

23. Когерентность. Временной и спектральный подход к анализу интерференции. Время когерентности, длина когерентности

Когерентность

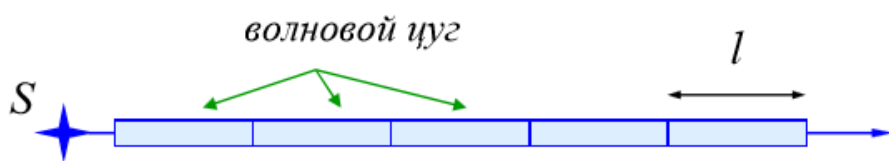
Основная трудность в наблюдении интерференции света состоит в получении когерентных волн.

Когерентность – согласованное протекание во времени и в пространстве нескольких колебательных или волновых процессов, позволяющих получать при их сложении четкую интерференционную картину.

Волны называют *когерентными*, если не изменяется с течением времени разность фаз складываемых волн, т. е. $\Delta\varphi = \text{const}$. Этому условию удовлетворяют монохроматические волны, т. е. волны равных частот.

Существование интерференционной картины является прямым следствием принципа суперпозиции гармонических колебаний и волн. Для этого необходимо разделить свет, излученный каждым атомом источника, на две или более групп волн, которые будут когерентны, т.е. имеют одинаковую частоту, постоянную разность фаз и одинаково поляризованы. В дальнейшем результат интерференции будет зависеть от величины разности фаз, т. е. будет наблюдаться – усиление или ослабление света в точке наблюдения. Поэтому нельзя наблюдать интерференцию от двух независимых источников света. Это связано с природой самого излучения света. Например, излучения света атомом, молекулой, ионом происходит при переходе их из одного возбужденного состояния в другое.

Продолжительность процесса излучения кванта энергии атомом составляет $\tau \approx 10^{-8}$ с. За это время атом испускает *волновой цуг* (импульс волны, ограниченный во времени синусоидальный сигнал, перемещающийся во времени как единое целое).

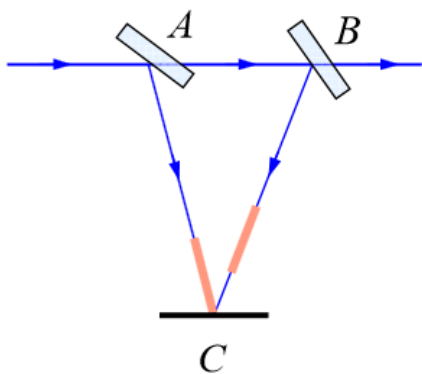


τ – длительность одного цуга, $l = c\tau$ – длина цуга

Свет, испущенный любым макроскопическим источником, является не монохроматичным, так как состоит из большого множества быстро сменяющих друг друга цугов, начальные фазы которых изменяются хаотически, а значения циклических частот ω_0 различны, по сравнению с частотой колебания этих цугов. Для характеристики когерентности световых волн вводятся *временная когерентность*.

Временная когерентность – когерентность колебаний, совершаемых в одной и той же точке пространства, но в разные моменты времени.

Временной подход к анализу интерференции



$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos \delta(t) \rangle$$

$$1. \quad \Delta > l \quad \Rightarrow \quad \langle \cos \delta(t) \rangle = 0$$

$I = I_1 + I_2$ – интерференция отсутствует

$$2. \quad \Delta < l \quad \Rightarrow \quad \langle \cos \delta(t) \rangle \neq 0$$

$I \neq I_1 + I_2$ – интерференция присутствует

$t_{\text{ког}} = \tau$ – время когерентности

$l_{\text{ког}} = ct_{\text{ког}}$ – длина когерентности (расстояние, при прохождении которого волна утрачивает когерентность)

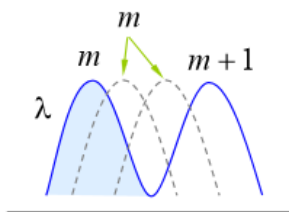
I – интенсивность волны

Промежуток времени, в течение которого случайное изменение фазы волны достигает порядка π , называют временем когерентности $t_{\text{ког}}$. По истечении этого времени колебание, или волна, как бы забывает свою фазу и становится некогерентной.

Вывод: Наблюдать интерференцию света в реальных условиях можно только при оптической разности хода, меньшей длины когерентности.

Спектральный подход к анализу интерференции

$\lambda \dots \lambda + \Delta\lambda$ – интервал длин волн



Интерференция не будет наблюдаться, если

$$(m+1)\lambda = m(\lambda + \Delta\lambda)$$

Максимумы промежуточных длин волн заполняют промежуток между соседними максимумами для λ

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{m}, \text{ где } m - \text{порядок интерференции} \quad \left[m = \frac{\Delta}{\lambda} \right] \quad \Rightarrow$$

$$l_{\text{ког}} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$