

Изучение интерференции света на кольцах Ньютона

Маслов Артём

Казаков Данила

Б01-104

25.03.2023

Аннотация

В работе исследуется интерференционная картина колец Ньютона. Определяется радиус кривизны плосковыпуклой линзы методом измерения радиусов колец интерференционной картины. Определяется по наблюдению биений разность длин волн жёлтой и зелёной линий ртути.

Теория

Основные положения волновой теории света

Электромагнитная волна согласно уравнениям Максвелла описывается уравнением:

$$\nabla^2 E - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

где $v = \frac{c}{n}$ – скорость распространения электромагнитной волны в среде.

Волна называется монохроматической, если она описывается уравнением гармонических колебаний и её спектр состоит из одной гармоники на частоте ω . Плоская монохроматическая волна описывается уравнением:

$$E(\mathbf{r}, t) = a \cos(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$$

Сферической волной называется волна, которая описывается уравнением:

$$E(r, t) = \frac{a}{r} \cos \omega t - kr$$

Если перейти к описанию электромагнитных волн в комплексной форме:

$$E(\mathbf{r}, t) = f(\mathbf{r})e^{-i\omega t}$$

и подставить полученное соотношение в уравнение (1)), то получится уравнение Гельмгольца

для комплексных амплитуд:

$$\nabla^2 f + k^2 f = 0$$

Интерференция двух монохроматических волн

Амплитуда результирующих колебаний в точке наблюдения при интерференции монохроматических волн складывается по правилу суперпозиции. Тогда интенсивность результирующих колебаний определяется соотношением:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta\phi$$

где I_1 и I_2 – интенсивности интерферирующих волн, $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ – разность фаз между ними.

Если складываются волны одинаковой интенсивности $I_1 = I_2 = I_0$, то интерференционная картина описывается выражением:

$$I = 2I_0 (1 + \cos \Delta\phi)$$

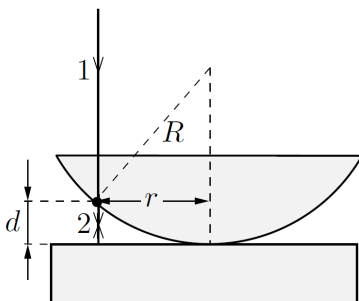
При интерферировании волн от одного источника разность фаз определяется разностью проходимых лучами оптических путей $\Delta\phi = k(\Delta)$, где $\Delta = n_2 l_2 - n_1 l_1$ – оптическая разность хода. Тогда результирующая интенсивность в точке наблюдения определяется выражением:

$$I = 2I_0 \left(1 + \cos \frac{\omega}{c} \Delta \right)$$

Контрастность интерференционной картины характеризуется физической величиной, называемой видностью V . По определению

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

Кольца Ньютона



Рассмотрим интерференционную схему колец Ньютона. Над плоской пластинкой размещают плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны R , выпуклой стороной к пластинке. Свет распространяется от удалённого источника параллельным пучком перпендикулярно плоской поверхности линзы. Первый луч преломляется на сферической поверхности линзы, отражается от пластинки и затем отражается от линзы. Второй луч преломляется на сферической поверхности линзы и интерферирует с первым лучом на пластинке. В приближении малой кривизны поверхности линзы можно пренебречь отклонением лучей от перпендикулярного распространения поверхности пластинки. Тогда разность фаз складывается из двойного прохождения первым лучом воздушной прослойки между пластинкой и линзой толщиной d и набега фазы π при

отражении от линзы – оптически более плотной среды:

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

Условие наблюдения интерференционного минимума задаётся выражением:

$$\Delta = m\lambda + \frac{\lambda}{2}$$

где $m = 0, 1, 2, \dots$

Радиусы тёмных колец вычисляются по формуле:

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

Радиусы светлых колец определяются выражением:

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

Описание экспериментальной установки

Оборудование

1. Измерительный микроскоп с опак-иллюминатором.
2. Плосковыпуклая линза.
3. Пластика из чёрного стекла.
4. Ртутная лампа ДРШ.
5. Плосковыпуклые линзы.
6. Призма прямого зрения.

Результаты измерений

Обсуждение результатов и выводы