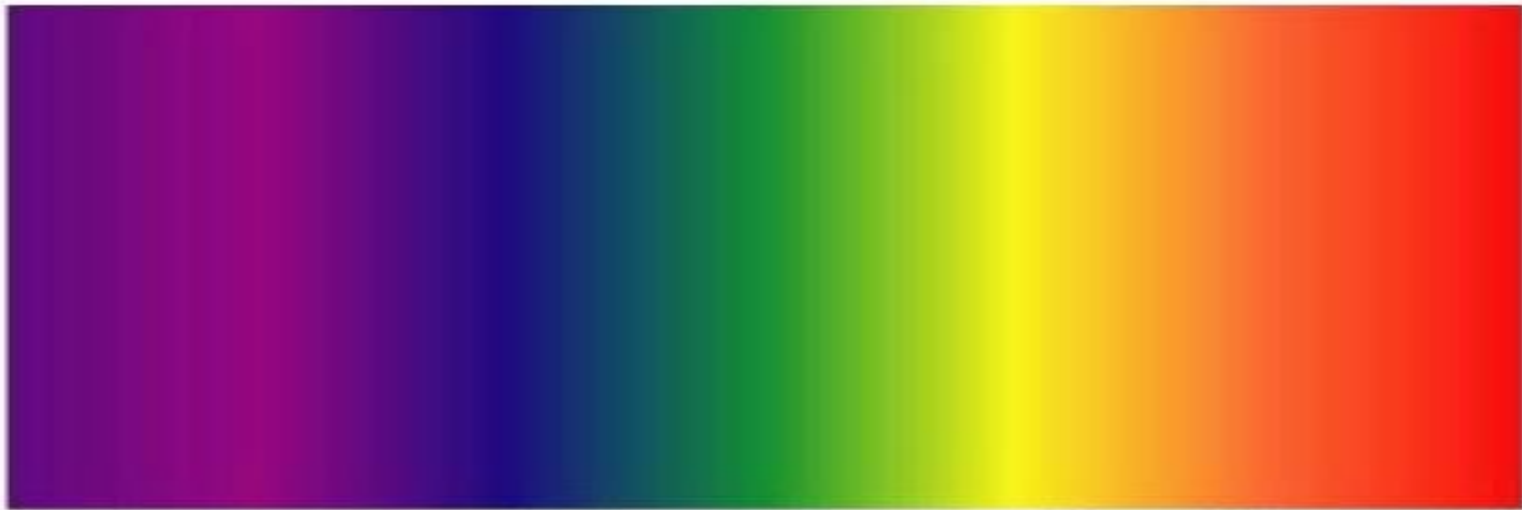
1. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

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

$400 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$500 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

$750 \cdot 10^{-9} \text{ м}$

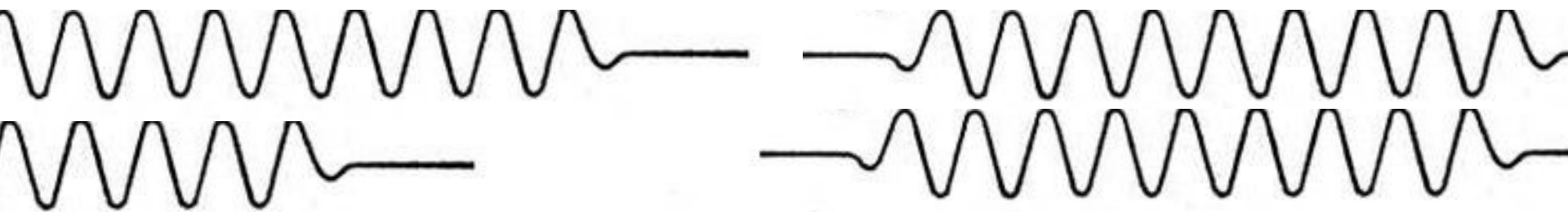


2. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТОВЫХ ВОЛН

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
а

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

$I > I_1 + I_2$ 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)

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

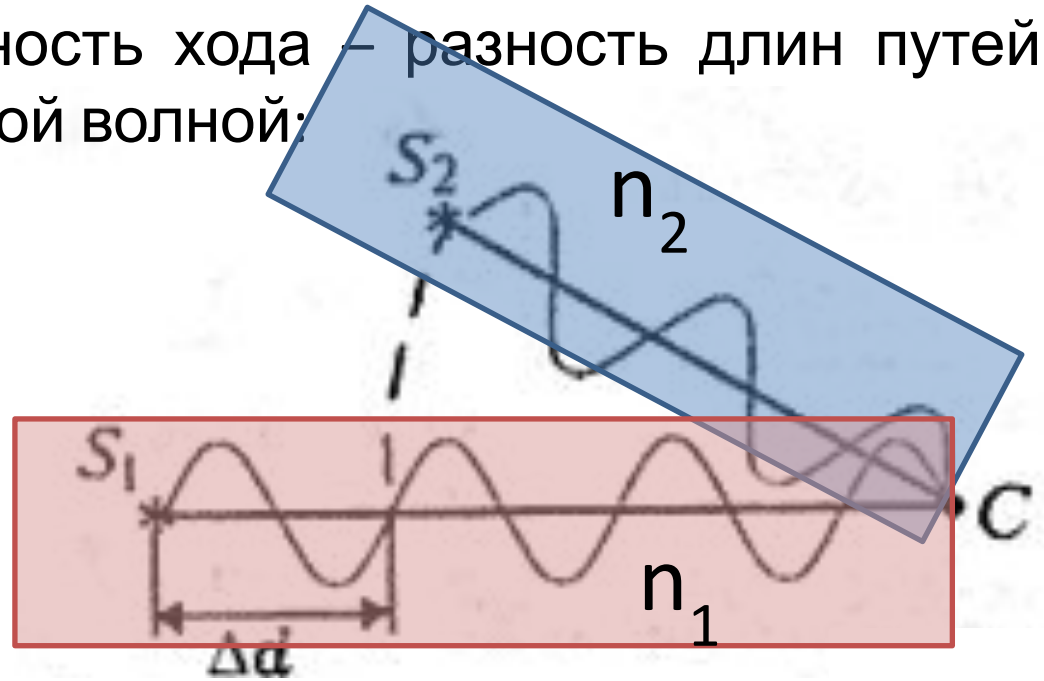
наблюдается при или

Свяжем разность фаз с разностью хода волн:

Δd – 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.

Δ – 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):

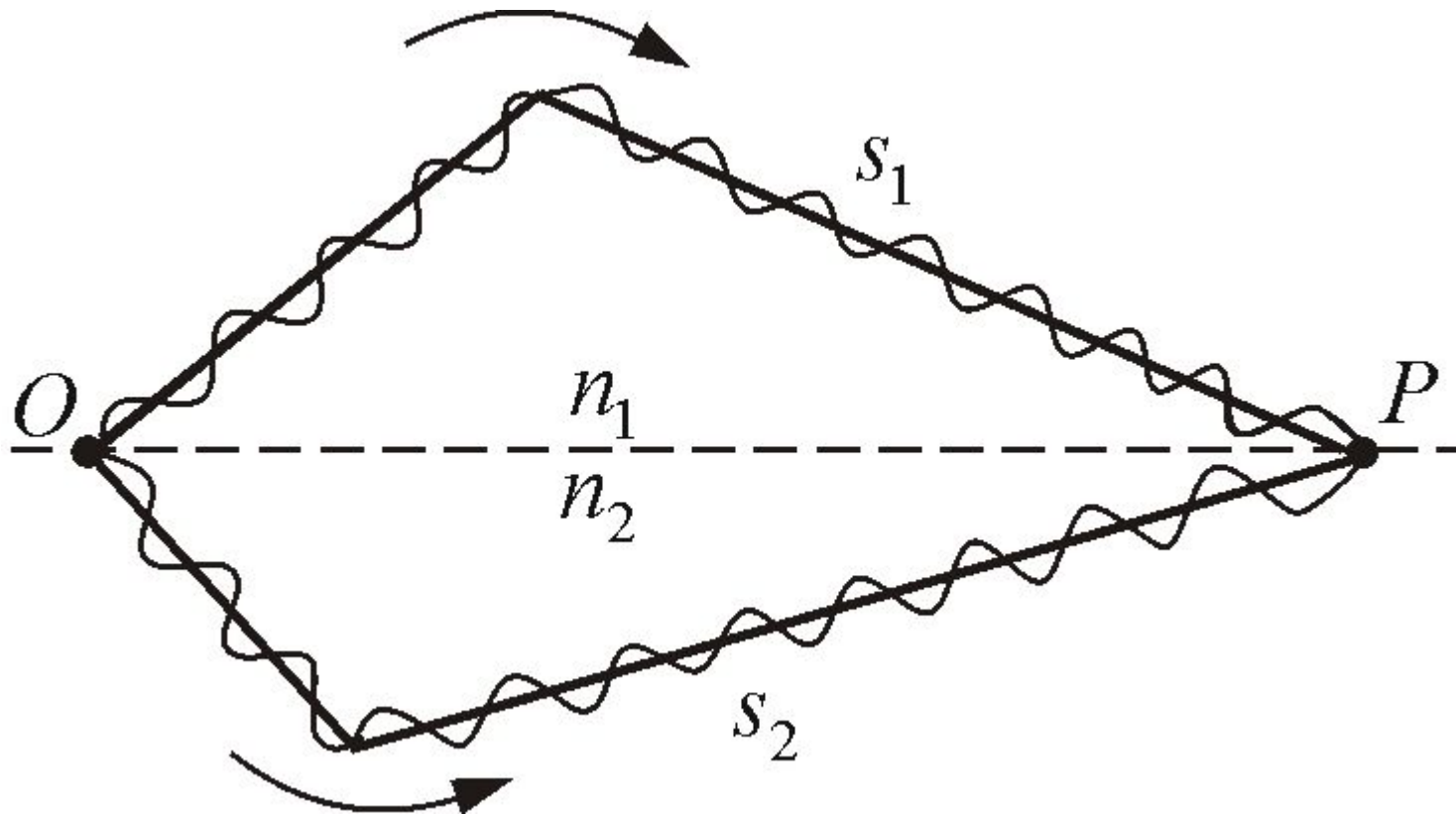
$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

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

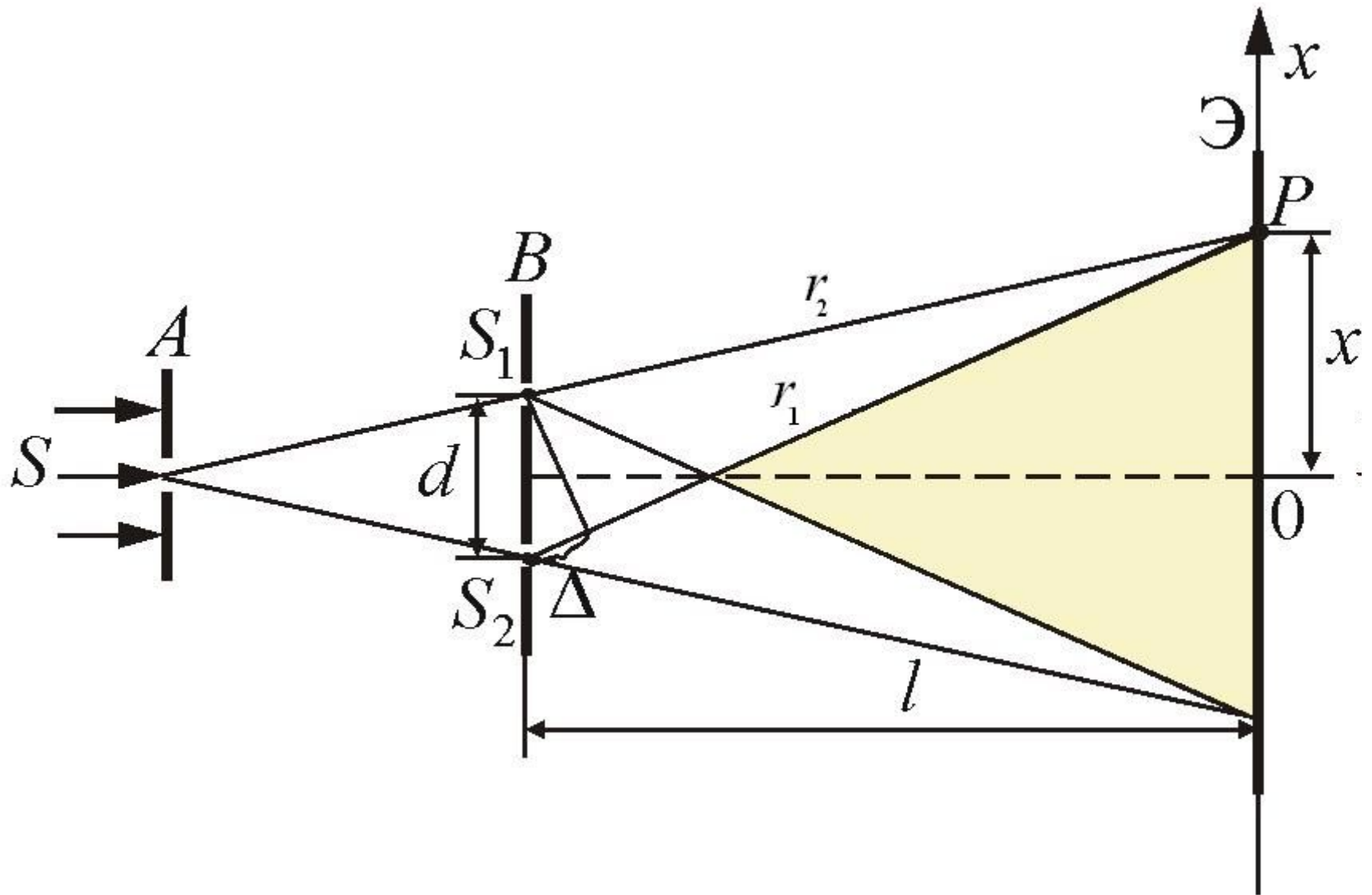
**Условие
минимума**

4. Методы наблюдения интерференции

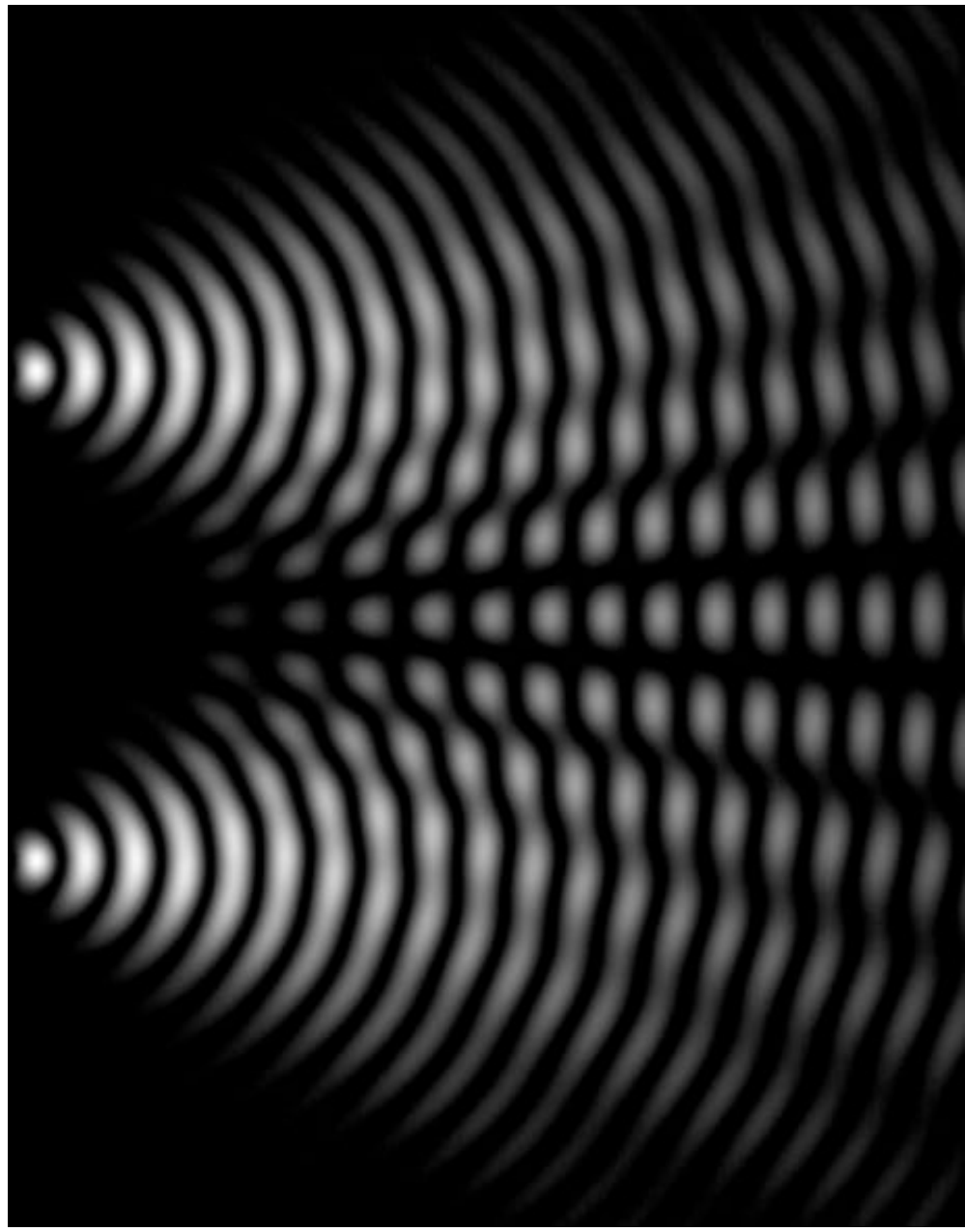
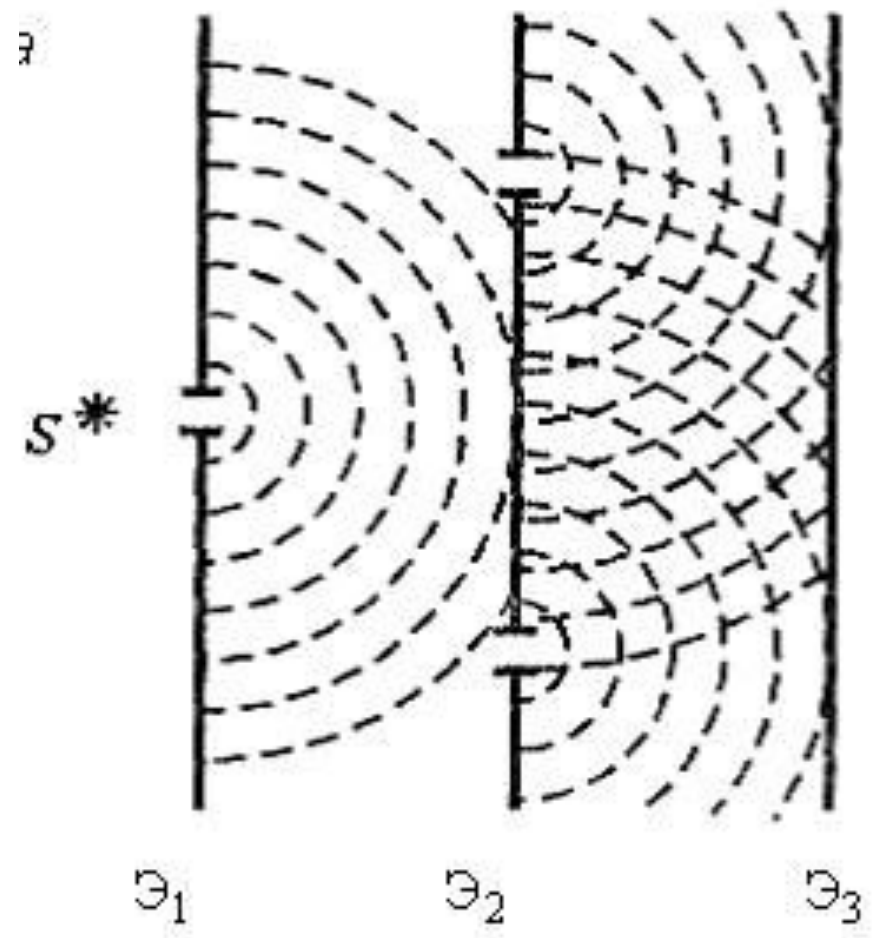
Для получения когерентных волн применяют **метод**
разделения волны, излученной одним источником, на две
части, которые после прохождения разных оптических
путей, накладываются друг на друга.

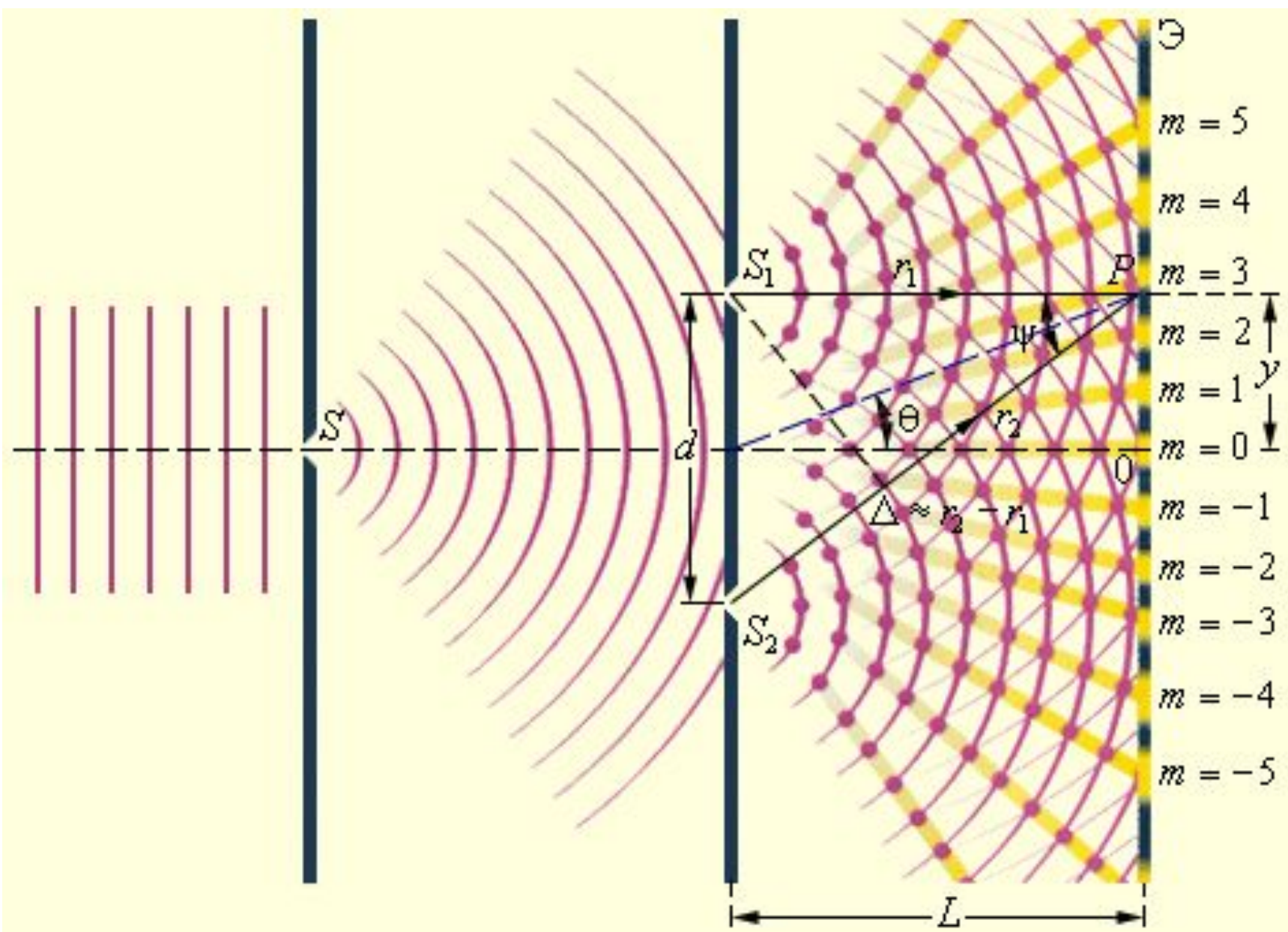


A) Метод Юнга:



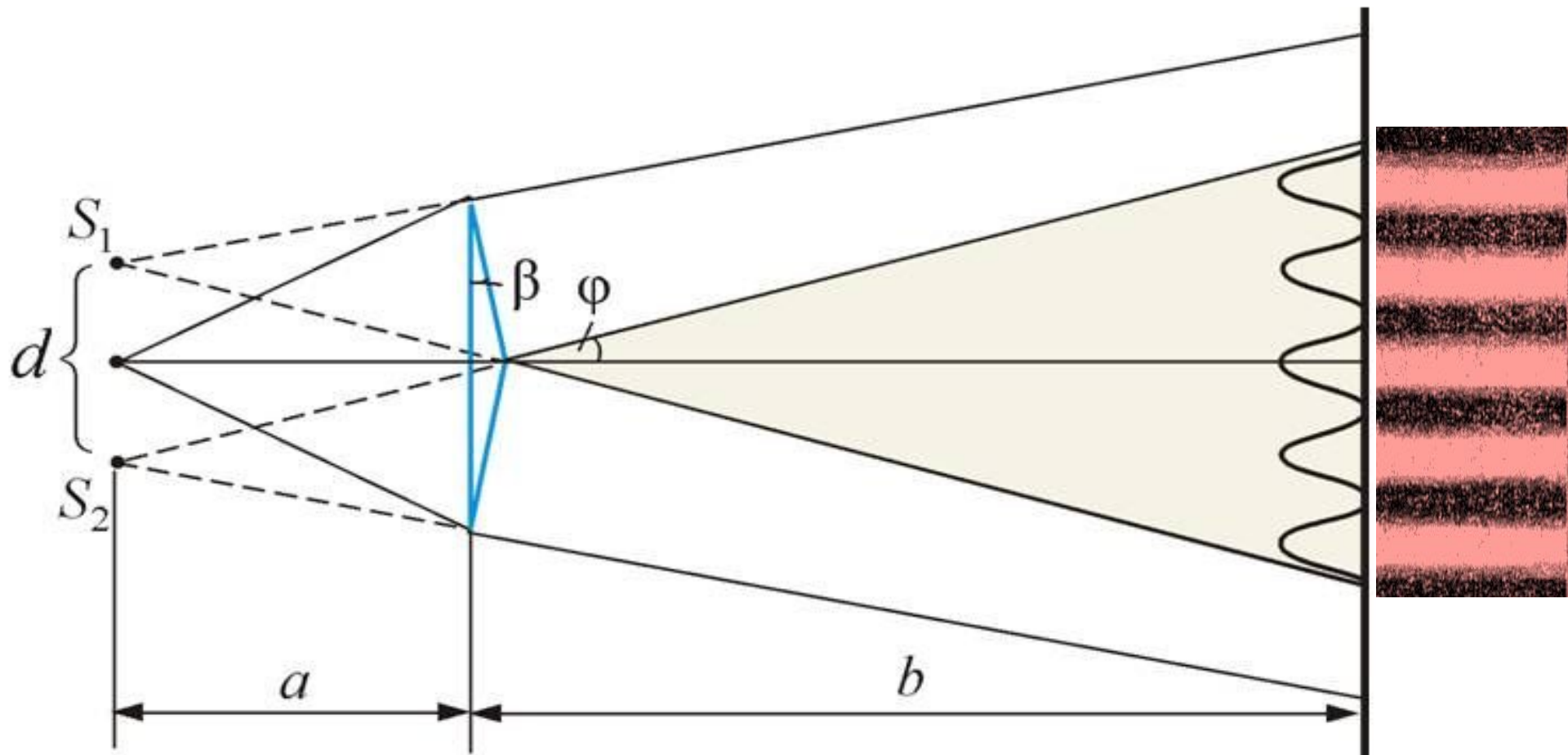
Узкие щели S_1 и S_2 – когерентные источники света





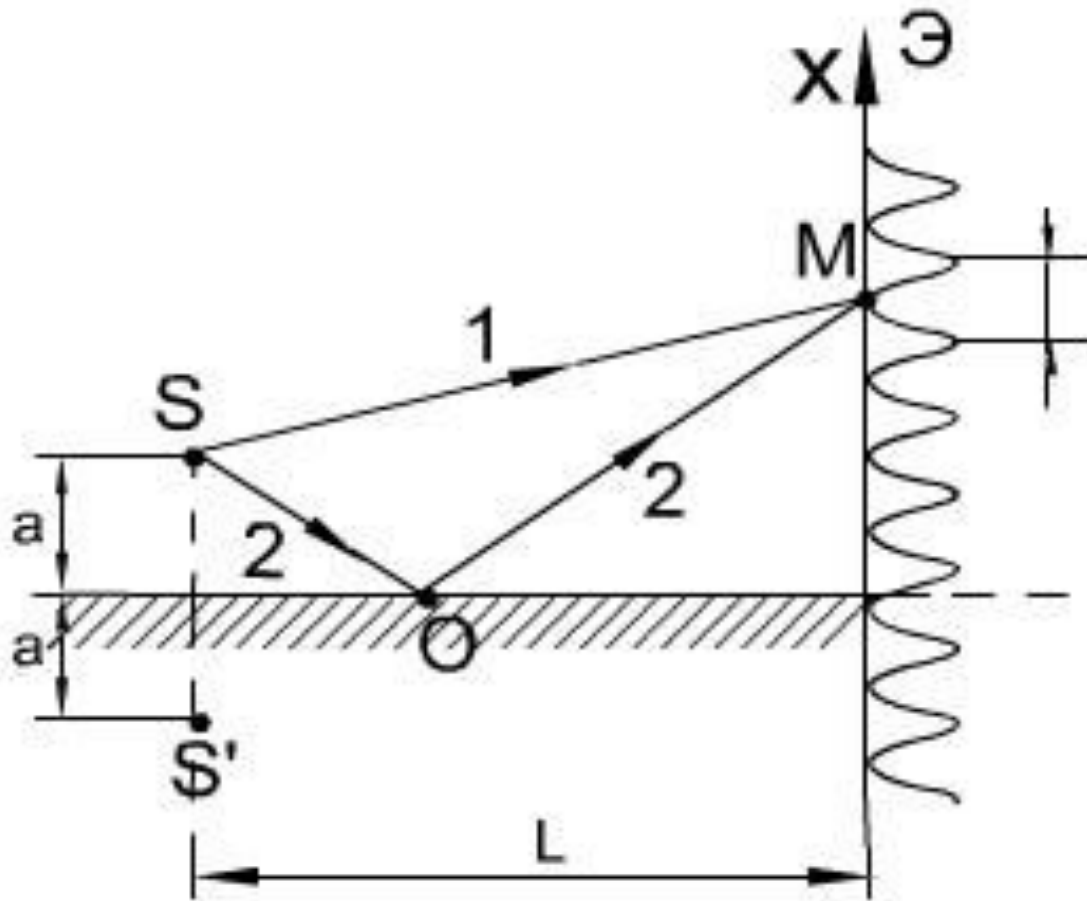


Б) Бипризма Френеля:



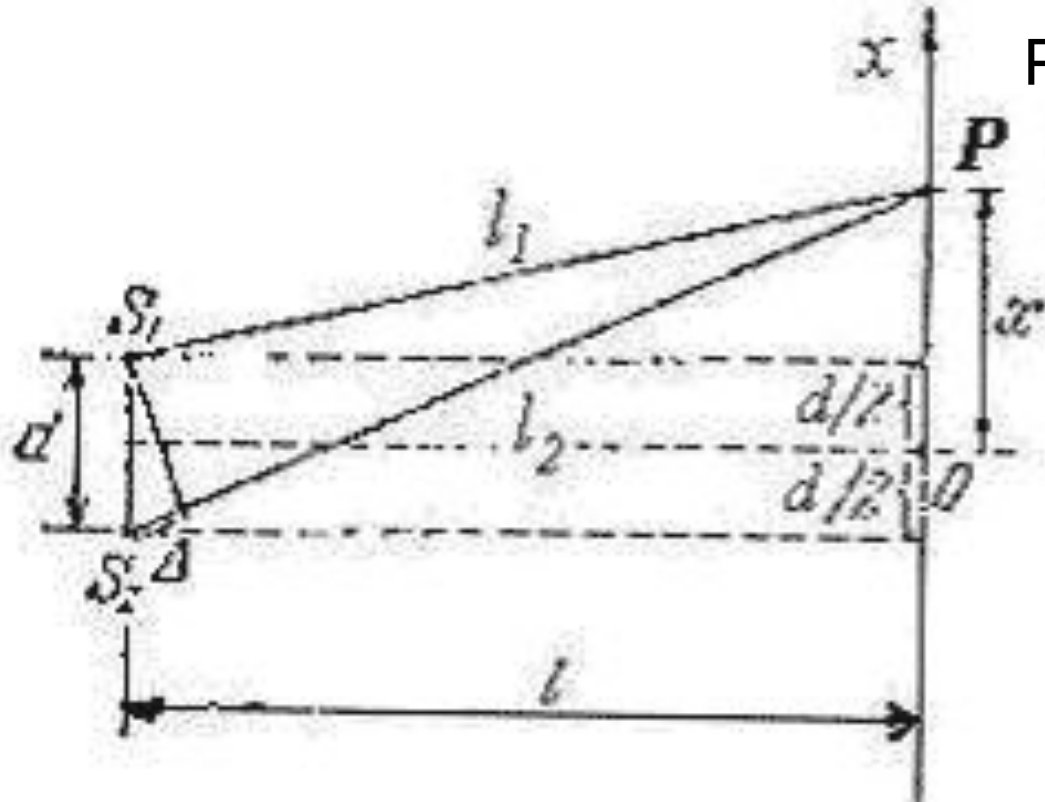
Мнимые изображения источника света S_1 и S_2 – когерентные источники света

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 0 до точки P,

d – расстояние между источниками,

L – расстояние от источников до

экрана, $L \gg d$, $L_1 + L_2 \approx 2L$

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

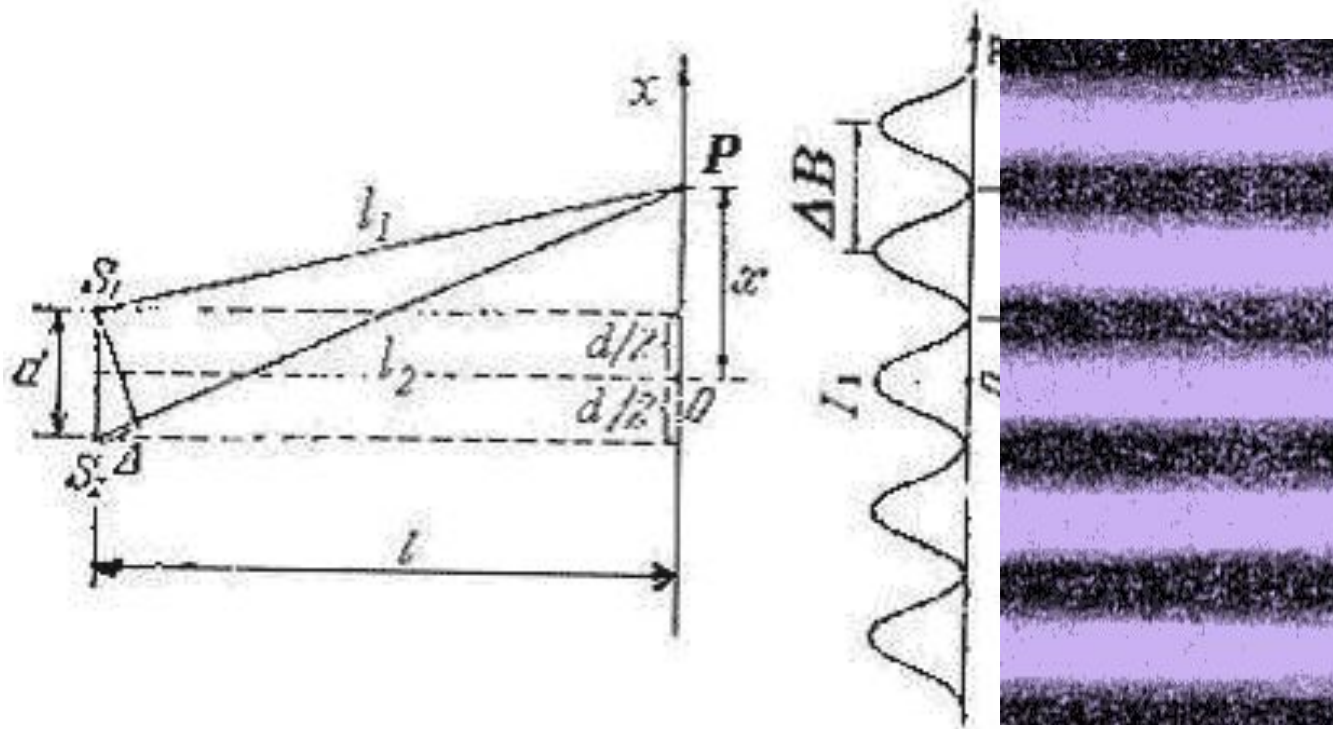
Максимумы наблюдаются в точках экрана, где разность хода Δ равна целому числу длин волн:

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

m – целое число - порядок максимума

Минимумы наблюдаются в точках экрана, где разность хода Δ равна нечетному числу полуволн:

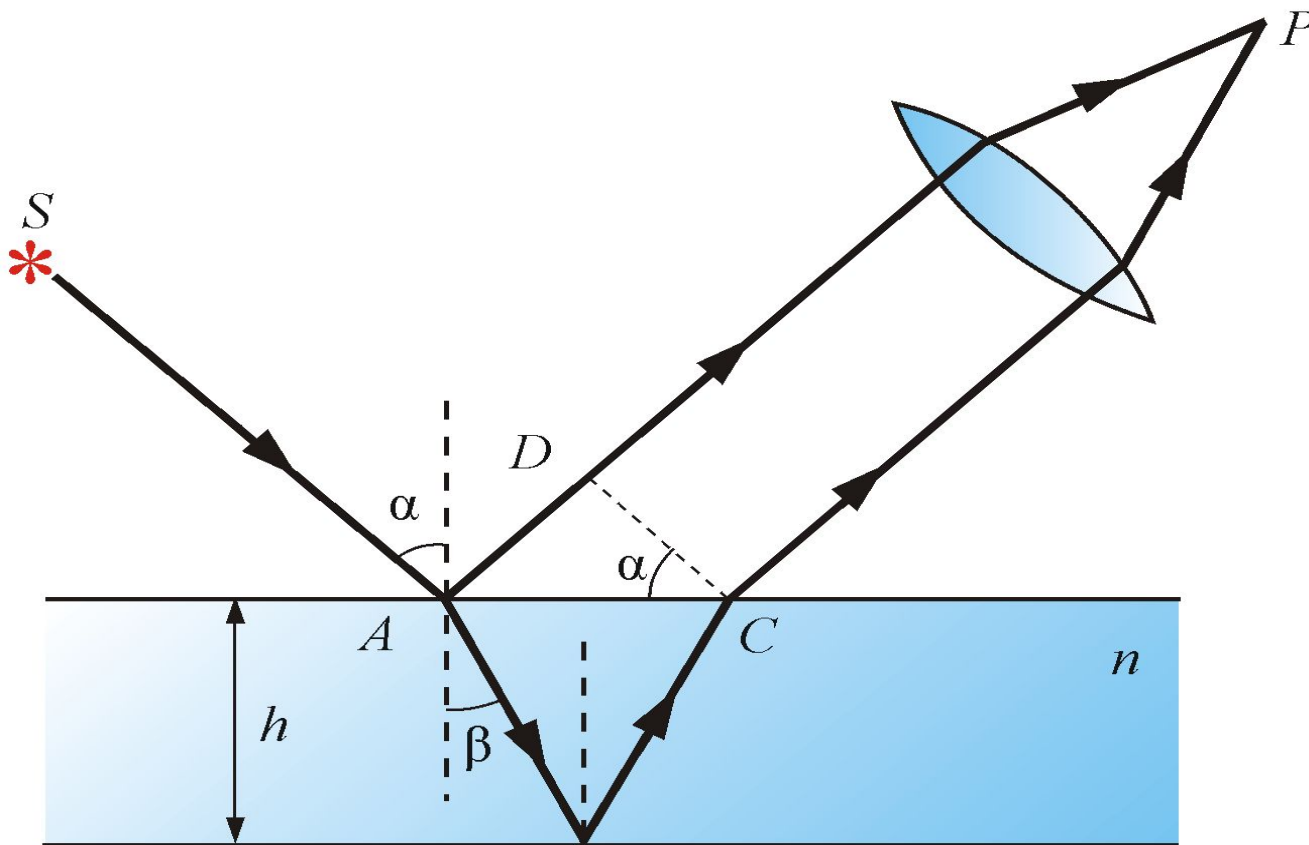
$$x_{\min} = \pm \frac{l}{d} (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$



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



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

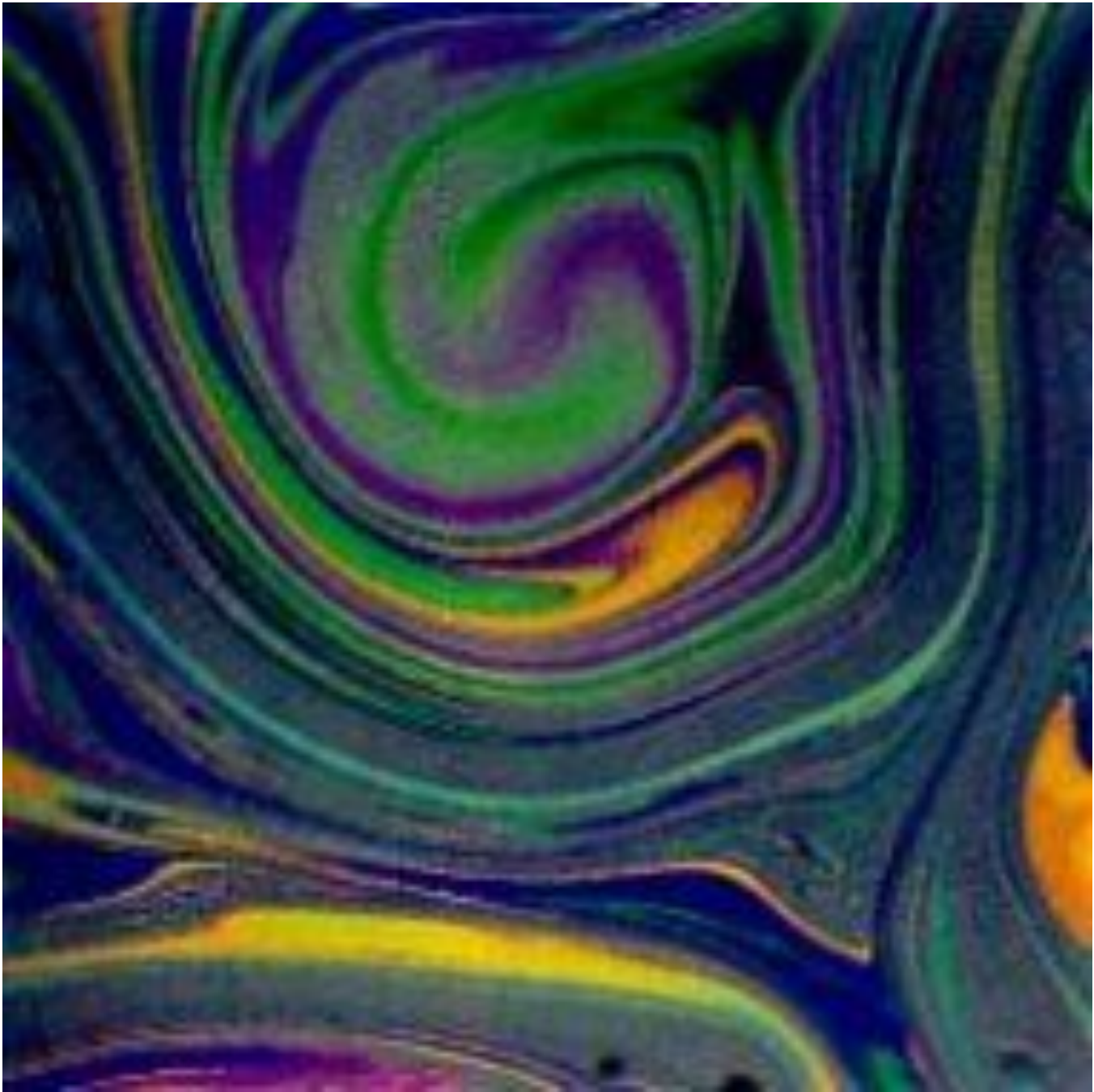
Полосы равного наклона – интерференционные полосы, возникающие в результате наложения лучей, падающих на плоскопараллельную пластинку под одинаковыми углами.

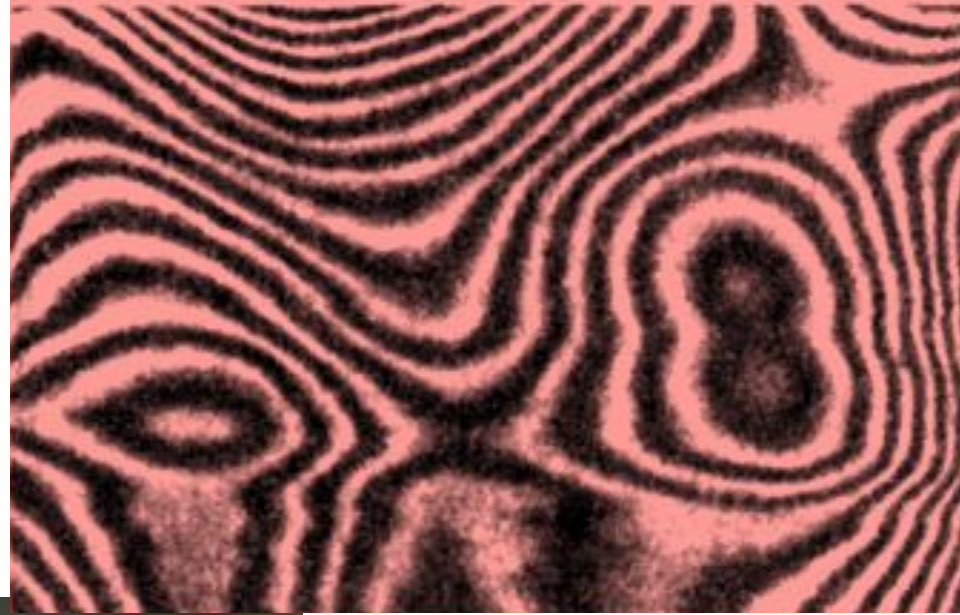
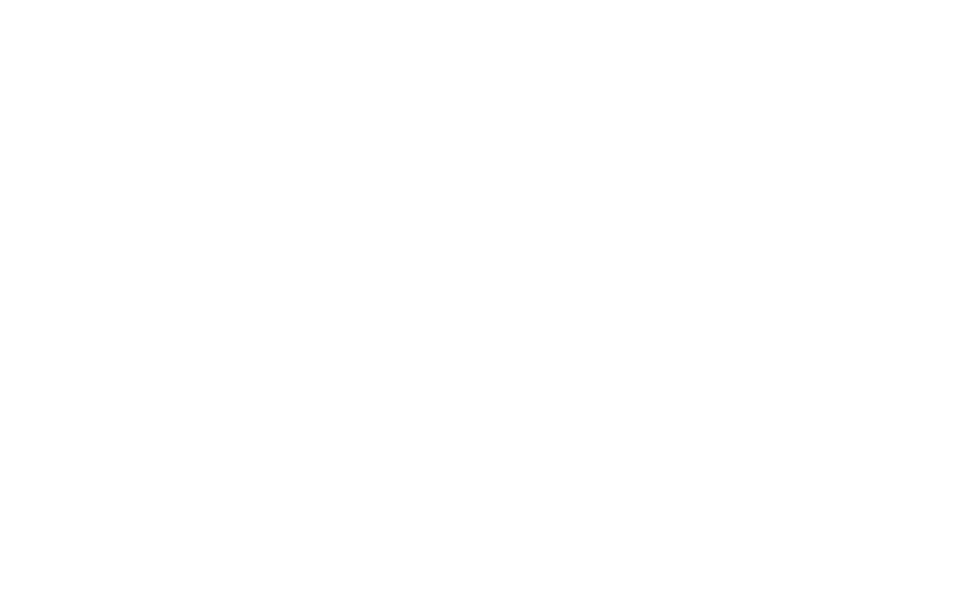


Мыльный пузырь

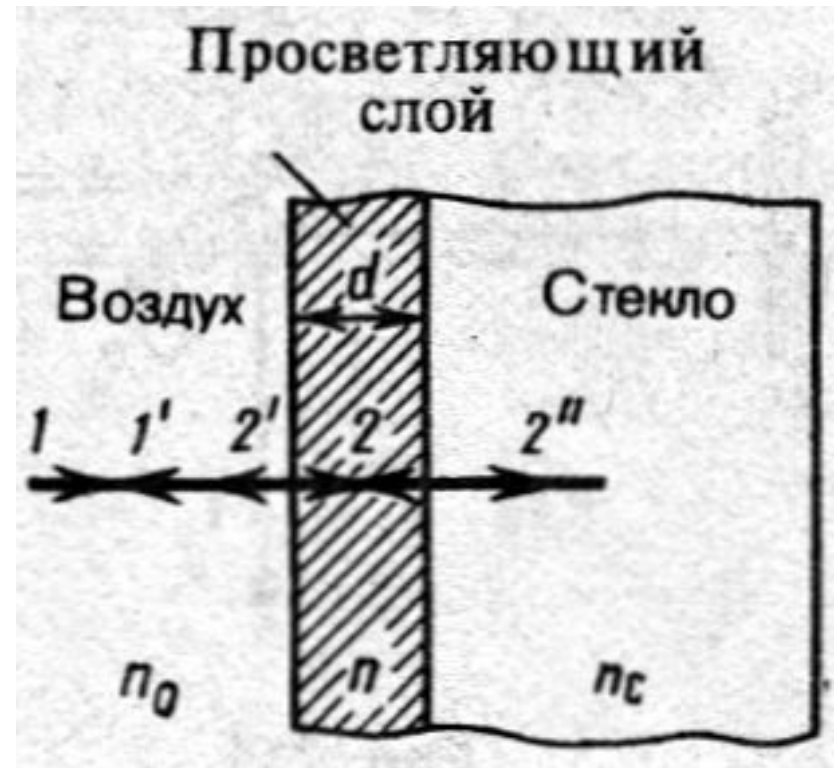
T 30.5

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.
ОТРАЖЕННОГО
ОТ МЫЛЬНОГО ПУЗЫРЯ



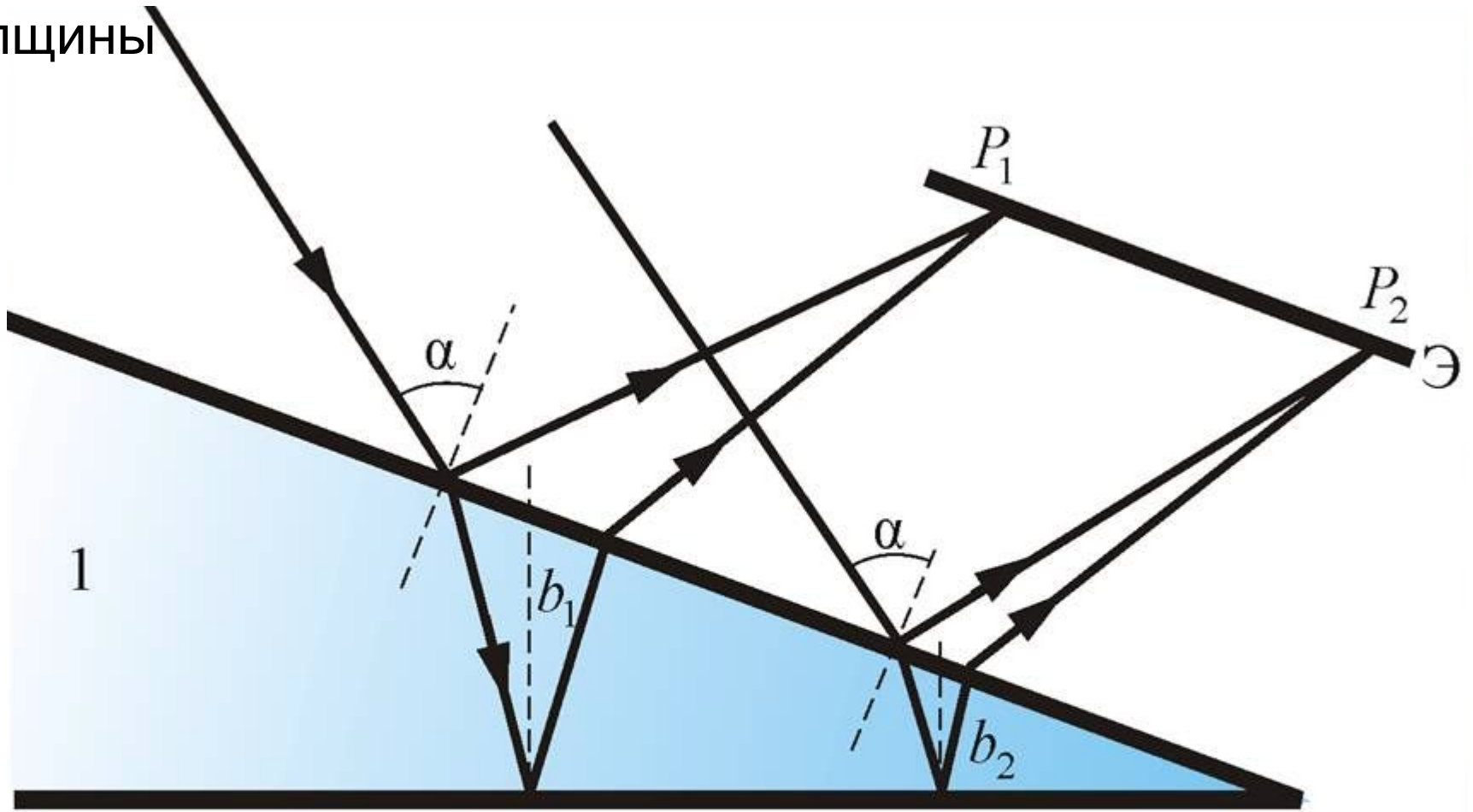


Просветление оптики – практическое применение интерференции в тонких пленках.

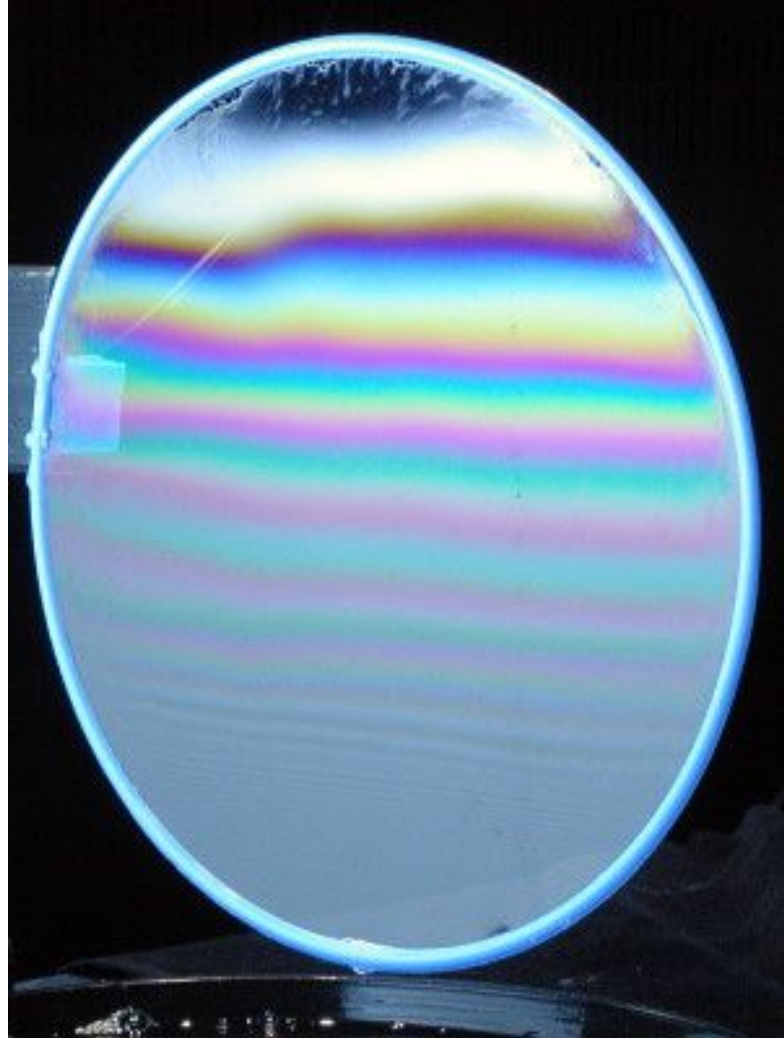
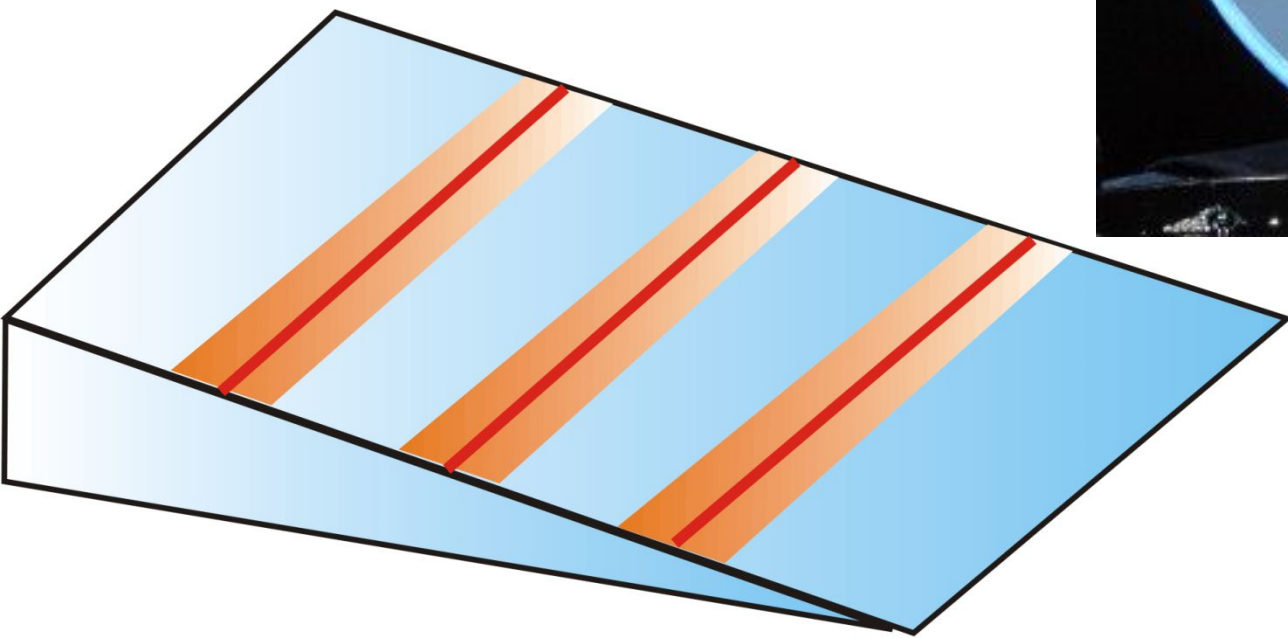


Просветление оптики — это нанесение на поверхность линз, граничащих с воздухом, тончайшей плёнки или нескольких плёнок одна поверх другой. Это необходимо для увеличения светопропускания оптической системы. Показатель преломления таких плёнок меньше показателя преломления стёкол линз.

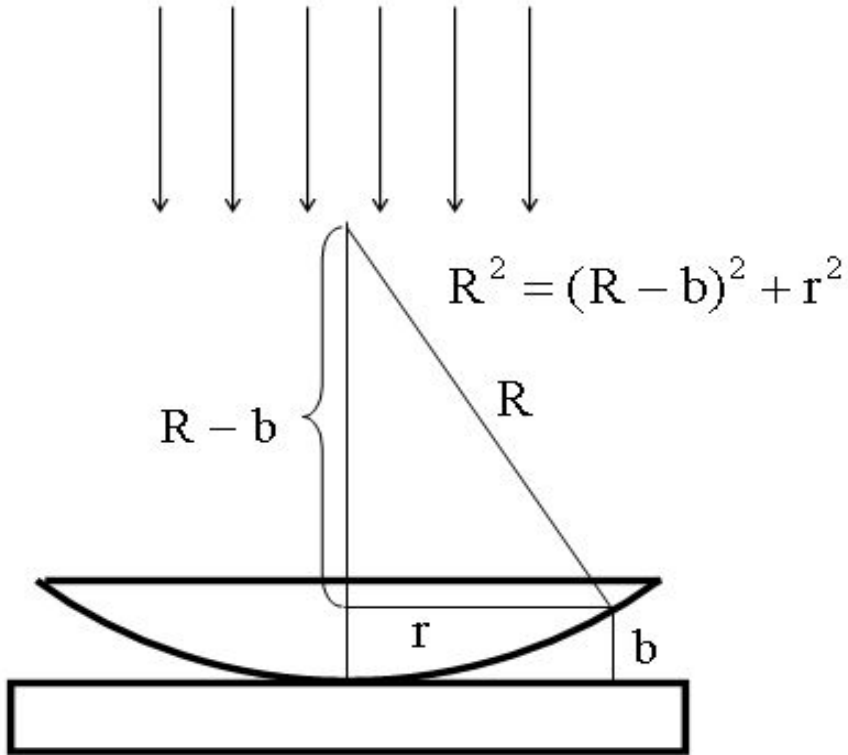
II. Интерференция на тонком клине – пример полос равной толщины



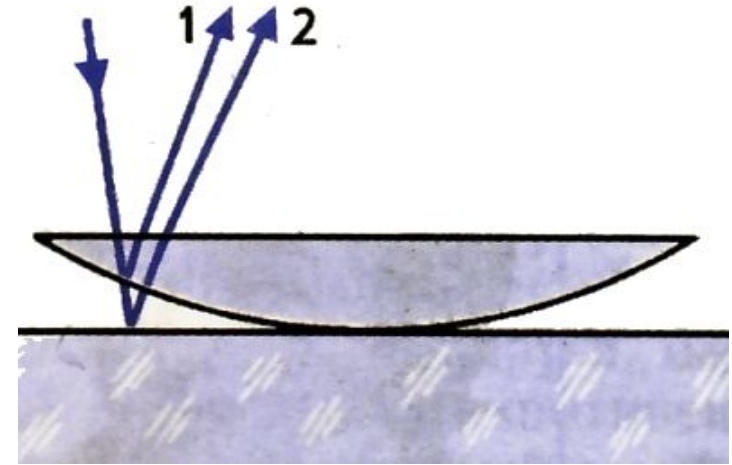
Полосы равной толщины – интерференционные полосы, возникающие в результате наложения лучей от мест одинаковой толщины.



III. Кольца Ньютона – пример полос равной



Интерференция в отраженном свете:



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

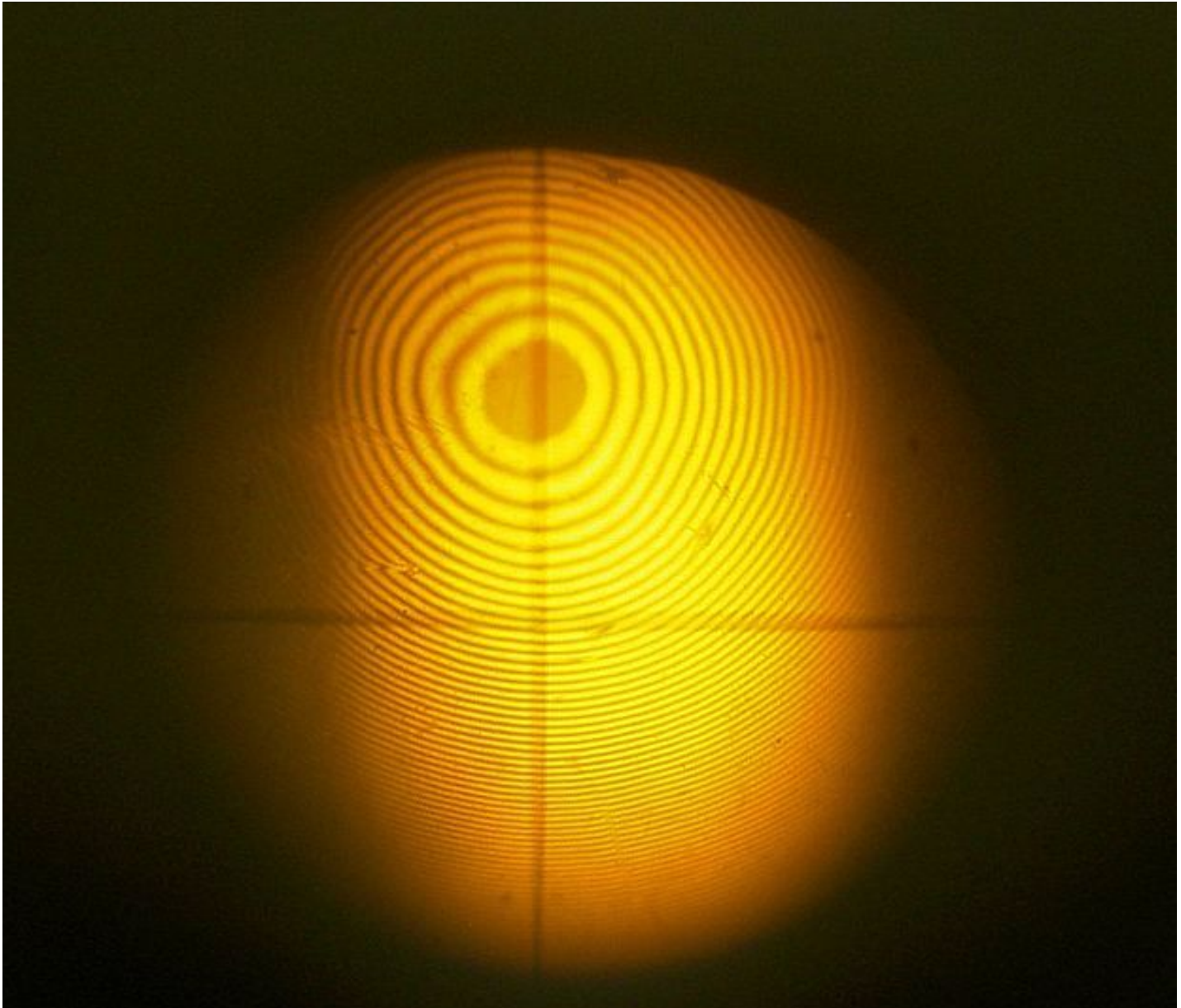
$$r_m = \sqrt{\frac{m\lambda R}{n}}$$

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

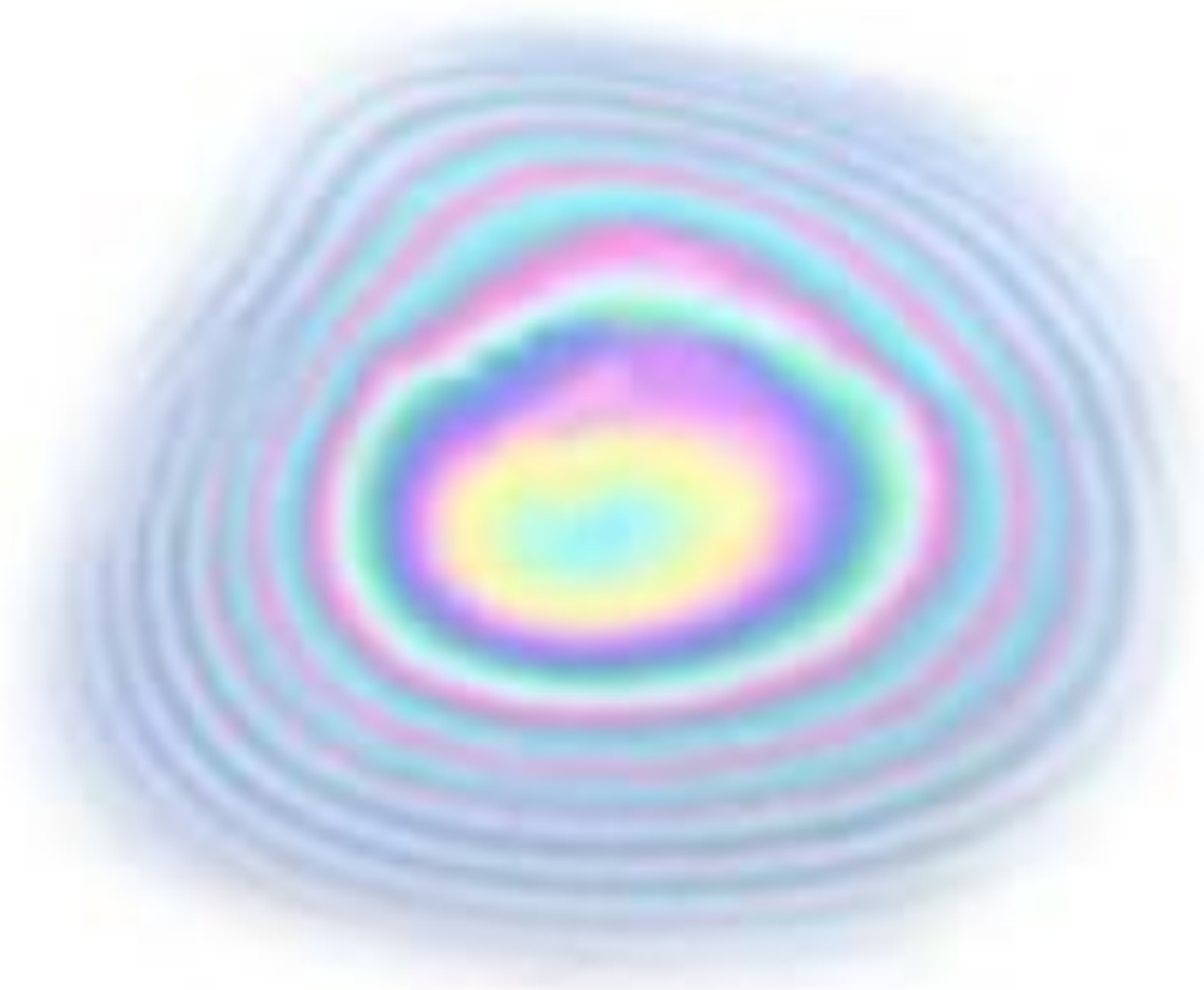
$$r_m = \sqrt{\frac{(m - \frac{1}{2})\lambda R}{n}}$$

- 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):

