

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТОВЫХ ВОЛН (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

- Запишем интенсивность результирующей световой волны:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \frac{2\pi \Delta L}{\lambda}$$

- Когда оптическая разность хода равна целому числу длин волн (или четному числу длин волн), т.е.

$$\Delta L = \pm m \lambda = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$$

- $m=1, 2, \dots$

колебания в т. Р совершаются в одной фазе,

$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$, наблюдается

интерференционный максимум.

- Если оптическая разность хода равна нечетному числу длин полуволен(или полуцелому числу длин волн), т.е.

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

колебания в т.Р совершаются в противофазе,

$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$ наблюдается

интерференционный минимум.

МЕТОД ЮНГА

- См.рис.2. Источником света служит ярко освещенная щель S , от которой свет падает на две равноудаленные щели S_1 и S_2 , параллельные щели S , находящиеся на расстоянии d .
- Интерференция наблюдается в некоторой точке P экрана, расположенного на расстоянии b от экрана ($b \gg d, \lambda$).

МЕТОД ЮНГА

- Интенсивность в т.Р, расположенной на расстоянии x от начала отсчета, определяется оптической разностью хода, которая в данном случае равна геометрической:

$$\Delta = \Delta L = l_2 - l_1$$

- Из рисунка очевидно:

$$l_1^2 = b^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2$$

$$l_2^2 = b^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2$$

МЕТОД ЮНГА

□ откуда получаем:

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

□ ИЛИ

$$(l_2 - l_1)(l_2 + l_1) = 2xd$$

□ т.е.

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

МЕТОД ЮНГА

- Учитывая, что $b \gg d$, запишем:

$$l_2 + l_1 = 2b$$

- Следовательно: $\Delta = \Delta L = \frac{xd}{b}$

- Используя условия минимумов и максимумов, определим координаты интерференционных максимумов и минимумов:

МЕТОД ЮНГА

Максимум:

$$x_{\max} = \pm \frac{mb\lambda}{d}$$

Минимум:

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

- $m=1,2,\dots$
- Расстояние между двумя соседними минимумами (или максимумами), называется шириной интерференционной полосы:

$$\Delta x = \frac{\lambda b}{d}$$

МЕТОД ЮНГА

- Ширина интерференционной полосы не зависит от порядка интерференции (величины m).
- Является величиной постоянной при заданных значениях b, d, λ .

БИПРИЗМА ФРЕНЕЛЯ

- Бипризма Френеля представлена на рис.3
- В схеме для разделения исходной световой волны используют двойную призму с малым углом преломления θ .
- Преломляющий угол призмы

БИПРИЗМА ФРЕНЕЛЯ

- Преломляющий угол θ – величина порядка нескольких угловых минут.
- Все лучи отклоняются призмой на практически одинаковый угол : $\alpha = (n - 1)\theta$
- В результате выше перечисленного образуются две когерентные волны, как бы исходящие от двух источников S_1 и S_2 , лежащих в одной плоскости с источником излучения – узкой щелью S .

БИПРИЗМА ФРЕНЕЛЯ

- Ширину интерференционной полосы для этой интерференционной схемы определяем из соотношения:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha} \left(1 + \frac{b}{a}\right)$$

- Расстояние между щелями S равно : $d = a \cdot 2 \cdot \alpha$
- Ширина интерференционной полосы тем больше, чем больше расстояние b от призмы до экрана.

БИПРИЗМА ФРЕНЕЛЯ

- Если на призму падает плоская волна, т.е.

$$a \rightarrow \infty$$

то ширина интерференционной полосы равна:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2\alpha}$$

- Ширина интерференционной полосы не зависит от положения экрана.

БИПРИЗМА ФРЕНЕЛЯ

- При наблюдении интерференции в белом свете центральный максимум ($m=0$) получается белым, остальные окрашены, поскольку $\Delta x \sim \lambda$.
- Максимально возможное число полос N интерференционной картины равно:

$$N_{max} = \frac{4\alpha^2}{\lambda} \cdot \frac{ab}{a+b}$$

БИЗЕРКАЛА ФРЕНЕЛЯ

- Схема бизеркал Френеля представлена на рис.4
- Две когерентные световые волны в этой схеме получаются при отражении от двух плоских зеркал, которые образуют между собой малый угол α .
- Источник световых волн – узкая освещенная щель S , параллельная линии пересечения зеркал .
- Отраженные от зеркал лучи падают на экран Э.

БИЗЕРКАЛА ФРЕНЕЛЯ

- Пересечение лучей образует зону интерференции.
- Интерференционная картина представляет собой чередование светлых и темных полос, параллельных щели S , S_2
- Отраженные от зеркал волны распространяются так, как если бы они исходили от мнимых источников S_1 и S_2 , являющихся изображениями источника S .

БИЗЕРКАЛА ФРЕНЕЛЯ

- Формулы для определения ширины интерференционной полосы в общем случае и в случае падения плоской волны аналогичны формулам предложенным для бипризмы Френеля.
- Формула для определения максимального числа интерференционных полос аналогична формуле предложенной для бипризмы Френеля.

БИЗЕРКАЛА ФРЕНЕЛЯ

- Интерференционная картина будет четкой, если ширина щели S будет удовлетворять условию:

$$S \geq \frac{\lambda}{4\alpha} \left(1 + \frac{a}{b}\right)$$

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ СХЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ДЕЛЕНИИ АМПЛИТУДЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

- Интерференционные схемы, основанные на делении амплитуды световой волны – интерференция в тонких пленках(пластинках), кольца Ньютона.
- Интерференция в тонких пленках(пластинках) представлена на рис.5
- Интерференционная схема колец Ньютона представлена на рис.6

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ (ПЛАСТИНКАХ)

- На прозрачную плоскопараллельную пластинку (пленку) падает плоская монохроматическая световая волна (направление падения показано лучом А).
- Исходная волна, отражаясь от верхней и нижней поверхностей пластинки, расщепляется на две (лучи 1 и 2).
- Амплитуды этих волн отличаются друг от друга, это важно для получения контрастной интерференционной картины.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ (ПЛАСТИНКАХ)

- Вклад волн, возникающих при многократном отражении пренебрежимо мал, по сравнению с волнами, возникшими при первичном отражении.
- Оптическая разность хода волн 1 и 2:

$$\Delta = n(AB + BC) - AD$$

n - преломления вещества пленки(пластинки)

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ (ПЛАСТИНКАХ)

□ Учтем,

$$AB = BC = \frac{2b}{\cos \vartheta'}$$

$$AD = 2b \operatorname{tg} \vartheta' \cdot \sin \vartheta$$

□ В итоге

$$\Delta = 2nd \cos \vartheta'$$

b -толщина пленки(пластины).

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ (ПЛАСТИНКАХ)

- При отражении от поверхности пленки (пластины) происходит скачок фазы на π , т.е. «потеря» половины длины волны, т.к. отражение происходит от более плотной среды.
- Учитывая, что $\sin \vartheta = n \sin \vartheta'$, получим

$$\Delta = 2b \sqrt{n^2 - (\sin \vartheta)^2} \pm \frac{\lambda}{2}$$

- Максимумы интерференции на экране будут наблюдаться в местах, удовлетворяющих условию:

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ (ПЛАСТИНКАХ)

$$2b\sqrt{n^2 - (\sin\theta)^2} \pm \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

- Полоса данного порядка интерференции обусловлены светом, падающим на пленку под одним и тем же углом Q , но с разных направлений.
- Такие полосы называют полосами *равного наклона*.

КОЛЬЦА НЬЮТОНА

- Кольца Ньютона – полосы равной толщины, наблюдаемые при отражении света от поверхностей зазора между стеклянной пластиной и соприкасающейся с ней плоско выпуклой линзой (рис.6)
- Волна, отраженная от верхней поверхности линзы, в силу небольшой длины когерентности обычных источников света некогерентна с волнами, отраженными от поверхности зазора, участия в образовании интерференционной картины не принимает.

КОЛЬЦА НЬЮТОНА

- При нормальном падении света на линзу кольца в отраженном свете имеют вид концентрических колец с центром в точке соприкосновения линзы с пластиной.
- Найдем радиусы темных колец («минимумов»).
- Темные кольца образуются в местах, где оптическая разность хода волн, отраженных от обеих поверхностей зазора равна четному числу длин полуволн:

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

КОЛЬЦА НЬЮТОНА

□ $m=1,2,\dots$

□ $\lambda/2$ -вызвано «потерей» полуволны при отражении от более оптически плотной среды.

□ Откуда $2b = m \lambda$

□ Из рисунка: $r^2 = R^2 - (R - b)^2$

□ Учитывая, что $b \ll R$:

$$r^2 = 2bR$$

КОЛЬЦА НЬЮТОНА

- Таким образом радиус m -го темного кольца:

$$r_m = \sqrt{mR\lambda}$$

- Если показатель преломления вещества, заполняющего зазор n , то

$$r_m = \sqrt{\frac{mR\lambda}{n}}$$

- Значению $m=0$ соответствует минимум в виде темного пятна, а не кольца.

КОЛЬЦА НЬЮТОНА

- Радиус светлого кольца в отраженном свете:

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

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

- Просветление оптики: нанесение на поверхность объектива тонкой пленки прозрачного диэлектрика такой толщины, чтобы волны, отраженные от обеих поверхностей пленки, оказались бы в противофазе, т.е. гасили бы друг друга.
- Показатель преломления диэлектрика наносимого на поверхность объектива:

$$n = \sqrt{n_2 n_1}$$

- n_2, n_1 — показатели преломления сред, между которыми находится пленка.