

4.2.1. Кольца Ньютона.

Береснева А. П. (Б04-901)

Март 2021 года

Цель работы:

ознакомление с явлением интерференции в тонких пленках (полосы равной толщины) на примере колец Ньютона и с методикой интерференционных измерений кривизны стеклянной поверхности.

В работе используются:

измерительный микроскоп с опак-иллюминатором; плосковыпуклая линза; пластинка из черного стекла; ртутная лампа ПРК-4; щель; линзы; призма прямого зрения; объектная шкала.

Экспериментальная установка:

Опыт выполняется с помощью измерительного микроскопа. На столике микроскопа помещается держатель с полированной пластинкой из черного стекла, на котором лежит исследуемая линза.

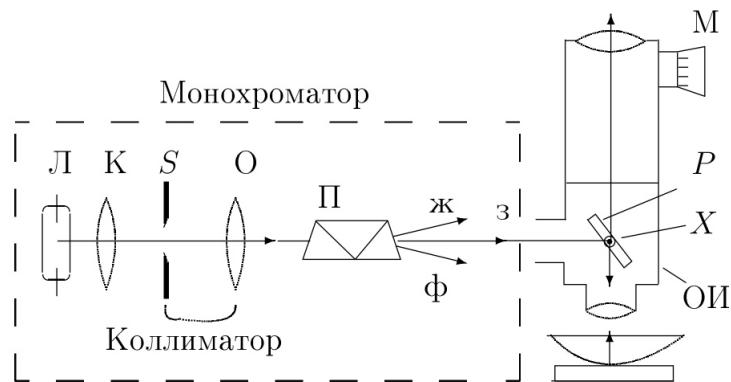


Рис. 1: Схема установки для наблюдения колец Ньютона.

Между окуляром и объективом микроскопа расположено опак-иллюминатор — устройство для освещения объекта при работе в отраженном свете. Внутри опак-иллюминатора находится полуопрозрачная стеклянная пластинка P , наклоненная под углом 45° к оптической оси микроскопа. Свет от расположенного сбоку источника частично отражается от этой пластиинки, проходит через объектив микроскопа и попадает на объект. Окуляр перемещается перпендикулярно оптической оси икromетрическим винтом.

Для монохроматизации света применяется призменный монохроматор, состоящий из конденсора K , щели S , объектива O и призмы прямого зрения Π .

Оптическая схема позволяет получить в плоскости входного окна опак-иллюминатора достаточно хорошо разделенные линии спектра ртутной лампы.

Теоретическое введение:

Кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн, отраженных от границ тонкой воздушной прослойки, заключенной между выпуклой поверхностью линзы и плоской стеклянной пластинкой.

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

Запишем условие минимума освещенности в интерференционной картине:

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

получаем для радиусов темных колец:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}$$

Аналогично для радиусов светлых колец:

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

Ход работы:

В работе предлагается определить радиус кривизны линзы, измерив диаметры колец Ньютона; исследовать картину биений и рассчитать разность длин волн между желтой и зеленой спектральными линиями ртути.

Определение радиуса кривизны линзы.

После настройки микроскопа проведем измерения диаметров колец Ньютона. Измерения проводим в безразмерных единицах окулярной шкалы, переведенной затем в реальную величину с помощью калиброванной объективной шкалы.

Определим цену деления: 0,1 мм эталонной шкалы = 103 дел. ЦД = $0,97 \cdot 10^{-6} \pm 0,009 \cdot 10^{-6}$ м.

Определим по наклону прямых графика (Рис.2.) R — радиус кривизны линзы.

$$k_{min} = 7,05 \cdot 10^{-9} \pm 0,04 \cdot 10^{-9}$$

$$k_{max} = 7 \cdot 10^{-9} \pm 0,04 \cdot 10^{-9}$$

$$r_{min}^2 = m\lambda R \rightarrow R_1 = \frac{k_{min}}{\lambda} = 0,01225 \text{ м} \rightarrow 6R_1 = \frac{6k_{min}}{\lambda} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$r_{max}^2 = (2m - 1) \frac{\lambda R}{2} \rightarrow R_2 = \frac{k_{max}}{\lambda} = 0,01215 \text{ м} \rightarrow 6R_2 = \frac{6k_{max}}{\lambda} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

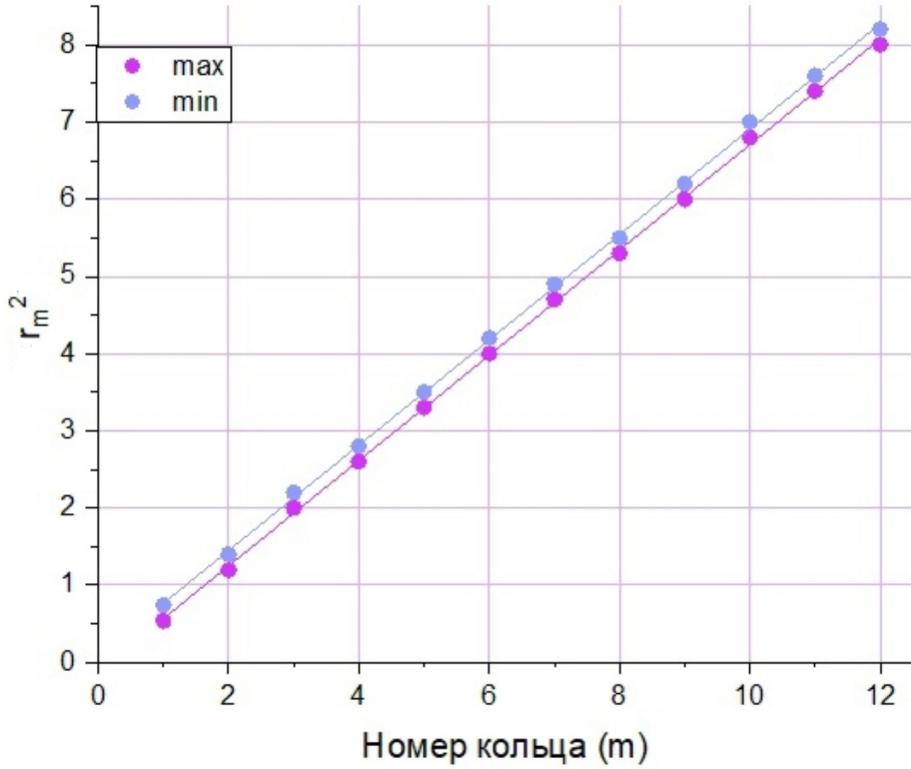


Рис. 2: График зависимости радиусов колец от их номера.

Наблюдение «биений».

Убираем монохроматор. В опак-иллюминатор поступает свет от ртутной лампы, в спекре которой преобладают желтый и зеленый цвета. Из-за того, что волны желтого и зеленого лучей имеют разную длину, мы видим картину биений — череду четких систем колец и нечетких.

Посчитаем количество темных полос между соседними четкими системами: $\Delta m = 16$. Зная длину волны зеленого света, мы можем определить длину волны желтого и разность длин волн желтого и зеленого света ртутной лампы:

$$\lambda_1 m = \lambda_2(m + 1) \rightarrow m = \frac{\lambda_2}{\Delta\lambda}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_2}{m} = \frac{576}{16} = 36 \text{ нм}$$

Табличное значение: $\lambda = (565 - 590) \text{ нм}$.

Вывод:

В данной работе было зафиксировано явление интерференции в тонких пленках — кольца Ньютона, получено значение радиуса кривизны линзы:

$$R = 0,01220 \pm 0,00006 \text{ м}$$

Определили из экспериментального периода биений разницу длин волн зеленого и желтого света ртутной лампы, которая оказалась равна примерно $\Delta\lambda = 36 \text{ нм}$, табличное значение — 33 нм.

Приложение:



Рис. 3: Кольца Ньютона

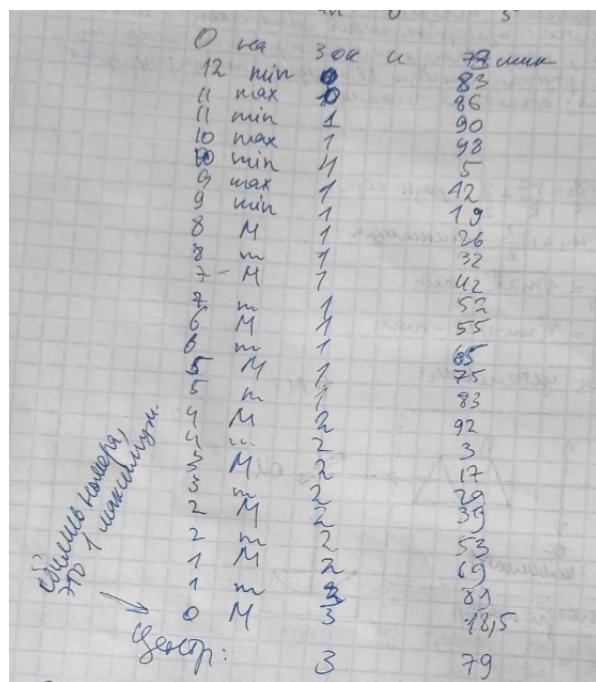


Рис. 4: Полученные в работе значения