

Кольца Ньютона

Шмаков Владимир, ФФКЭ - Б04-105

МФТИ - февраль 2023

Цель работы

1. Познакомиться с явлением интерференции в тонких плёнках
2. Измерить радиус кривизны стеклянной поверхности, используя метод интерференционных измерений

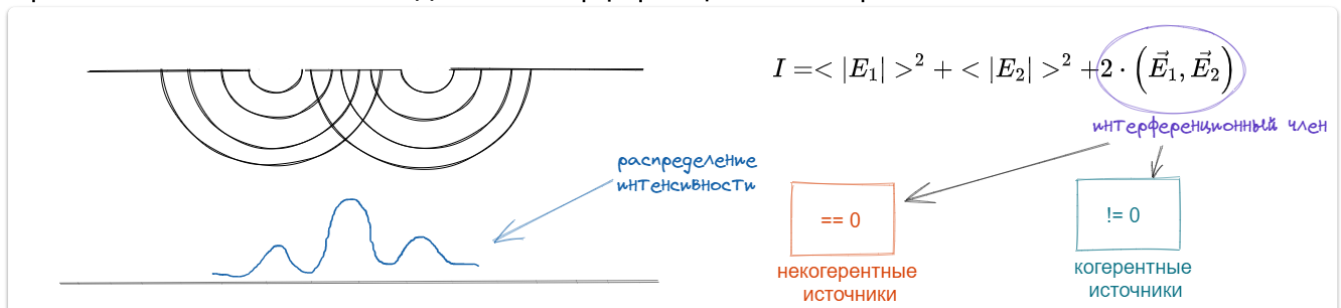
Оборудование

- Измерительный микроскоп
- Плосковыпуклая линза
- Пластина из черного стекла
- Ртутная лампа ДРШ
- Линзы
- Призма прямого зрения
- Объектная шкала

Теоретические сведения

Интерференция волн - взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга.

Простейшей схемой наблюдения интерференционной картины является схема Юнга:



Опыт раскрывает значения понятий **когерентности** и **некогерентности**, используемых для классификации пар источников света. Так, **когерентность**, означает постоянность разности фаз источников во времени.

Рассматривая интерференцию монохроматических волн с одинаковой частотой и поляризацией несложно получить условия для интерференционных максимумов и минимумов:

$$\Delta\phi = 2\pi t \text{ — максимум}$$
$$\Delta\phi = (2t + 1)\pi \text{ — минимум}$$

В нашем опыте, интерференция наблюдается в тонком воздушном слое, образованном сферической поверхностью линзы и плоской стеклянной пластинкой:

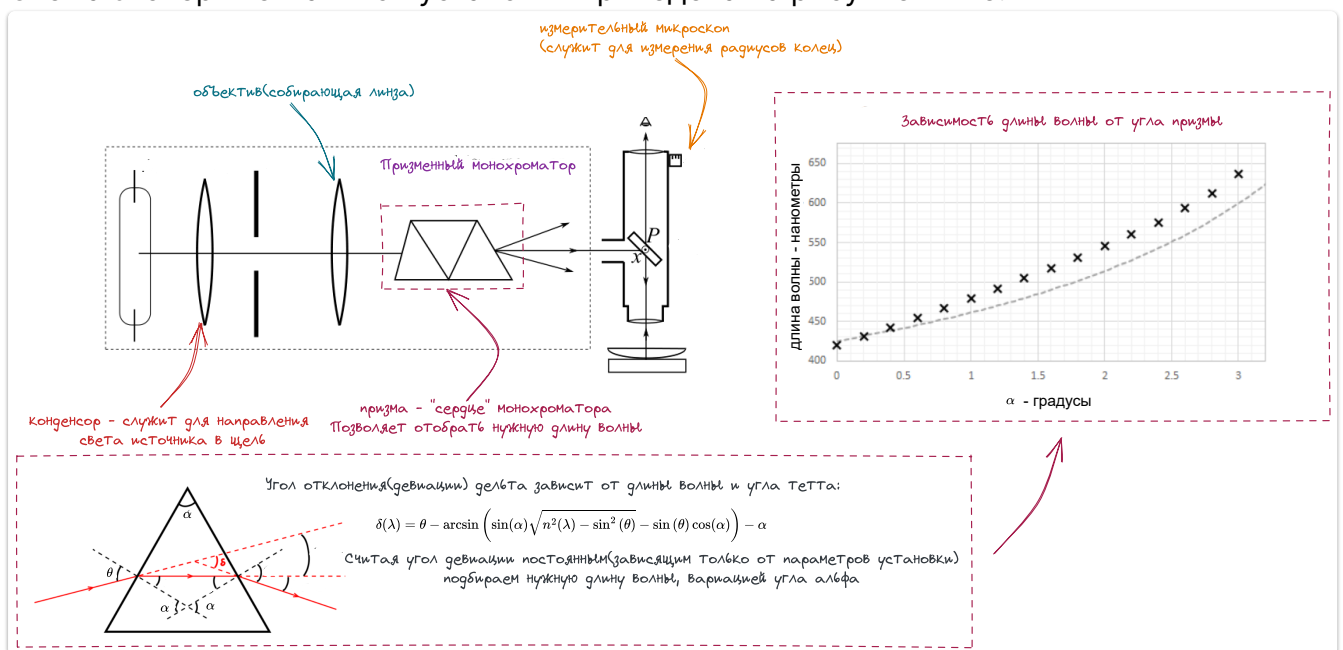


Из условий интерференционного минимума и максимума ($\Delta = (2m + 1)\lambda/2$, $\Delta = m\lambda$) получаем радиусы тёмных и светлых колец:

$$r_m^{dark} = \sqrt{m\lambda R} \quad r_m^{light} = \sqrt{\frac{(2m - 1)\lambda R}{2}} \quad (1)$$

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке ниже:



Источником света служит ртутная лампа. Для получения монохроматического света используется **монохроматор**, состоящий из конденсора, коллиматора (щель и объектив) и системы призм. Зависимость длины волны света от угла призмы представлена на рисунке выше.

Монохроматический свет попадает на **опак - иллюминатор**, служащий для освещения изучаемой системы. Настройка установки производится в белом свете, измерение радиусов колец - в зеленом (длина волны $\lambda = 546 \text{ нм}$).

Наблюдение биений

При освещении системы светом, содержащим две спектральные компоненты, наблюдается картина **биений**. То есть на исходную интерференционную картину накладывается другая картина (для длины волны λ_2).

То есть исходная картина "**амплитудно модулируется**" сигналом с пространственным периодом: $(\Lambda_1 - \Lambda_2)/2$. Где Λ_1 - исходный пространственный период, Λ_2 - пространственный период для интерференционной картины с длиной λ_2 .

Для расчета разности длин волн $\Delta\lambda = |\lambda_1 - \lambda_2|$. Используем формулу

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_1}{\Delta m} \quad (2)$$

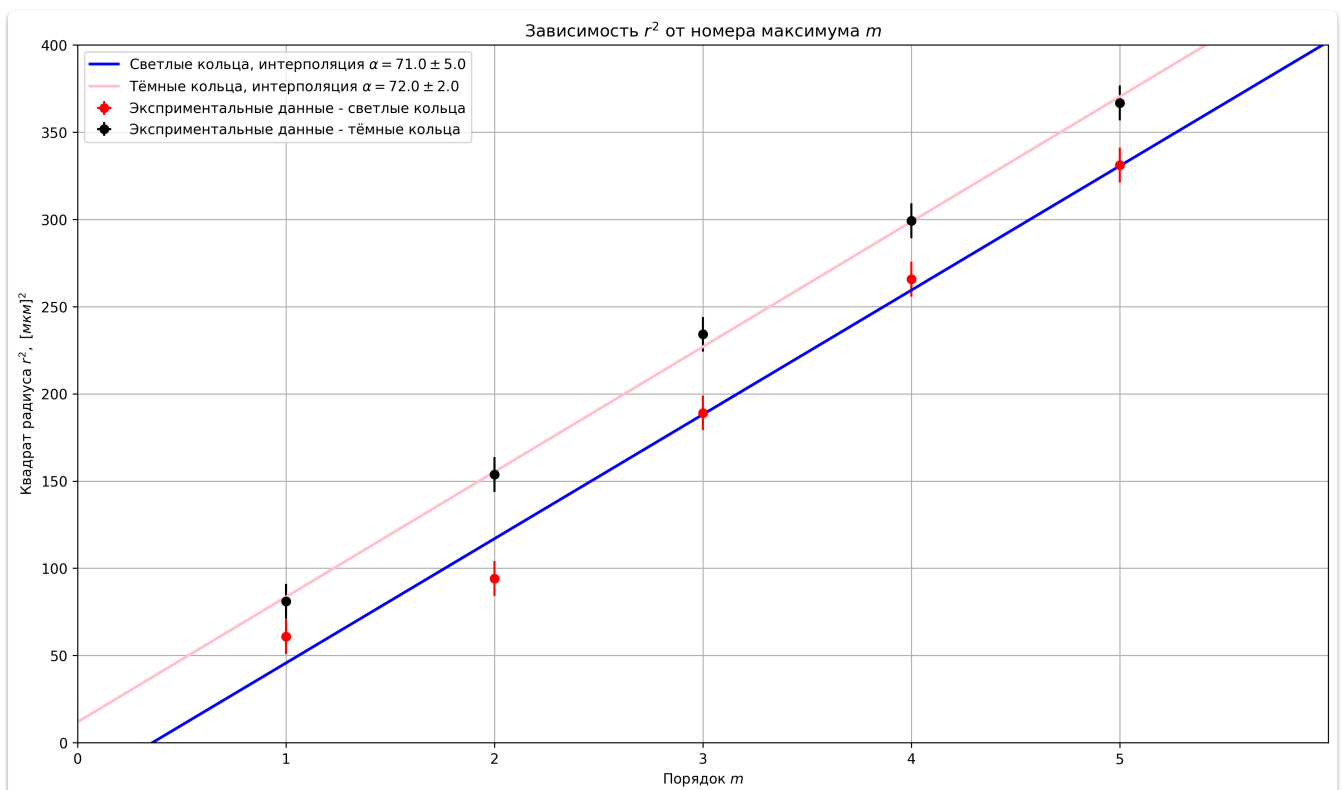
Δm - количество полос между центрами четких систем

Обработка результатов эксперимента

Нахождение радиуса кривизны линзы

После калибровки установки, и установления цены деления $c = 10 \text{ мкм}$, найдем диаметры колец.

Построим график зависимости квадратов радиусов колец от порядка m :



Найденный коэффициент наклона позволяет найти радиус кривизны линзы:

$$R = \frac{\alpha}{\lambda}, \quad \Delta R = \frac{\Delta\alpha R}{\alpha}$$

Подставив данные, получим: $R = 1.3 \pm 0.1 \text{ см}$

Определение разности длин волн

В ходе эксперимента получили $\Delta m = 13$. Подставив полученное значение в формулу (2), получим разность длин волн $\Delta \lambda = 42 \text{ нм}$.

Табличное значение составляет 33 нм (наблюдали биения при $\lambda_1 = 546 \text{ нм}$ - зеленый и $\lambda_2 = 578 \text{ нм}$ - желтый). Столь большое расхождение полученных данных с табличным значением объясняется неточностью определения Δm .

Вывод

В ходе проведенного эксперимента удалось познакомиться с интерференционным методом измерения радиуса кривизны. Полученный радиус кривизны линзы составил $1.3 \pm 0.1 \text{ см}$.

Получить радиус кривизны также позволяет формула линзы. Подставив измеренное фокусное расстояние f , и табличное значение n для стекла получили $R = 12.3 \text{ мм}$.

Также был найден радиус кривизны, исходя из геометрических соображений. Значение составило 1.39 см .

Таким образом, значение полученное методом интерференционных измерений совпало (в пределах погрешности) с другими оценками. Что говорит о возможности применения данного метода.

Плюсы метода заключаются в малой погрешности (в нашем эксперименте $\sim 7\%$), и в возможности его применения для нахождения радиусов кривизны маленьких объектов.