• ЛК.2. Интерференция. Условия max и min при интерференции (п.№1,2).

№1. Интерференцией называется явление увеличения или уменьшения интенсивности света при наложении двух или нескольких волн.

В наиболее простом и чаще всего встречающемся случае двух волн в некоторой точке пространства (обычно на экране, освещенность которого пропорциональна интенсивности) происходит сложение электрических векторов $\overrightarrow{E_1}$ и $\overrightarrow{E_2}$ этих волн, а значение суммарного вектора по принципу суперпозиции есть $\vec{E} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2}$. Очевидно, чтобы эффекты усиления или ослабления были наиболее ярко выражены, векторы $\overrightarrow{E_1}$ и $\overrightarrow{E_2}$ должны быть коллинеарными, а для получения стационарной интерференционной картины частоты интерферирующих волн должны быть одинаковыми или, во всяком случае, близкими.

- На практике же, однако, получение световых волн с определенной частотой ω , фигурирующей в фазе (11) (такие волны называют **монохроматическими**), либо затруднительно, либо вообще невозможно.

Даже лазеры, строго говоря, не дают чисто монохроматическую волну. Это обстоятельство можно учесть, если в выражении (11,№1) добавить случайным образом зависящую от времени величину $\delta(t)$, называемую **случайной фазой** источника света.

Из требования же коллинеарности векторов $\overrightarrow{E_1}$ и $\overrightarrow{E_2}$ следует, что оси x , y вдоль направлений, по которым распространяются волны, должны находиться под малым углом к друг другу.

- Тогда задача о нахождении вектора $\vec{E}$ в данной точке пространства сводится к известной задаче о сложении двух колебаний одного направления с одинаковыми или близкими частотами.

Таким образом, в общем случае фазы ((9), №1), складываемых волн при учете этих случайных фаз должны иметь вид:

$$\varphi_1 = \omega t \mp 2\pi \frac{x}{\lambda} + \delta_1, \varphi_2 = \omega t \mp 2\pi \frac{y}{\lambda} + \delta_2. \qquad (1)$$

- б) Как известно из теории колебаний, результирующее колебание имеет ту же частоту ω , а его амплитуда E_0 в выражении через амплитуды E_{01} и E_{02} складываемых волн равна

$$E_0=[E_{01}{}^2 + E_{02}{}^2 + 2\, E_{01}\, E_{02} cos\Delta\varphi\ ]^{1/2} . \qquad (2)$$

Здесь $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \mp 2\pi\left(\frac{x}{\lambda_1} - \frac{y}{\lambda_2}\right) + (\delta_1 - \delta_2)$, (3)

а λ_1 и λ_2 - длины волн в средах, по которым распространялись 1-я и 2-я волны, т.к. длины волн при неизменной циклической частоте ω зависят от показателя преломления среды n , т.е. от скорости света c_n в данной среде: c_n= c/n (это обозначение показателя преломления не путать с обозначением частоты $n=\frac{\omega}{2\pi}$, например, в формуле (10) – лк. 1!).

.

- Чтобы интерференционная картина была стационарной, разность фаз не должна зависеть от времени: $\Delta\varphi = const$.Это невозможно, если волны испускаются разными источниками с различными случайными фазами. т.к. разность δ_1- δ_2 в (3) будет случайным образом зависеть от времени. Эта разность исчезнет со значением $\Delta\varphi$, равным

$$\Delta\varphi = \mp 2\pi\left(\frac{x}{\lambda_1} - \frac{y}{\lambda_2}\right), \qquad (3а)$$

если волны идут от одного источника, т.е. когда $\delta_1 = \delta_2$. Иначе говоря, для наблюдения интерференции следует волну от одного источника сначала разделить на две. После этого следует снова “свести” их вместе для наблюдения явления интерференции. Способы такого разделения одной волны на две рассмотрены далее (№3,4).

•

Волны, для которых выполняется условие $\Delta\varphi = const$,называются когерентными.

Для более компактной записи выражения (3а) введем понятие **оптической длины пути** l **.**

По определению, это произведение геометрического пути S на показатель преломления среды n : l= $S\ n$. В нашем случае $l_1 = xn_1$, $l_2 = yn_2$.

• λ_0

Обозначая длину волны в вакууме посредством λ_0 , получаем с использованием формулы (10), №1 для λ_0 выражение $\lambda_{1,2}$ через λ_0 при одинаковой частоте$\omega = 2\pi n$(здесь n – “обычная” частота, а не показатель преломления!):

$$\lambda_{1,2} = \lambda_0 \frac{c_{n_{1,n_2}}}{c} = \frac{\lambda_0}{n_{1,2}} . \qquad (4)$$

Здесь$c_{n_{1,n_2}} = c/n_{1,2}$-скорости света в средах 1 и 2 в выражении через скорость света c в вакууме (при этом в (10) следует заменить скорость света в вакууме c на скорость $c_{n_{1,n_2}}$ в среде, для чего λ_0 следует умножить на $c_{n_{1,n_2}}/\ c$ – второе равенство (4)).

•

Тогда выражение (3а) запишется в виде:

$$. \Delta\varphi = \mp 2\pi \frac{\Delta l}{\lambda_0} \quad , \qquad (5)$$

Величина

$$\Delta l = l_1 - l_2 = S_1 n_1 - S_2 n_2 \qquad (6)$$

(в нашем случае это $xn_1 - yn_2$) называется **оптической разностью хода**.

- **№2. Условия max и min при интерференции**

Амплитуда (2), а также, следовательно, и интенсивность $I \sim {E_0}^2$ (см.(12а),№1) будет максимальна со значением $E_0 = E_{01} + E_{02}$ при

$$\Delta\varphi = \mp 2\pi k,\ k=0,1,2\ldots, \qquad (7а)$$

и минимальна со значением $E_0 = |E_{01} - E_{02}|$ при

$$\Delta\varphi = \mp\pi(2k+1)\ ,\ k=0,1,2\ldots,\ . \qquad (7б)$$

Формулы (7а,б) называются **условиями max и min при интерференции.**

Примечание. Формулу (7б) можно писать и в эквивалентном виде:

$$\Delta\varphi = \mp\pi(2k-1)\ ,\ k=1,2\ldots,\ .$$

Поясните эквивалентность этих выражений.

-

С учетом выражения (5) и этого примечания их можно переписать и в другом виде:

$$\Delta l = \mp\lambda_0 \; k = \mp\frac{\lambda_0}{2}2k,\ k=0,1,2\ldots, \qquad (8а)$$

$$\Delta l = \mp\frac{\lambda_0}{2}(2k-1)\ ,\ k=1,2\ldots\ . \qquad (8б)$$

Говорят в связи с этим, что в случае **max** (8а) Δl должно равняться четному числу ”полуволн” , а в случае **min** (8б) – нечетному.

Обычно в условиях (8а,б) для простоты вместо λ_0 пишут просто λ , подразумевая под этим длину волны в вакууме.

Так в данном Разд. I мы и будем далее делать.