

Лабораторная работа 4.2.1

Кольца Ньютона

Гарина Ольга Б04-901

30 апреля 2021 г.

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

Линии постоянной разности хода представляют собой concentric rings с центром в точке соприкосновения. Радиусы тёмных и светлых колец определяются формулами (1) и (2) соответственно. 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.

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

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

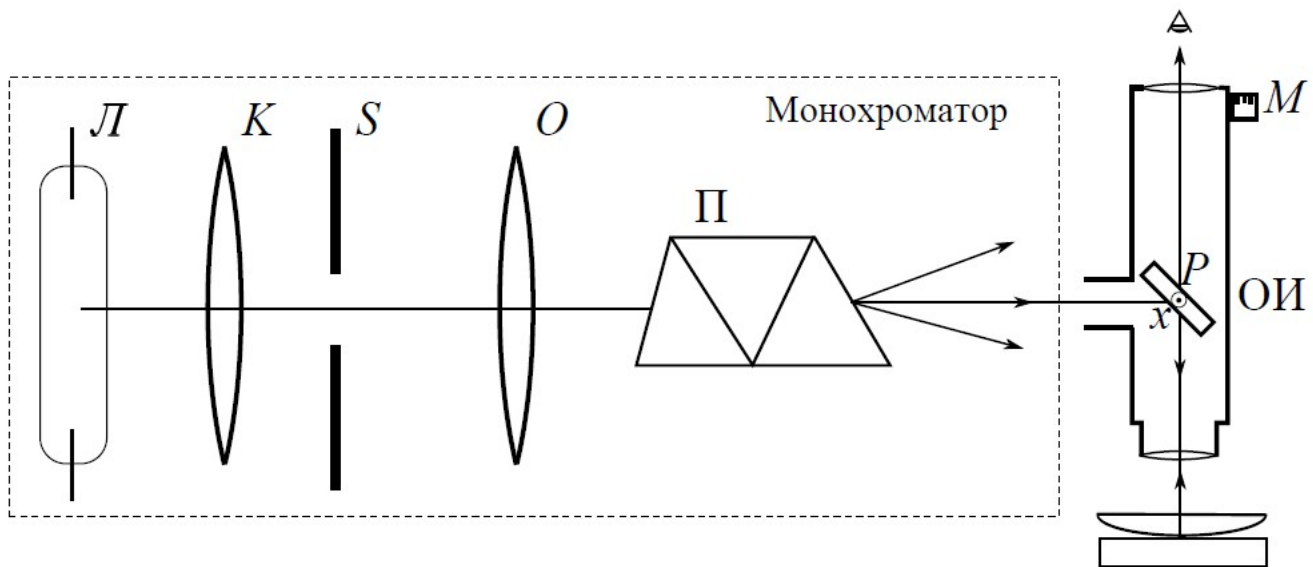


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

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 (рисунок 2).

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:

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Условие интерференционного минимума $\Delta = (2m + 1)\lambda/2$. Отсюда получаются формулы (1) и (2).

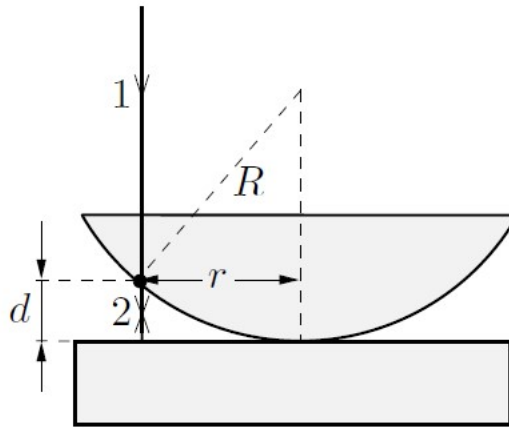


Рисунок 2 – Схема наблюдения колец Ньютона

1 Определение цены деления окулярной шкалы

Для определения цены деления окулярной шкалы вместо линзы под микроскоп была помещена эталонная шкала. В результате удалось выяснить, что 7 делений окулярной шкалы соответствуют 6.9 делениям эталона. Таким образом, одно деление шкалы соответствует 0.0985 мм.

2 Определение радиуса кривизны линзы

Для определения радиуса кривизны линзы были измерены радиусы нескольких темных и светлых колец Ньютона. Далее были построены графики зависимости квадрата радиуса кольца от его порядкового номера, и по формулам (1) и (2), используя коэффициенты наклонов прямых, получен радиус кривизны линзы.

$$k_{\text{темн}} = 0.01414 \pm 0.00018 \text{ мм}^2$$

$$k_{\text{свет}} = 0.0143 \pm 0.0001 \text{ мм}^2$$

Длина волны в этой части эксперимента $\lambda = 577 \pm 10 \text{ нм}$.

$$R = 24.5 \pm 0.5 \text{ мм}.$$

График для темных колец проходит через ноль. Измеренный диаметр центрального темного пятна

$$D = 0.11426 \pm 0.00004 \text{ мм}.$$

3 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.

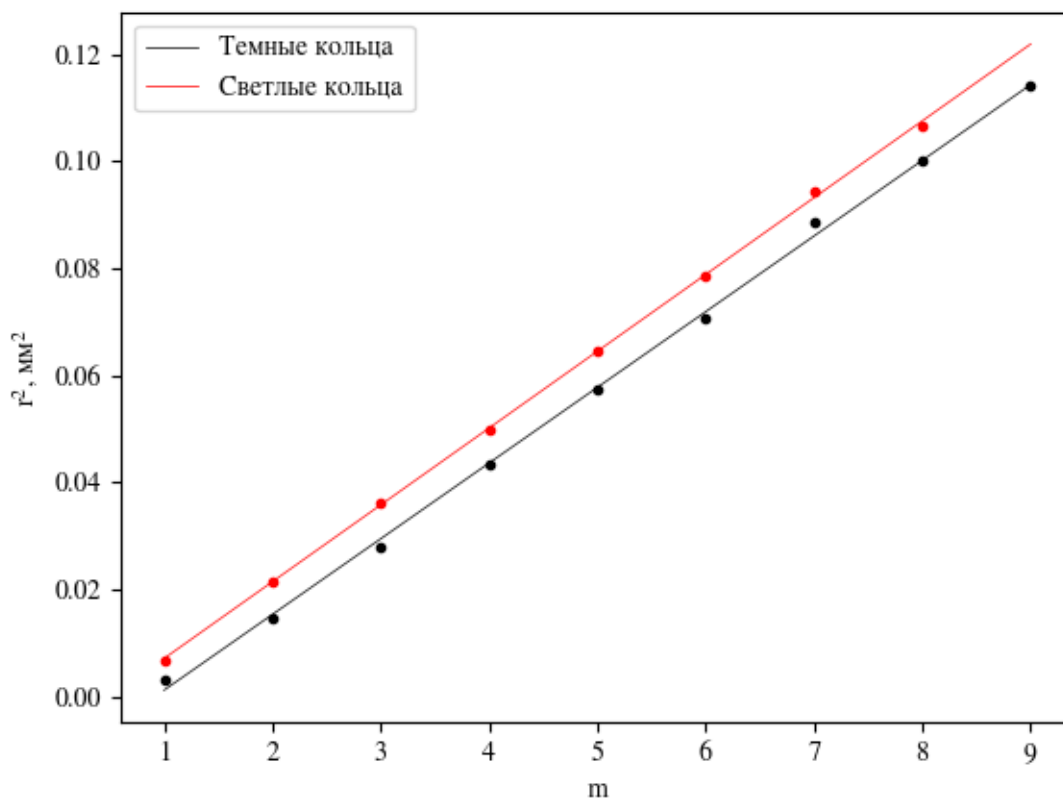


Рисунок 3 – График зависимости квадрата радиуса кольца Ньютона от номера кольца

Если было посчитано m колец для линии λ_1 , то это будет $m + 1$ колец для линии λ_2 . В результате между центрами четких систем было насчитано 16 темных колец. Радиус второго темного кольца для первой четкой системы. Длина волны для зеленого света $\lambda_3 = 546.07$ нм.

$$\lambda_{\text{ж}} = \frac{17}{16} \lambda_3 = 580.2 \text{ нм.}$$

Справочное значение для волны желтого света

$$\lambda_{\text{ж}} = 579.96 - 579.07 \text{ нм.}$$

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

$$\Delta \lambda = 36.06 \text{ нм}$$

4 Вывод

В ходе лабораторной работы удалось:

1. пронаблюдать кольца Ньютона, измерить их радиусы и по этим данным найти радиус кривизны линзы

$$R = 24.5 \pm 0.5 \text{ мм.}$$

2. измерить радиус пятна соприкосновения линзы со стеклянной пластинкой

$$D = 0.11426 \pm 0.00004 \text{ мм}$$

3. наблюдать биения и определить разность длин волн, пропущенных фильтром

$$\Delta\lambda = 34.1 \text{ нм.}$$

5 Литература

1. Лабораторный практикум по общей физике: учеб. пособие. В трёх томах. Т. 2. Оптика / А.В. Максимычев, Д.А. Александров, Н.С. Берюлёва и др.; под ред. А.В. Максимычева. – М.: МФТИ, 2014. – 446 с.