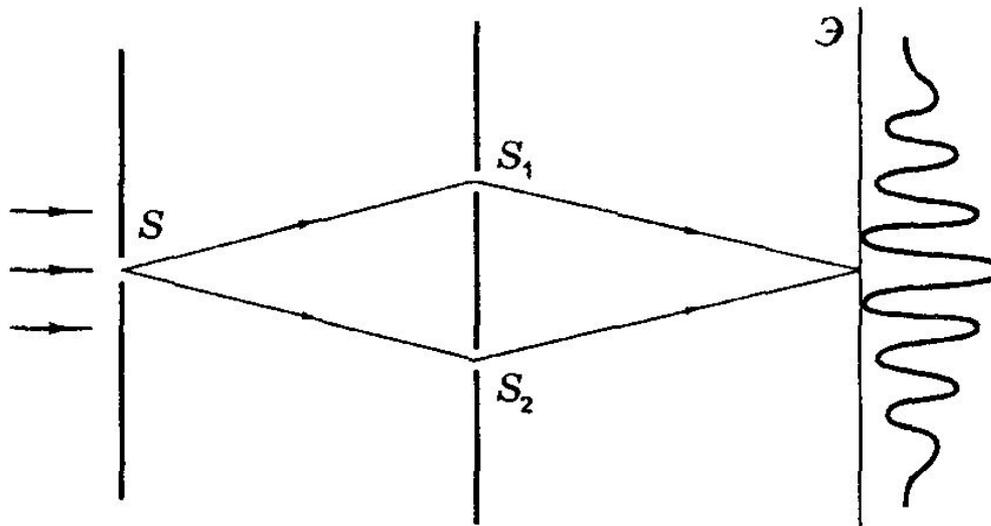


# ОБЩАЯ ФИЗИКА. ОПТИКА

Худайбергенов Гамзат  
Жапарович,  
кафедра экспериментальной  
физики и радиофизики, 1 корпус  
ОмГУ, ауд. 234а, т. 64-44-92

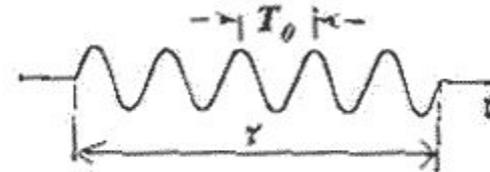
# 5. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

- ⊙ **Интерференция света** – сложение в пространстве двух или нескольких когерентных световых волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны.
- ⊙ **Интерференция света** – явление перераспределения энергии в пространстве.



# 5.1. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

- **Когерентность.** Когерентностью называется согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процессов. В соответствии с этим определением две монохроматические волны одной частоты всегда будут когерентными.
- **Монохроматические волны** — неограниченные в пространстве волны одной определенной и постоянной частоты — являются когерентными.
- Немонохроматический свет можно представить в виде совокупности сменяющих друг друга коротких гармонических импульсов излучаемых атомами — **волновых цугов**.
- Средняя продолжительность одного цуга  $\tau_{\text{ког}}$  называется **временем когерентности**.



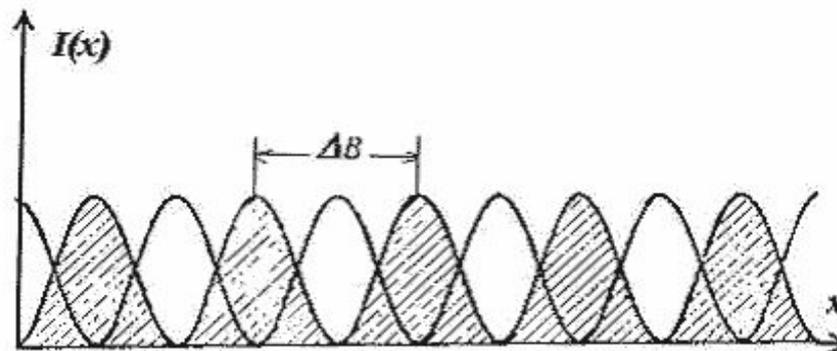
# 5.2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. КОГЕРЕНТНОСТЬ

- Если волна распространяется в однородной среде, то фаза колебаний в определенной точке пространства сохраняется только в течение времени когерентности. За это время волна распространяется в вакууме на расстояние

$$l_{\text{ког}} = c\tau_{\text{ког}}, \text{ называемое длиной когерентности (или длиной цуга).}$$

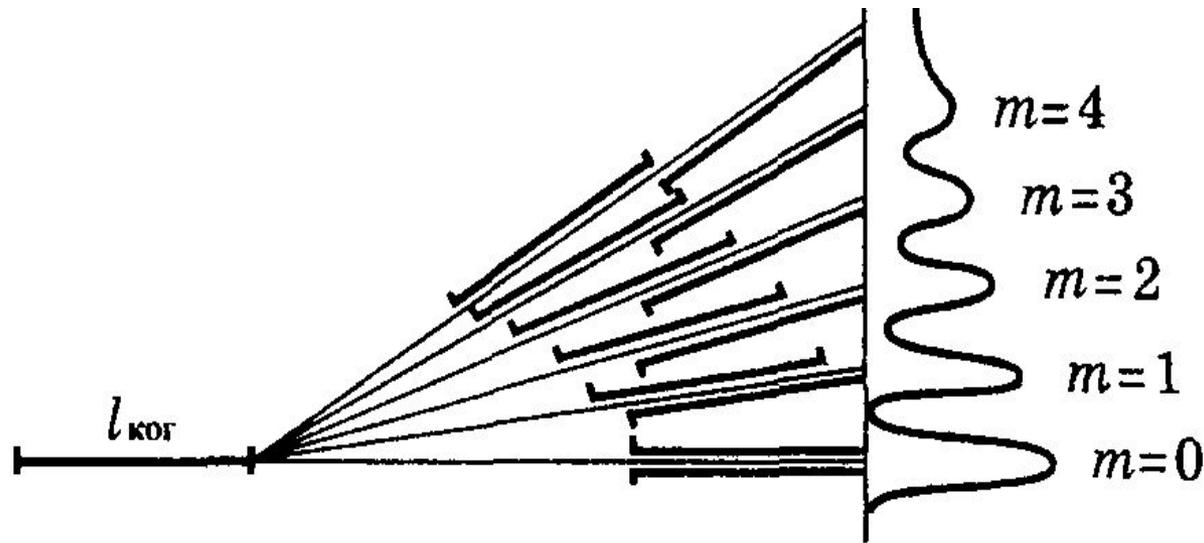
**Поэтому** наблюдение интерференции света возможно лишь при оптических разностях хода, меньших длины когерентности для используемого источника света.

- Временная когерентность** — это, определяемая степенью монохроматичности волн, когерентность колебаний, которые совершаются в одной и той же точке пространства. Временная когерентность существует до тех пор, пока разброс фаз в волне в данной точке не достигнет  $\pi$ .



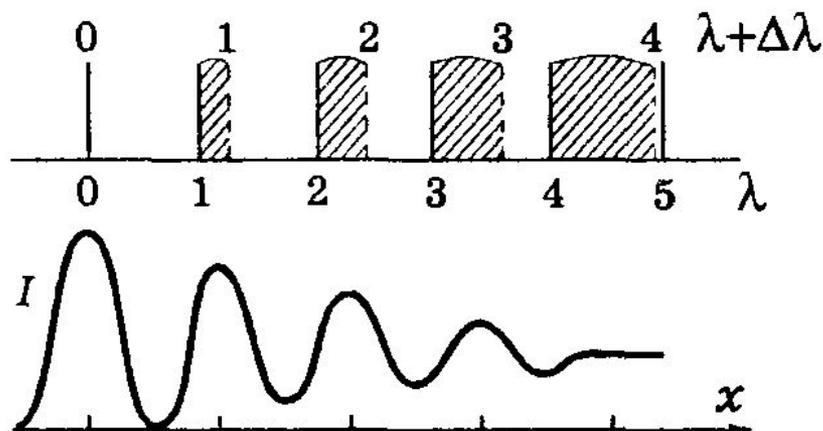
## 5.3. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. КОГЕРЕНТНОСТЬ

- *Длина когерентности* — расстояние, на которое перемещается волна за время когерентности



Длина когерентности определяет размер области экрана, на которой наблюдается интерференционная картина.

## 5.4. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. КОГЕРЕНТНОСТЬ.



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

здесь  $m$  предельный порядок наблюдения интерференции, начиная с которого интерференция не наблюдается.

$$m \approx \lambda / \Delta\lambda$$

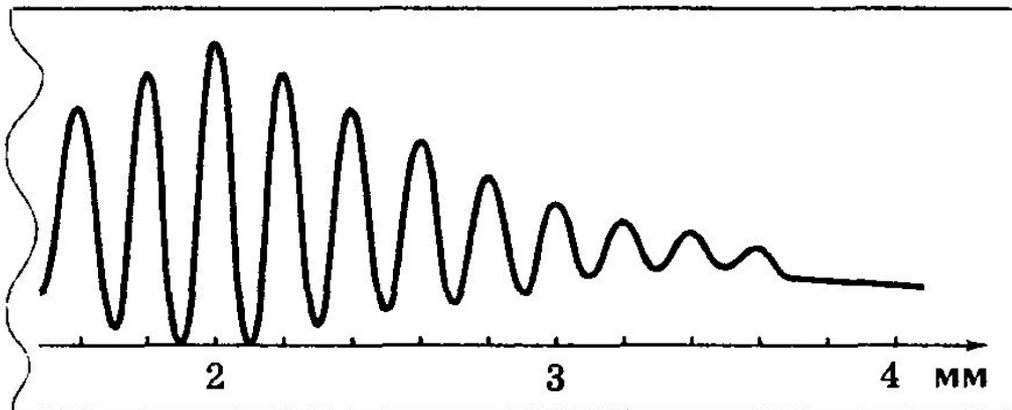
Величина  $\lambda / \Delta\lambda$  характеризует степень монохроматичности

## 5.5. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. КОГЕРЕНТНОСТЬ.

$$l_{\text{ког}} \approx m\lambda.$$

Мы видим, что длина когерентности световой волны непосредственно связана со степенью монохроматичности ( $\lambda/\Delta\lambda$ ): чем больше последняя, тем больше и длина когерентности. Для солнечного света  $l_{\text{ког}} \approx 5\lambda$ , для лучших (не лазерных) источников света удалось получить  $l_{\text{ког}}$  порядка нескольких десятков сантиметров. Лазеры позволили получить излучение с  $l_{\text{ког}}$  порядка сотен метров (и даже нескольких километров!).

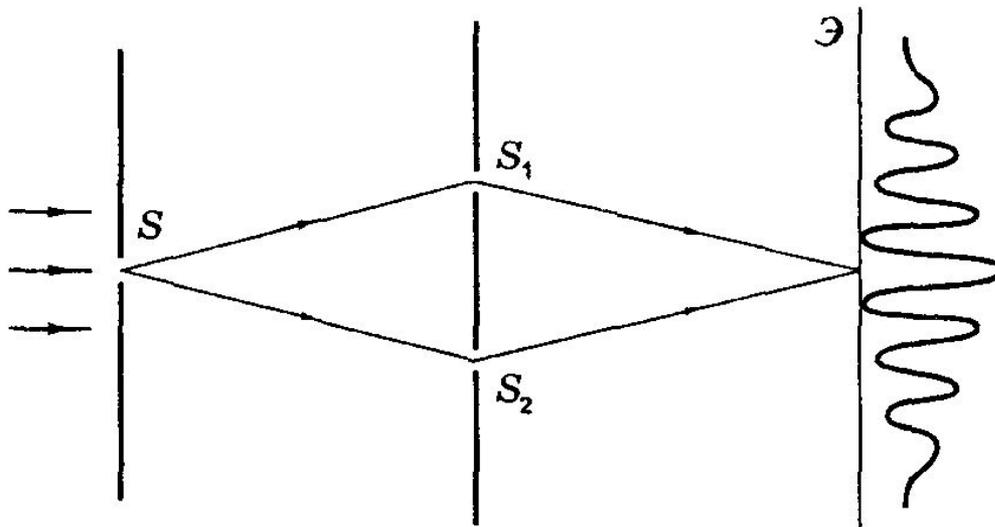
$$l_{\text{ког}} \approx \lambda^2 / \Delta\lambda.$$



## 5.6. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. КОГЕРЕНТНОСТЬ.

Для получения интерференционной картины необходимо, чтобы оптическая разность хода была меньше длины когерентности:

$$\Delta < l_{\text{ког}} \text{ , где } \Delta = n(S_2 - S_1)$$



# 6.1. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.

Рассмотрим суперпозицию двух плоских монохроматических волн одинаковой частоты:

$$A_1 = A_{10} \cos(\omega t + kr_1 + \phi_1), \quad A_1 = A_{10}$$

$$A_2 = A_{20} \cos(\omega t + kr_2 + \phi_2), \quad A_2 = A_{20}$$

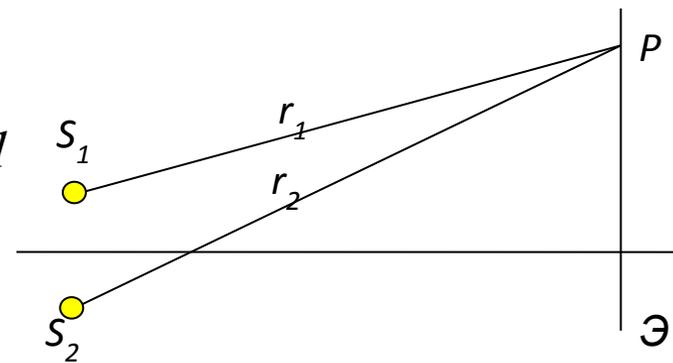
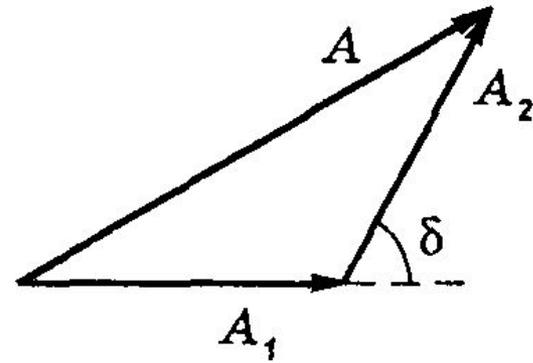
$k = 2\pi/\lambda$  - волновое число,

$\lambda = 2\pi c/\omega$  - длина волны,

$c$  - скорость света,

$r_1$  и  $r_2$  - длина пути пройденная волной 1 и 2 соответственно.

$\delta = (kr_2 + \phi_2) - (kr_1 + \phi_1)$  - разность фаз,  
 $\phi_2$  и  $\phi_1$  - начальные фазы 2 и 1 волны соответственно.



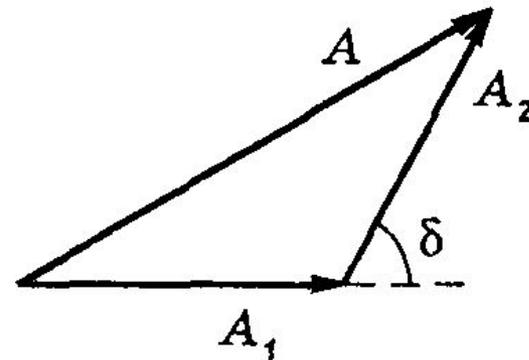
## 6.2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.

Если колебания некогерентны т.е. начальные фазы беспорядочно меняются во времени, и разность фаз есть функция времени  $\delta = \delta(t)$  – непрерывно меняется с равной вероятностью, то среднее значение по времени  $\langle \cos \delta(t) \rangle = 0$  последнее слагаемое в выражении для результирующей амплитуды обратится в ноль.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\langle \cos \delta(t) \rangle$$

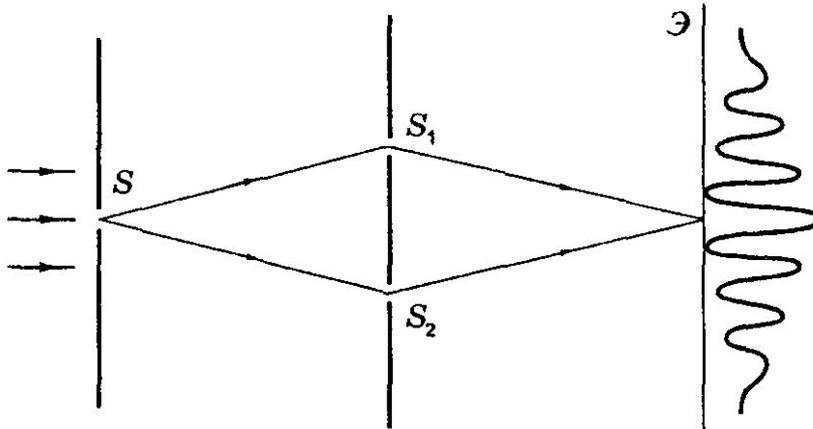
$$I \propto A^2$$

$$I = I_1 + I_2$$



## 6.3. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.

Если колебания когерентны т.е. начальные фазы не зависят от времени, и разность фаз не есть функция времени  
 $\delta \neq \delta(t)$

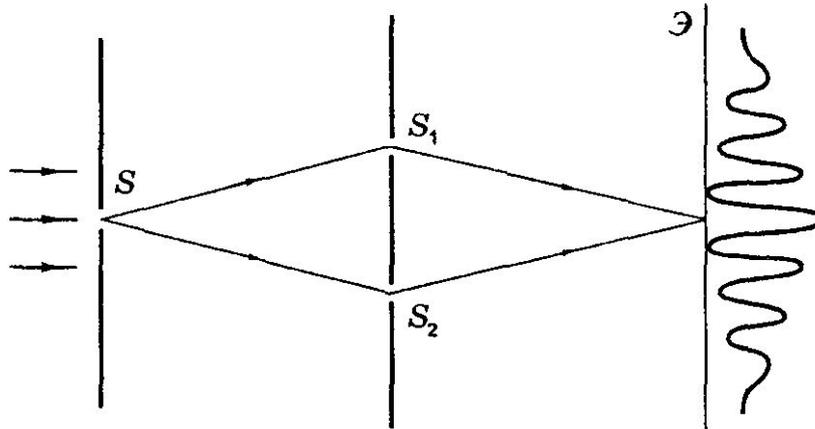


$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + \underline{\underline{2A_1A_2 \cos \delta}}$$

$$I = I_1 + I_2 + \underline{\underline{2\sqrt{I_1I_2} \cos \delta}}$$

## 6.5. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.

Если колебания когерентны т.е. начальные фазы не зависят от времени, и разность фаз не есть функция времени  
 $\delta \neq \delta(t)$



$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos \delta$$

## 6.6. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. УСЛОВИЕ МИНИМУМОВ И МАКСИМУМОВ

- ⊙  $\cos(\delta)=1$  при  $\delta=\pm 2m\pi$ , где  $m=0, 1, 2, 3\dots$

$$I_{max} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 \text{ если } I_1=I_2=I_0, \text{ тогда}$$

$$I_{max} = (\sqrt{I_0} + \sqrt{I_0})^2 = 4I_0$$

- ⊙  $\cos(\delta)=-1$  при  $\delta=\pm(2m+1)\pi$ , где  $m=0, 1, 2, 3\dots$

$$I_{min} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 \text{ если } I_1=I_2=I_0, \text{ тогда}$$

$$I_{min} = 0$$

## 6.6. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. УСЛОВИЕ МИНИМУМОВ И МАКСИМУМОВ

$$\delta = 2\pi m, \delta = nk(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

тогда

$$\Delta = m\lambda$$

- условие

интерференционных максимумов

$$\delta = \pm(2m + 1)\pi, \delta = nk(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

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

условие интерференционных

минимумов, колебания возбуждаемые в точке наблюдения будут происходить в противофазе

# 6.7. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА. РАСЧЕТ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ ОТ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ.

