

Отчёт по лабораторной работе 4.2.1.

Кольца Ньютона.

Работу выполнил Громов Артём
ЛФИ Б02-006

Долгопрудный, 2022 г.

1. Аннотация

Цель работы: познакомиться с явлением интерференции в тонких плёнках (полосы равной толщины) на примере колец Ньютона и с методикой интерференционных измерений кривизны стеклянной поверхности.

В работе используется: измерительный микроскоп с опак-иллюминатором; плосковыпуклая линза; пластинка из чёрного стекла; ртутная лампа ДРШ; щель; линзы; призма прямого зрения; объектная шкала.

Этот классический опыт используется для определения радиуса кривизны сферических поверхностей линз. В нём наблюдается интерференция волн, отражённых от границ тонкой воздушной прослойки, образованной сферической поверхностью линзы и плоской стеклянной пластиной. При нормальном падении света (рис. 1) интерференционные полосы локализованы на сферической поверхности и являются полосами равной толщины.

Геометрическая разность хода между интерферирующими лучами равна удвоенной толщине воздушного зазора $2d$ в данном месте. Для точки на сферической поверхности, находящейся на расстоянии r от оси системы, имеем $r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2$, где R — радиус кривизны сферической поверхности.

При $R \gg d$ получим $d = r^2/(2R)$. С учётом изменения фазы на π при отражении волны от оптически более плотной среды (на границе воздух—стекло) получим оптическую разность хода интерферирующих лучей:

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}.$$

Условие интерференционного минимума $\Delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$ ($m = 0, 1, 2, \dots$), откуда получаем для радиусов тёмных колец

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}. \quad (1)$$

Аналогично для радиусов r'_m светлых колец

$$r'_m = \sqrt{(2m-1)m\lambda R/2}. \quad (2)$$

Для протяжённого источника линии равной толщины локализованы на поверхности линзы, если пластинка лежит на линзе, и вблизи поверхности линзы, если линза лежит на пластинке, как в нашем случае. Наблюдение ведётся в отражённом свете.

2. Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. Опыт выполняется с помощью измерительного микроскопа. На столике микроскопа помещается держатель с пластинкой чёрного стекла. На пластинке лежит исследуемая линза.

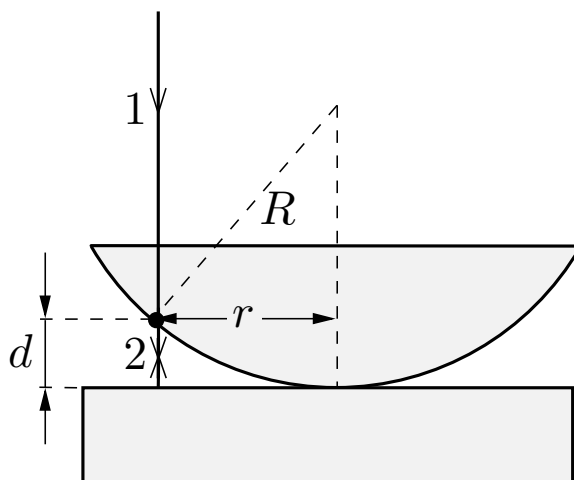


Рис. 1: Схема наблюдения колец Ньютона.

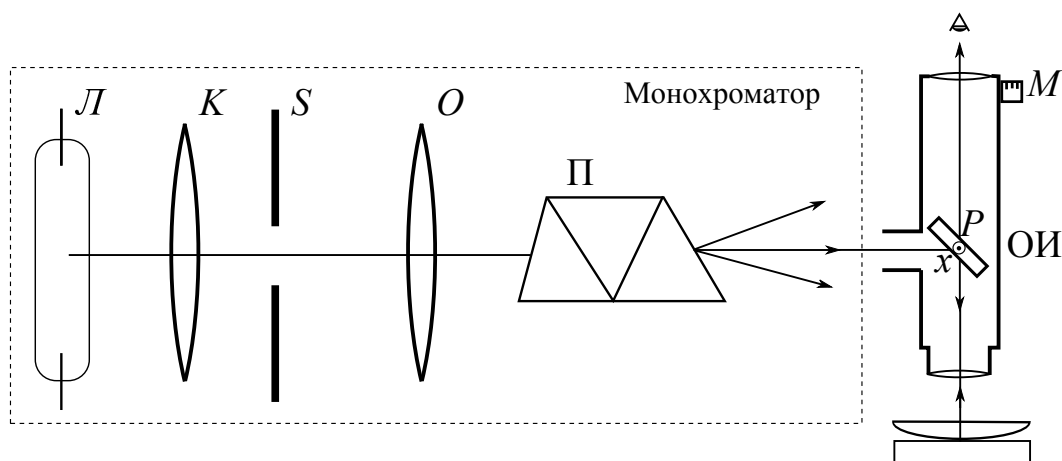


Рис. 2: Схема установки для наблюдения колец Ньютона.

Источником света служит ртутная лампа, находящаяся в защитном кожухе. Для получения монохроматического света применяется призменный монохроматор, состоящий из конденсора K , коллиматора (щель S и объектив O) и призмы прямого зрения Π . Эти устройства с помощью рейтеров располагаются на оптической скамье. Свет от монохроматора попадает на опак-иллюминатор (ОИ), расположенный между окуляром и объективом микроскопа — специальное устройство для освещения объекта при работе в отражённом свете. Внутри опак-иллюминатора находится полупрозрачная пластинка P , наклоненная под углом 45° к оптической оси микроскопа. Свет частично отражается от этой пластинки, проходит через объектив микроскопа и попадает на исследуемый объект. Пластинка может поворачиваться вокруг горизонтальной оси x , а опак-иллюминатор — вокруг вертикальной оси.

Столик микроскопа может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью винтов препаратоводителя. Отсчётный крест окулярной шкалы перемещается перпендикулярно оптической оси микроскопа с помощью микрометрического винта.

Оптическая схема монохроматора позволяет получить в плоскости входного окна опак-иллюминатора достаточно хорошо разделённые линии спектра ртутной лампы. Изображение щели S фокусируется на поверхность линзы объективом микроскопа, и в том же месте находится плоскость наблюдения микроскопа, т.е. точка источника и точка наблюдения интерференции совпадают. Картина интерференции как и в случае расположения пластинки сверху, так и в данном случае не зависит от коэффициента преломления линзы и определяется величиной зазора между нижней поверхностью линзы и стеклянной пластинкой.

Сначала микроскоп настраивается на кольца Ньютона в белом свете, а затем из спектра ртутной лампы выделяется зелёная линия и проводятся измерения в монохроматическом свете.

Наблюдение «биений». При освещении системы светом, содержащим две спектральные компоненты, наблюдается характерная картина биений: чёткость интерференционных колец периодически изменяется. Это объясняется наложением двух систем интерференционных колец, возникающих для разных длин волн λ_1 и λ_2 . Чёткие кольца в результирующей картине образуются при наложении светлых колец на светлые и тёмных на тёмные. Размытые кольца получаются при наложении светлых колец одной картины на тёмные кольца другой.

Нетрудно рассчитать период возникающих биений. Пусть в промежутке между двумя

центрами соседних чётких участков укладывается Δm колец для спектральной линии с длиной волны λ_1 . Тогда в этом промежутке должно располагаться $\Delta m + 1$ колец для спектральной линии с длиной волны λ_2 (при $\lambda_2 < \lambda_1$). В итоге получим формулу для разности частот:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_1}{m + 1}. \quad (3)$$

3. Результаты измерений и обработка данных

4. Обсуждение результатов

5. Вывод