



Оптика

Лектор: Косарева Ольга Григорьевна

kosareva@physics.msu.ru



Лекция 8

Глава 3. Интерференция света

3.0 Определение и обозначения

3.1 Интенсивность при суперпозиции двух монохроматических волн

3.2. Способы получения когерентных волн в оптике

3.2.1 Получение когерентных волн и их интерференционной картины методом деления амплитуды волны

3.2.2 Получение когерентных волн и их интерференционной картины методом деления фронта волны

3.3 Длина и время когерентности

3.4 Размывание интерференционной картины и видность

Глава 3. Интерференция света

3.0 Определение и обозначения

Интерференцией называется изменение средней плотности потока энергии, обусловленное суперпозицией электромагнитных волн

Мы знаем, что средняя плотность потока энергии определяется так:

$$\langle S \rangle = I = \frac{1}{2Z} E_0^2$$

Но импеданс Z определяет свойства среды, а при наблюдении интерференции и дифракции мы обычно находимся в одной и той же среде, к тому же нам нужны будут относительные значения интенсивности, скорее всего относительно интенсивности падающей волны. И если нам понадобятся абсолютные значения, то на импеданс мы всегда разделим.

Так что будем вычислять интенсивность так:

$$I = \frac{1}{2} \text{Re} \langle E E^* \rangle$$



Глава 3. Интерференция света

3.0 Определение и обозначения

Нам важна средняя наблюдаемая величина, поэтому будем использовать усреднение по быстроосциллирующим составляющим, которое обозначено треугольными скобками

$$I = \frac{1}{2} \text{Re}\langle EE^* \rangle$$



3.1 Интенсивность при суперпозиции двух монохроматических волн

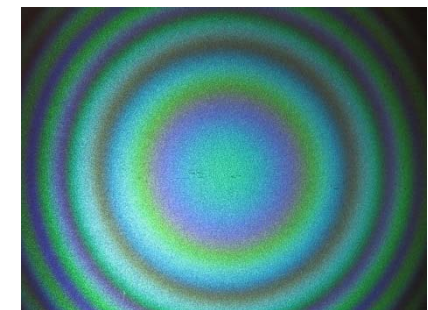
Для начала рассмотрим простой пример. Получим интенсивность, которая получается при суперпозиции двух монохроматических волн. Будем считать, что обе волны поляризованы линейно, в одном и том же направлении, частота одинакова, а амплитуды разные.

Пример этот смотрим в файле [2020_03_17_lecture8_optics.pdf](#)

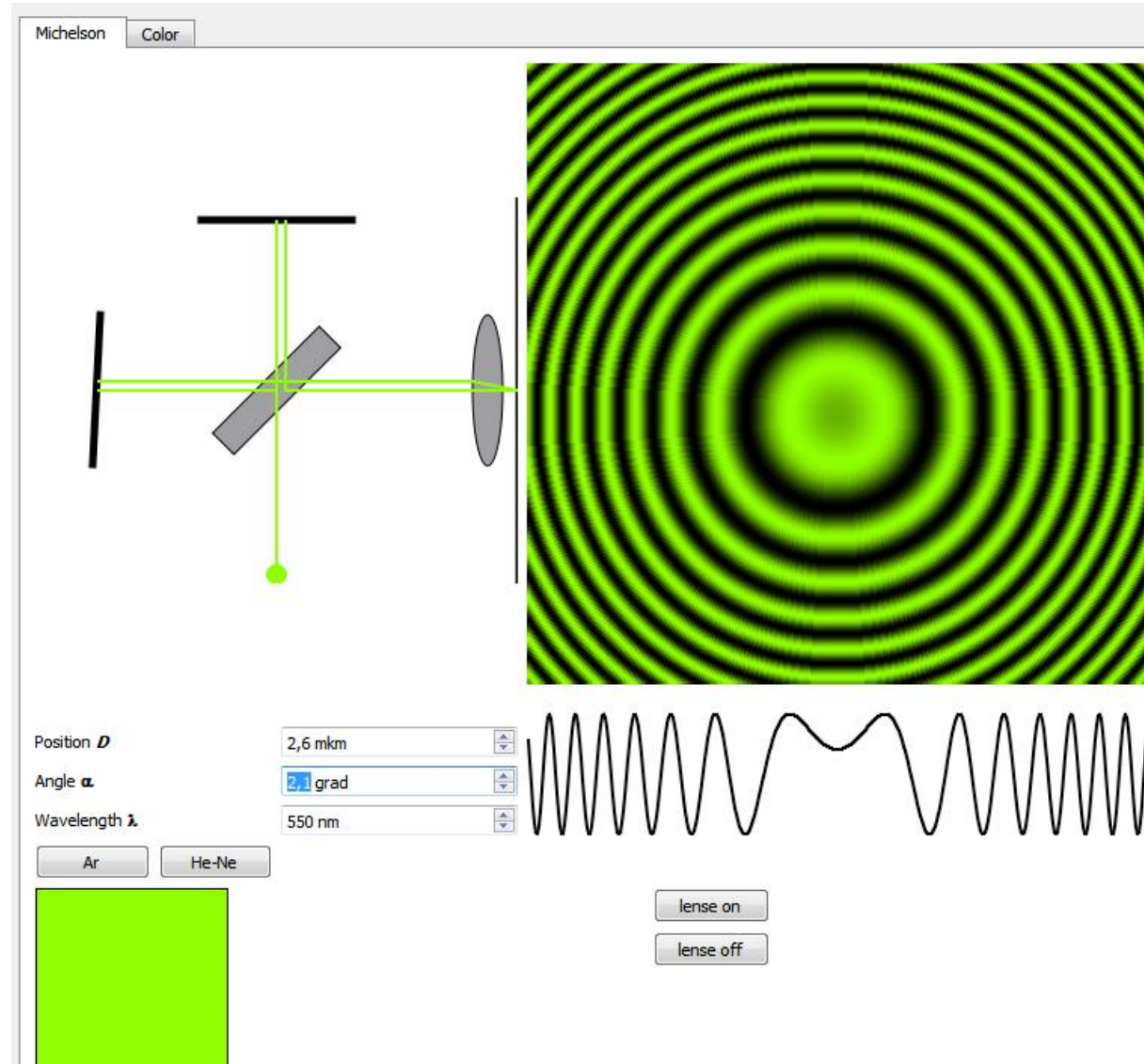
3.2. Способы получения когерентных волн в оптике

3.2.1 Получение когерентных волн и их интерференционной картины методом деления амплитуды волны

Интерферометр Майкельсона



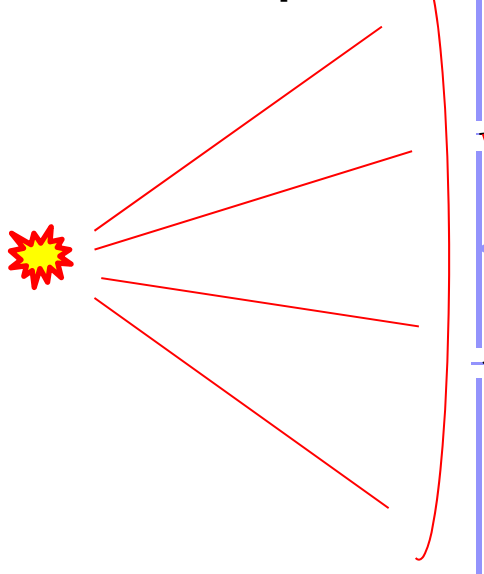
Интерферометр Майкельсона, отклонение от оси всего 2 градуса, а наблюдаемое число порядков интерференции велико, см выражение в файле 2020_03_17_lecture8_optics.pdf



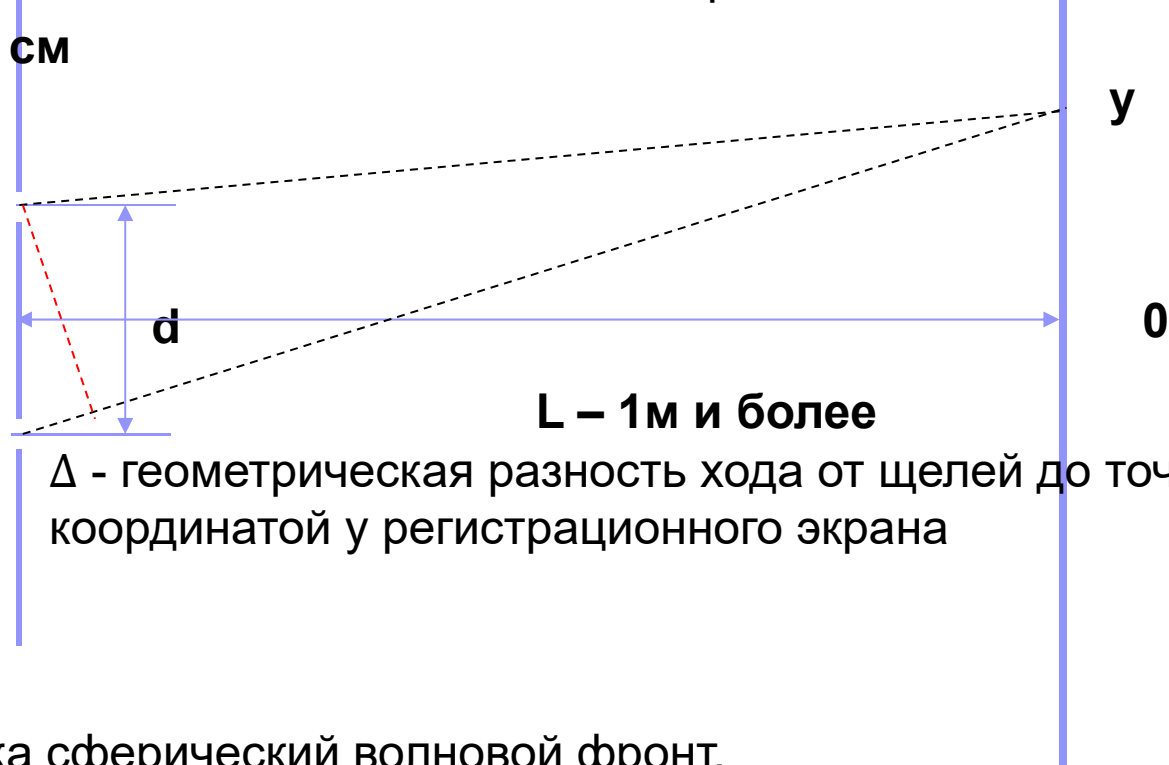
3.2 Способы получения когерентных волн В ОПТИКЕ

3.2.1. Получение интерференционных полос методом деления фронта волны – схема Юнга

Экран с двумя щелями
порядка 1 мм,
расстояние между
щелями порядка 1 см



Регистрационный экран,
координата y в вертикальном
направлении



L – 1 м и более

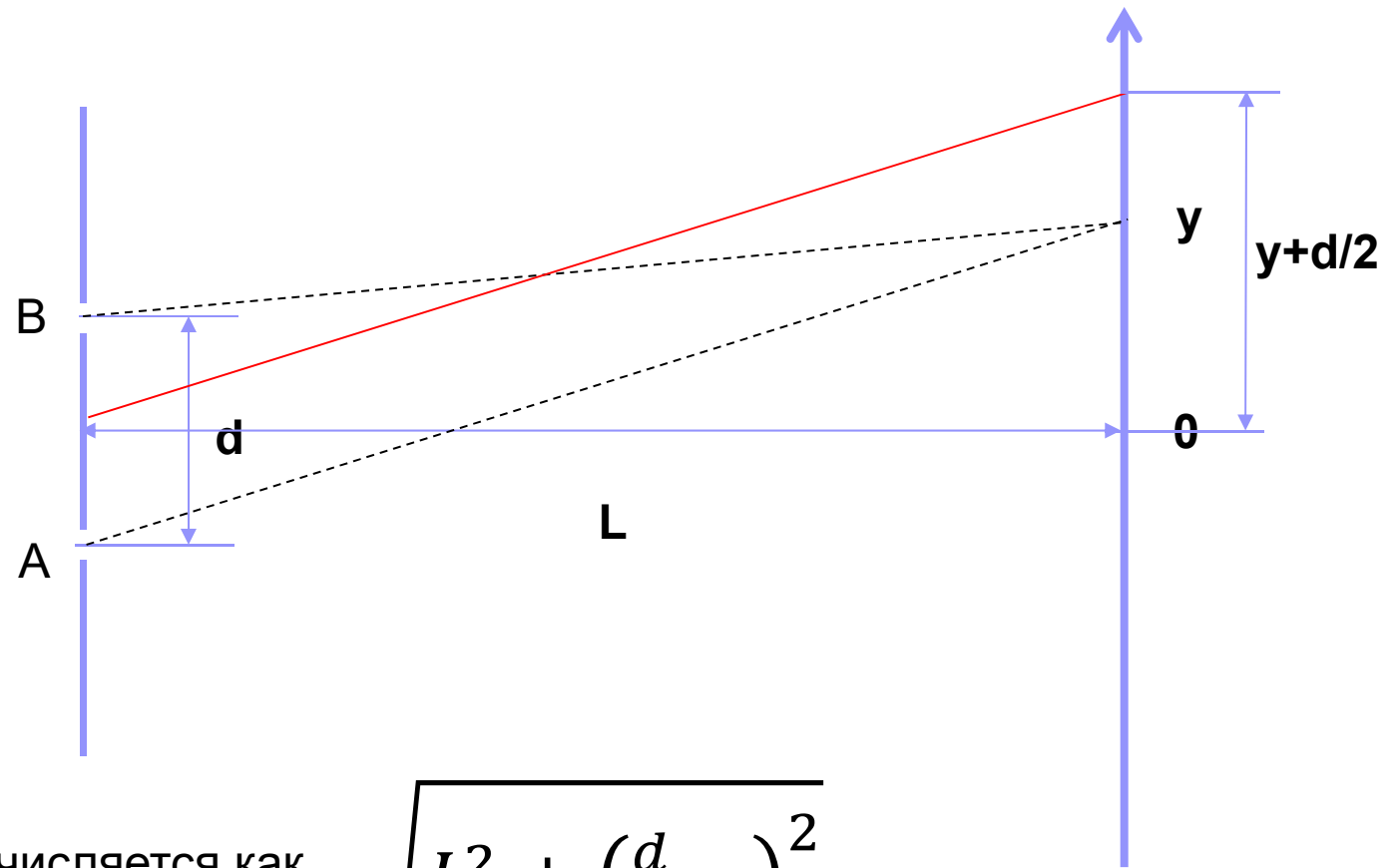
Δ - геометрическая разность хода от щелей до точки с
координатой y регистрационного экрана

У точечного источника сферический волновой фронт,
который становится на двух щелях практически плоским

3.2 Способы получения когерентных волн В ОПТИКЕ

3.2.1. Получение интерференционных полос методом деления фронта волны – схема Юнга

Считаем разность хода Δ : расстояние от щели А до точки y минус расстояние от щели В до точки y



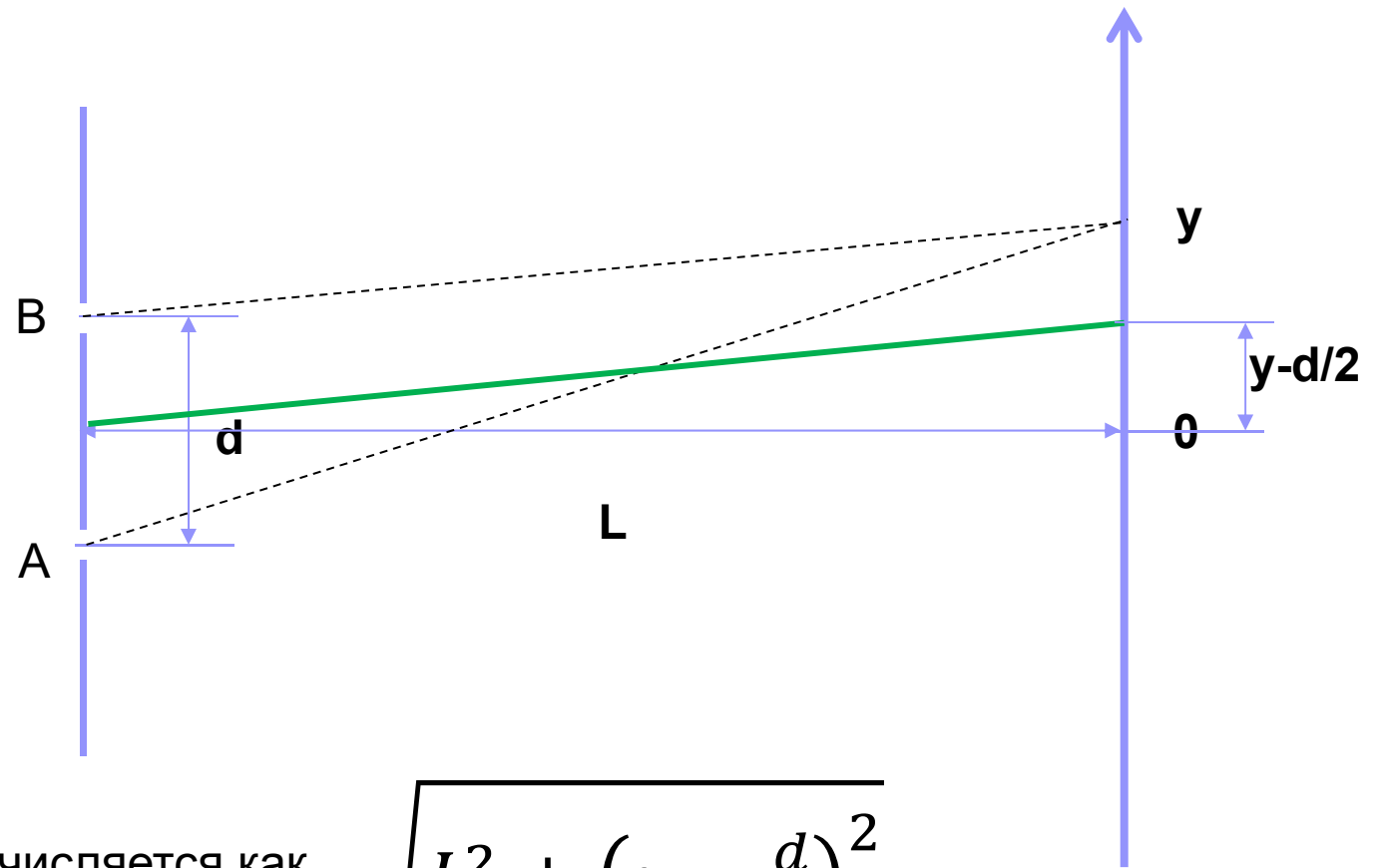
Красная гипотенуза вычисляется как

$$\sqrt{L^2 + \left(\frac{d}{2} + y\right)^2}$$

3.2 Способы получения когерентных волн В ОПТИКЕ

3.2.1. Получение интерференционных полос методом деления фронта волны – схема Юнга

Считаем разность хода: расстояние от щели A до точки y минус расстояние от щели B до точки y



Зеленая гипотенуза вычисляется как

$$\sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2}$$

Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Нам нужна разность красной и зеленой гипотенуз,
это и будет геометрическая разность хода от щелей:

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{L^2 + \left(\frac{d}{2} + y\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(y - \frac{d}{2}\right)^2} = \\ &= L \times \left(\sqrt{1 + \frac{\left(\frac{d}{2} + y\right)^2}{L^2}} - \sqrt{1 + \frac{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2}{L^2}} \right) = \\ &= L \times \left(\sqrt{1 + \frac{\left(\frac{d}{2} + y\right)^2}{L^2}} - \sqrt{1 + \frac{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2}{L^2}} \right) =\end{aligned}$$

Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

$$= L \times \left(\sqrt{1 + \frac{\left(\frac{d}{2} + y\right)^2}{L^2}} - \sqrt{1 + \frac{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2}{L^2}} \right) =$$

Раскладываем корень в ряд Тейлора и удерживаем первый порядок точности по малому параметру – отношению $\frac{\left(\frac{d}{2} \pm y\right)^2}{L^2}$, поскольку $d - 1\text{ см}$, а $L - \text{порядка } 1\text{ м}$

$$= L \times \left(1 + \frac{\left(\frac{d}{2} + y\right)^2}{2L^2} - \mathbf{1} - \frac{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2}{2L^2} \right) =$$



Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

$$= L \times \left(1 + \frac{\left(\frac{d}{2} + y\right)^2}{2L^2} - \mathbf{1} - \frac{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2}{2L^2} \right) =$$

$$= L \times \left(\frac{2dy}{2L^2} \right) = \frac{dy}{L}$$

Условие максимума наблюдения интерференционных полос
методом деления фронта волны

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



Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Ширина интерференционной полосы – это расстояние между положениями соседних максимумов вдоль оси y

$$y_m = \frac{m\lambda L}{d}$$

$$y_{m-1} = \frac{(m-1)\lambda L}{d}$$

$$\Delta y = (m - (m - 1)) \frac{\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$



Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Пример - ширина интерференционной полосы

Пусть длина волны излучения $\lambda = 620\text{нм}$ – красный цвет

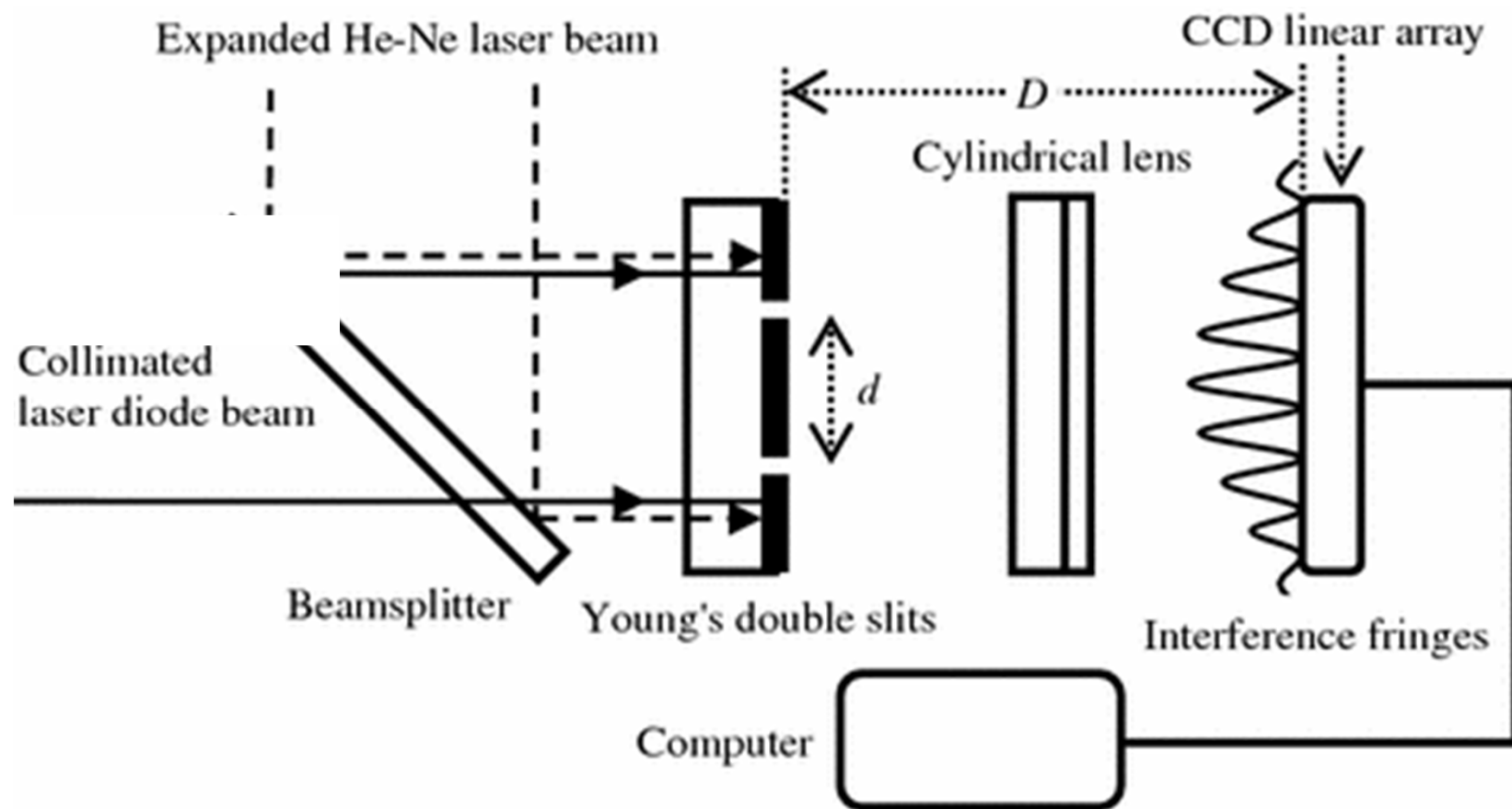
Пусть расстояние между
щелями $d = 2\text{мм}$

Тогда ширина
интерференционной полосы

$$\Delta y = \frac{620\text{нм} \times 10\text{м}}{2\text{мм}} = 0.31\text{м} = 3\text{см}$$

Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Пример – схема эксперимента с двумя щелями, линза используется, чтобы на меньшем расстоянии наблюдать интерференционные полосы и чтобы они ярче были, пучок лазера расширяется, чтобы волновой фронт был как можно более плоским.

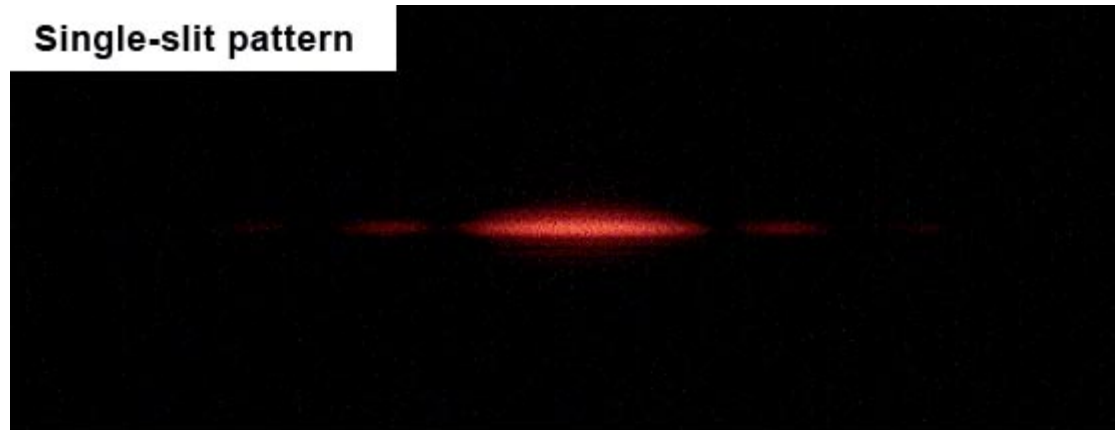


Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

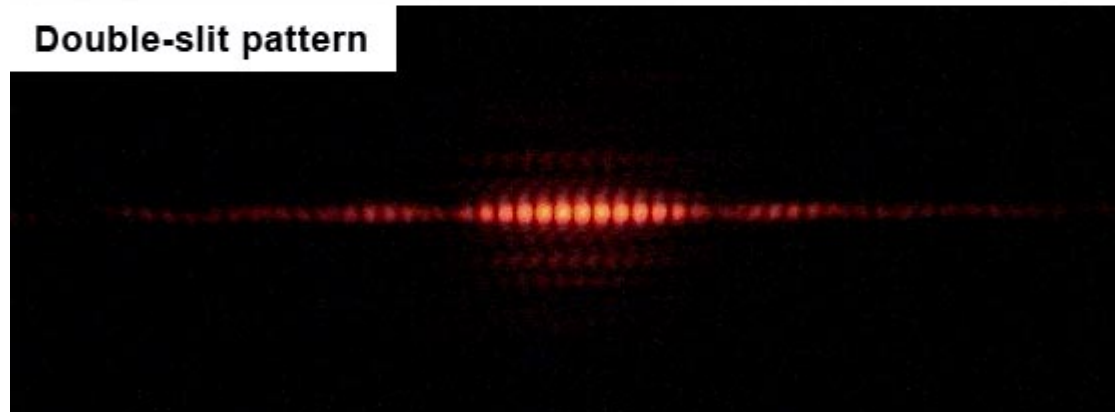
Вид полос на регистрационном экране, как было нарисовано выше на слайдах на нашей схеме, смотрим на экран!

при этом верхняя картина от одной щели, как мы видели с Юрием Лазаревичем на прошлых лекциях, нижняя от двух щелей. Расстояние между щелями 0.7мм, размер каждой щели около 0.4мм

Single-slit pattern

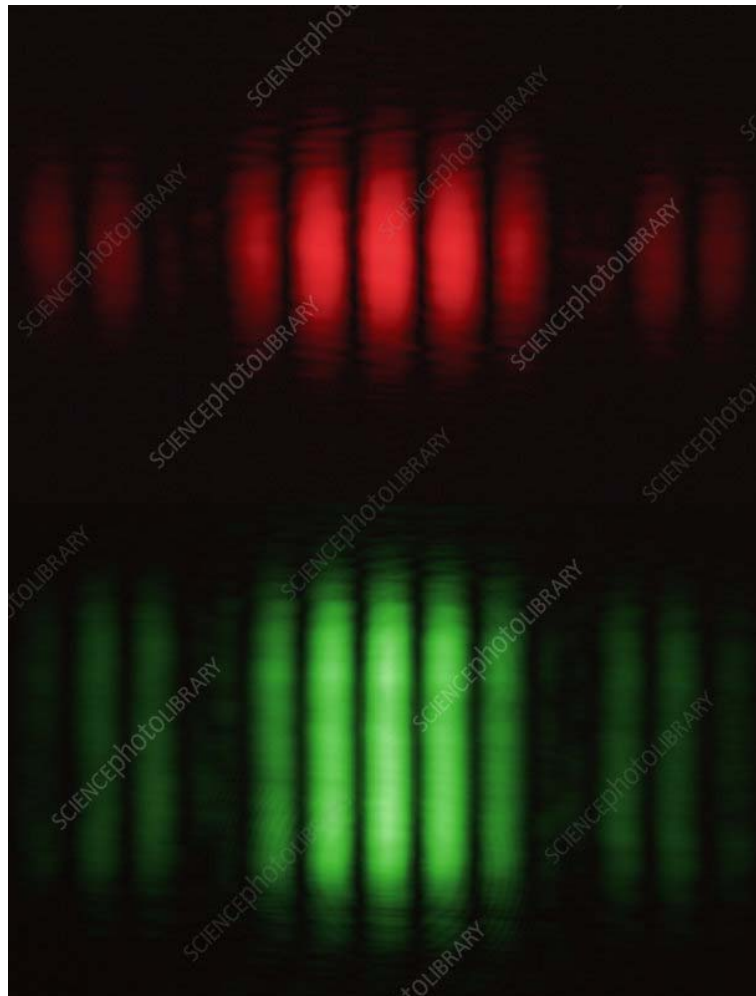


Double-slit pattern



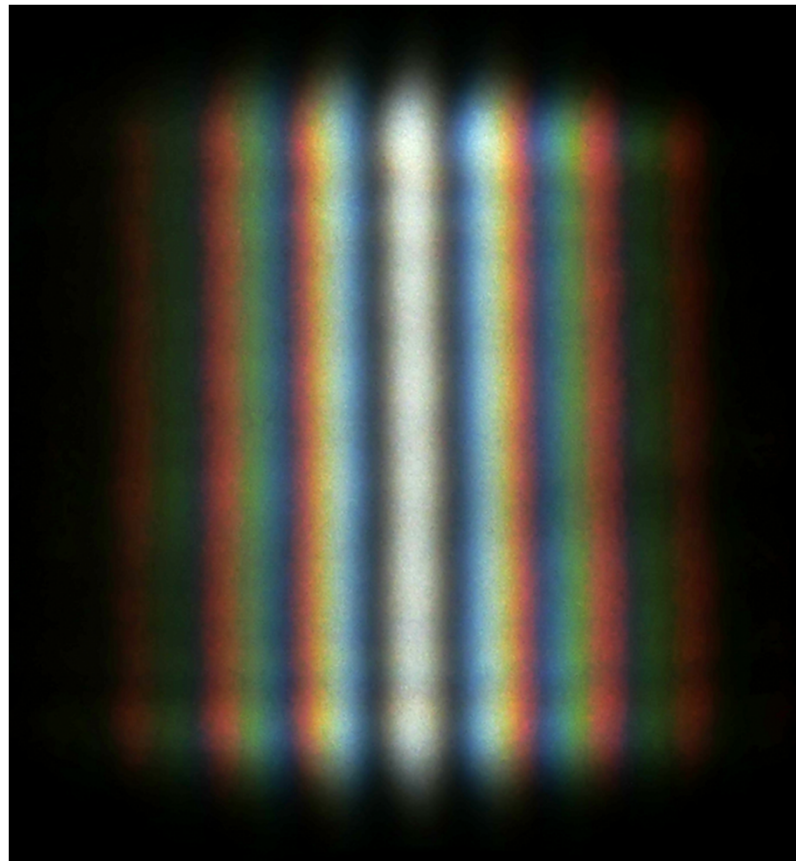
Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Вид полос на регистрационном экране, обратите внимание на зависимость ширины щели от длины волны.



Получение интерференционных полос методом деления фронта волны

Вид полос на регистрационном экране в солнечном свете (белом), обратите внимание на то, что чем выше порядок максимума интерференции, тем сильнее разнесены по пространству цвета. А это происходит из-за того, что больше расстояние между максимумами, как следует из выражения для ширины интерференционной полосы, полученного нами ранее.





Далее следует:

3.3 Размывание интерференционной картины и видность

3.4 Спектральное описание интерференционной картины от некогерентного источника