



# Физические основы компьютерных и сетевых технологий

Семестр 2. Колебания и волны



Музыченко Я.Б.  
[muzychenko@itmo.ru](mailto:muzychenko@itmo.ru)  
2024

## Лекція 11. Інтерференція світла. Когерентність



- Интерференция. Метод деления амплитуды.
- Полосы равного наклона и равной толщины.
- Временная и пространственная когерентность.

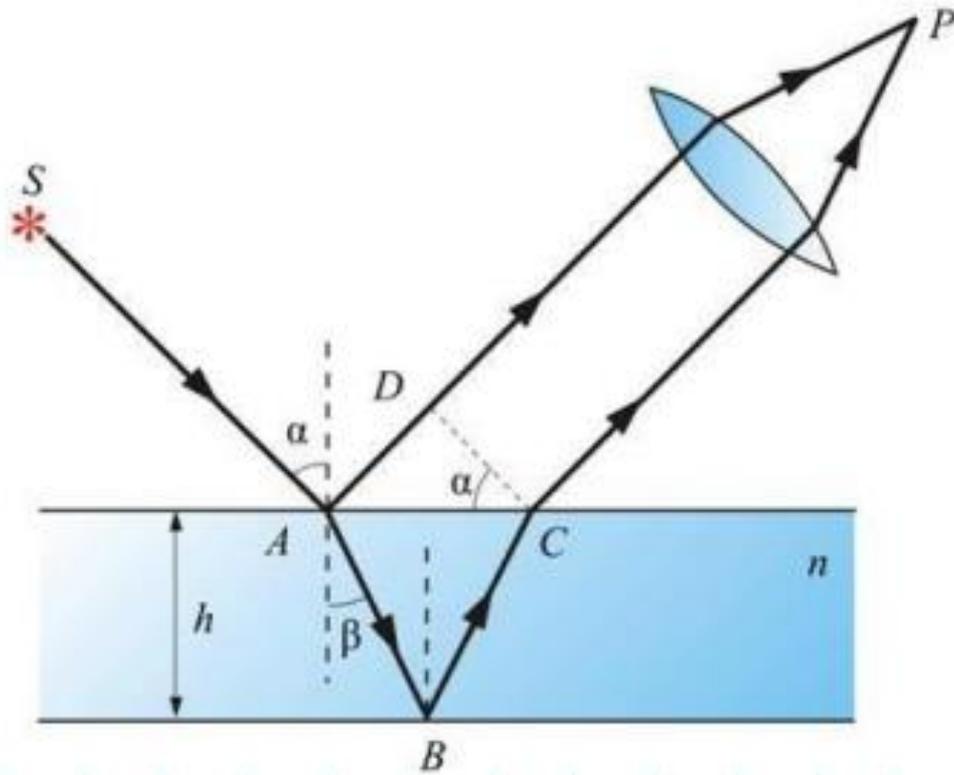
**Почему мыльные пузыри окрашены в разные цвета?**

**Почему мыльные пузыри окрашены в разные цвета?**

**Как разложение сигнала в спектр связано с когерентностью?**

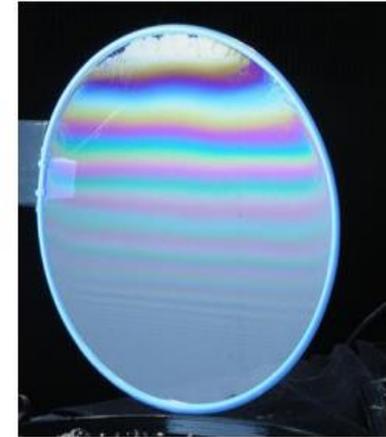
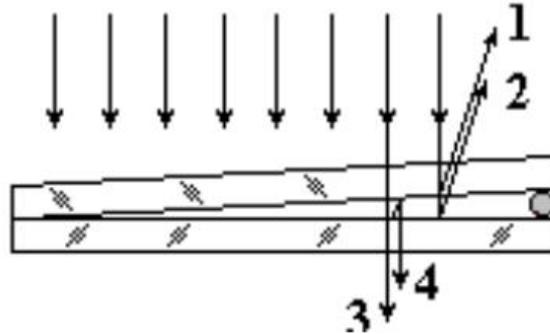
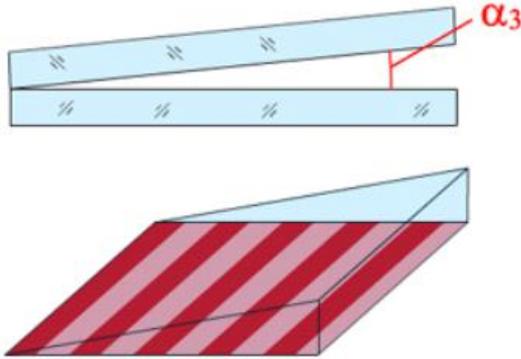
**Интерференция и дифракция: в чем разница?**

## Метод деления амплитуды: полосы равного наклона



*Здесь вывод на доске:*

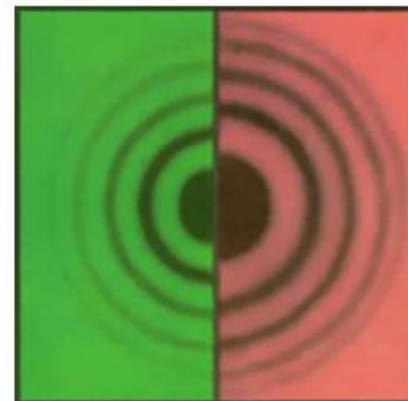
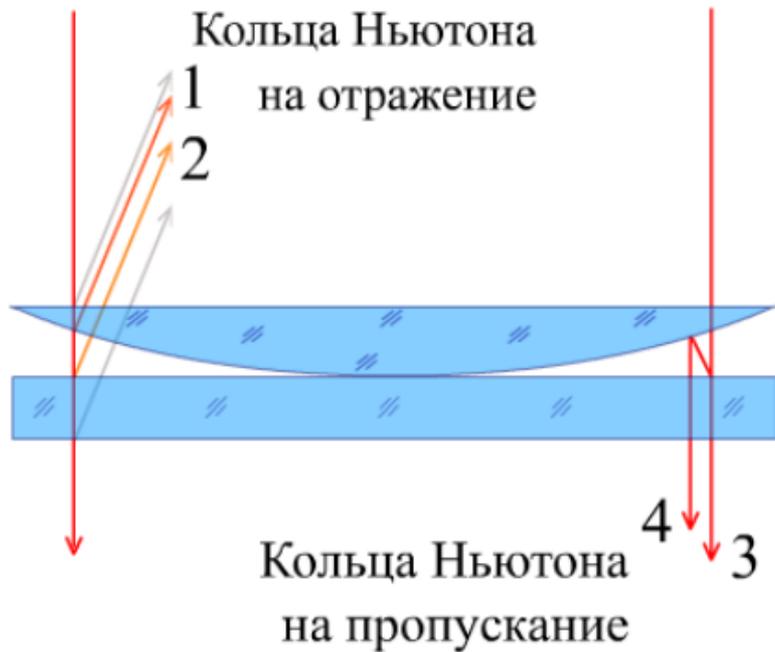
## Полосы равной толщины



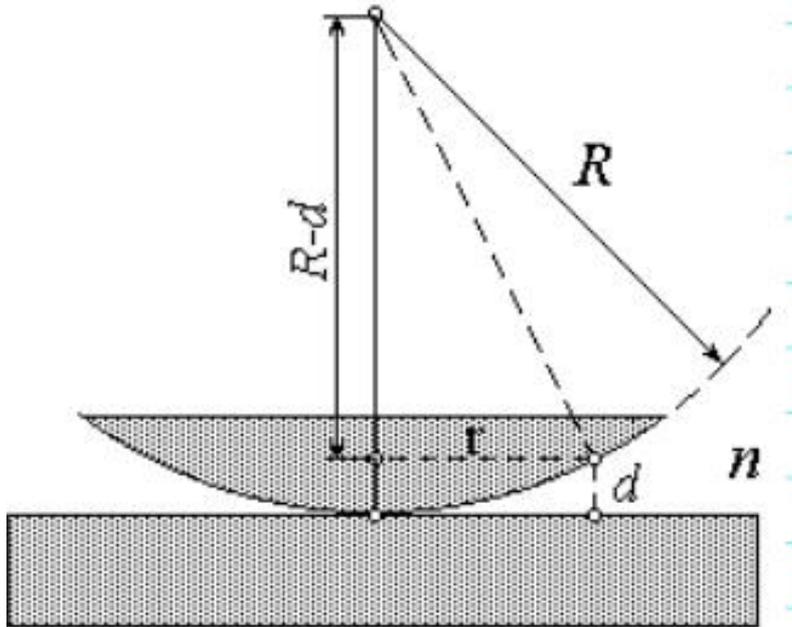
Область перекрытия локализована вблизи поверхности клина.  
Интерференционные полосы эквидистантны и параллельны ребру клина.  
Ширина полос уменьшается с ростом угла  $\alpha$ .

# Метод деления амплитуды: кольца Ньютона

ІТМО

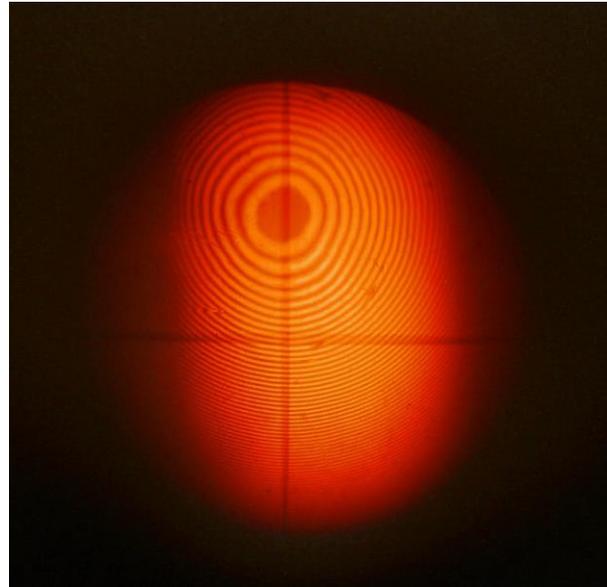


## Метод деления амплитуды: кольца Ньютона

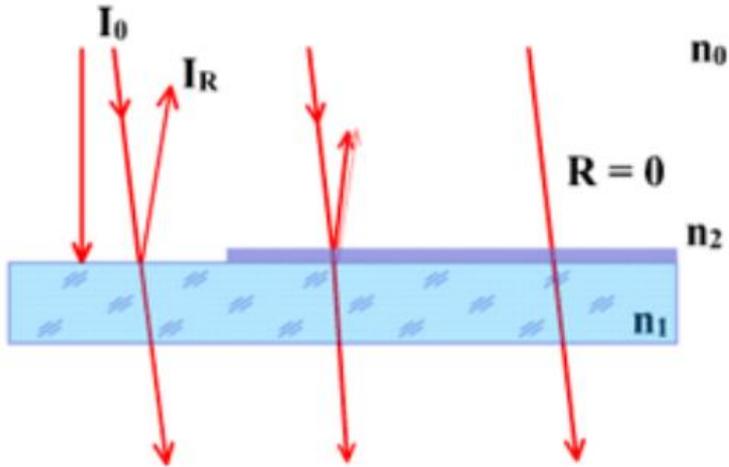


*Здесь вывод на доске:*

Отраженный или проходящий свет?



Просветление оптики – нанесение на поверхность стекла (линз, пластин и т.д.) тонких пленок для увеличения светопропускания.



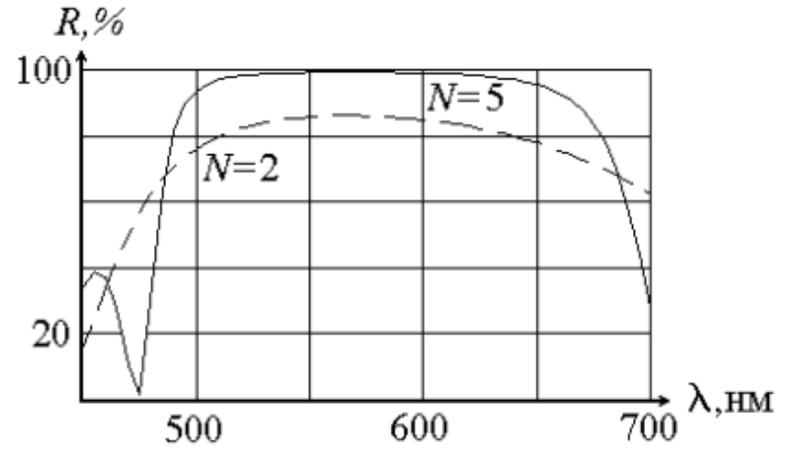
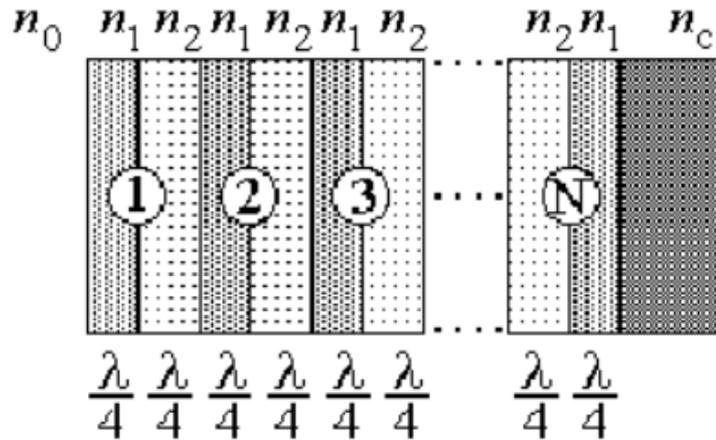
$$n_1 > n_2 > n_0$$

$$d = \frac{\lambda}{4n_2} \quad n_2 = \sqrt{n_0 n_1}$$



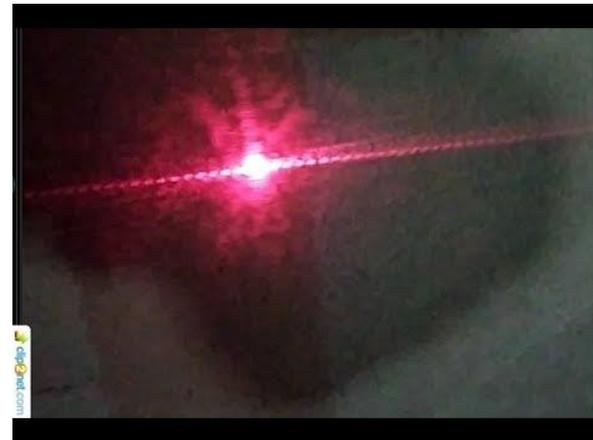
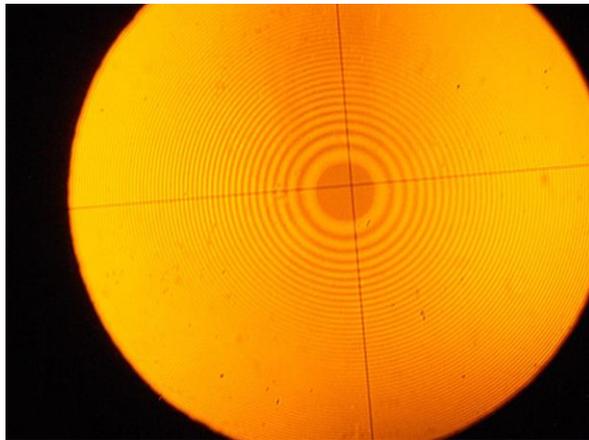
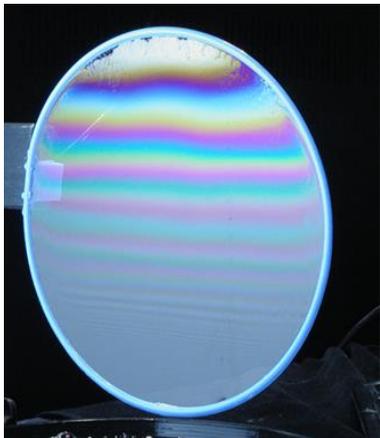
Почему линза окрашены в красные и фиолетовые цвета?

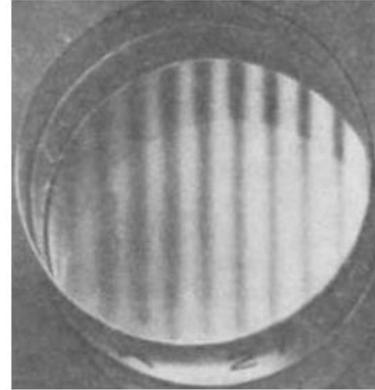
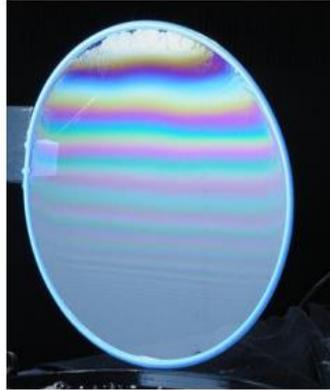
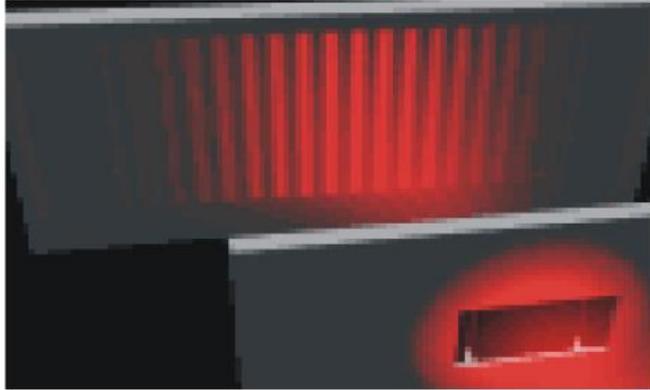




Многослойные покрытия, состоящие из чередующихся оптически более и менее плотных диэлектрических сред, которые используются получения высокоотражающих систем.

# Почему пропадает интерференционная картина?

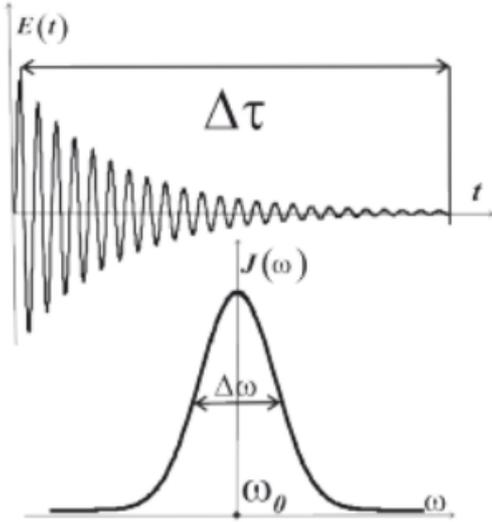




Интерференция наблюдается, если колебания являются когерентными.  
**Когерентность** – согласованное протекание волновых процессов.



# Естественная ширина спектральной линии



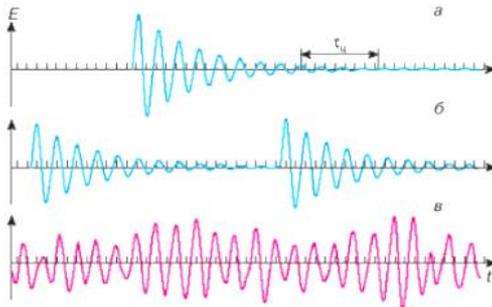
При колебаниях диполя/атома теряется энергия на излучение, что приводит к нарушению монохроматичности волны:

$$E(t) = E_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

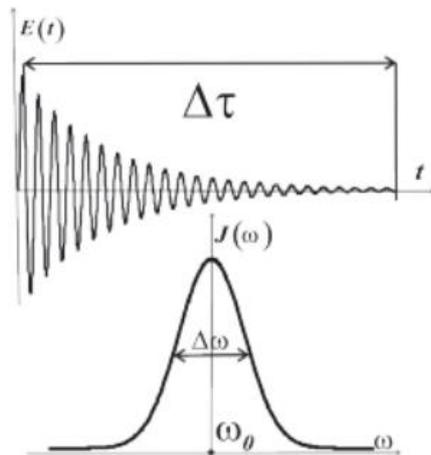
Тогда для разложения непериодической функции в спектр необходимо взять интеграл Фурье (Фурье-образ сигнала):

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} E(t) e^{-i\omega t} dt$$

Таким образом мы получаем частотную зависимость. ФП позволяет получить из временной зависимости функции суперпозицию монохроматических волн.



# Естественная ширина спектральной линии



Интенсивность волны:

$$I(\omega) \approx |F(\omega)|^2$$

Естественная ширина спектральной линии:

$$\Delta\omega = 2\beta$$

Для оптического диапазона ( $\lambda=0,6$  мкм,  $\omega=3 \cdot 10^{15}$ ):

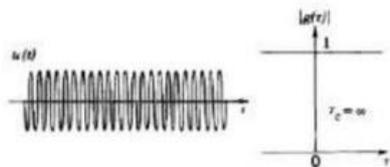
$$\Delta\omega = 10^8 \text{ c}^{-1} \quad Q = 10^7$$

Длительность цуга:

$$\tau \approx 10^{-8} \text{ c}$$

Универсальное соотношение:

$$\Delta\omega\Delta\tau = 2\pi$$



**Длительность цуга – время когерентности** – время, за которое случайное изменение фазы становится равным  $\pi$ . Время, за которое волна становится некогерентной сама себе.

**Длина когерентности** – расстояние, проходимое волной за время когерентности.

$$l_{\text{ког}} = c\tau$$

**Длительность цуга – время когерентности** – время, за которое случайное изменение фазы становится равным  $\pi$ . Время, за которое волна становится некогерентной сама себе.

**Длина когерентности** – расстояние, проходимое волной за время когерентности.

$$l_{\text{ког}} = c\tau$$

$$\cos\left[\left(\omega_0 \pm \frac{\Delta\omega}{2}\right)t_{\text{ког}}\right] = \cos(\omega_0 t_{\text{ког}} \pm \pi)$$

$\Delta\omega$  – ширина спектра

$$t_{\text{ког}} = \frac{2\pi}{\Delta\omega} = \frac{1}{\Delta\nu}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad d\nu = -\frac{cd\lambda}{\lambda^2}$$

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

Степень монохроматичности

$$m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$

$$\cos\left[\left(\omega_0 \pm \frac{\Delta\omega}{2}\right)t_{\text{ког}}\right] = \cos(\omega_0 t_{\text{ког}} \pm \pi)$$

$\Delta\omega$  – ширина спектра

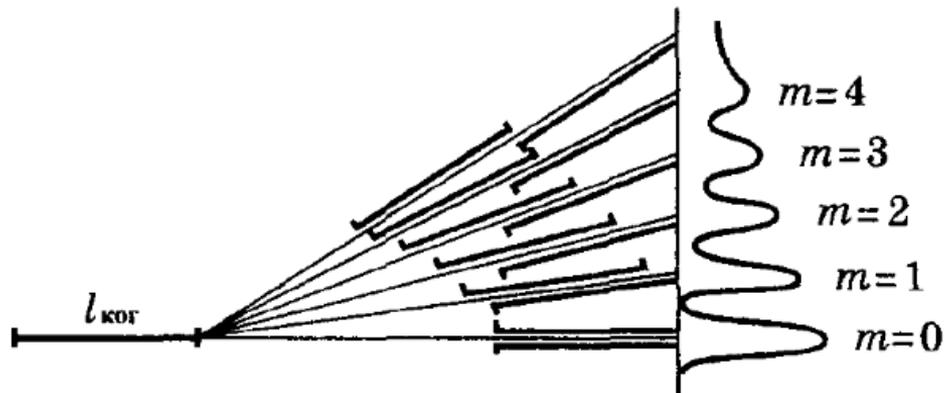
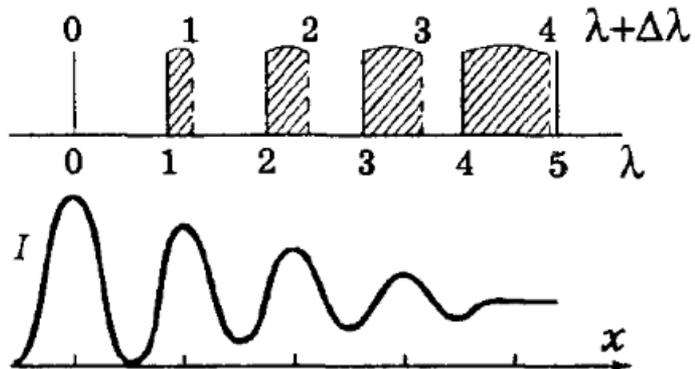
$$t_{\text{ког}} = \frac{2\pi}{\Delta\omega} = \frac{1}{\Delta\nu}$$

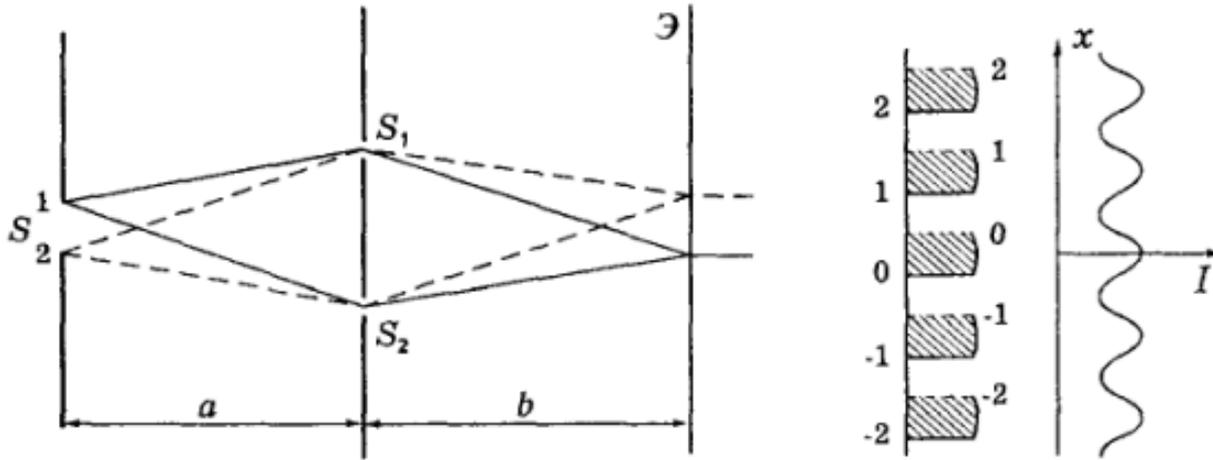
$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad d\nu = -\frac{cd\lambda}{\lambda^2}$$

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

Степень монохроматичности

$$m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$$





При расширении щели картина размывается – источники перестают быть когерентными.

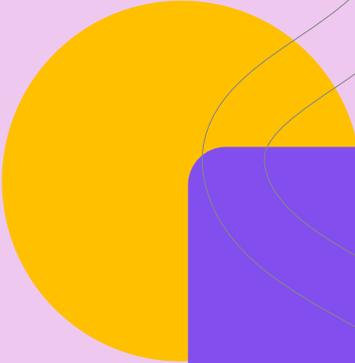
Ширина когерентности световой волны – расстояние, на котором отдельные участки волны когерентны между собой.

$$h_{\text{кор}} \approx d = \lambda l / \Delta x \approx \lambda l / s = \lambda / (s/l) = \lambda / \varphi,$$

1. Временная когерентность связана с тем, что реальные источники не являются монохроматическими.
2. Пространственная когерентность связана с тем, что реальные источники не являются точечными, а имеют протяженный размер.
3. Для хорошей видности интерференционной картины необходимо выполнение следующих условий:

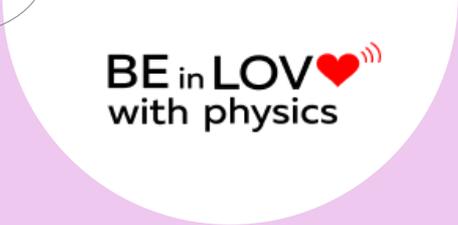
$$l_{\text{ког}} > \Delta$$

$$h_{\text{ког}} > d$$



**Спасибо  
за внимание!**

[muzychenko@itmo.ru](mailto:muzychenko@itmo.ru)



**BE in LOV**    
with physics