

Цель работы

Целью работы является привитие студентам навыков точных измерений при исследовании явлений интерференции и их использовании в изучении физических явлений и определении параметров физических систем.

Описание установки и метода изучения процесса

В используемой установке кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн, отраженных от границ тонкой воздушной прослойки, заключенной между выпуклой поверхностью линзы 1 и плоской стеклянной пластинкой 2 (рис. 1.6).

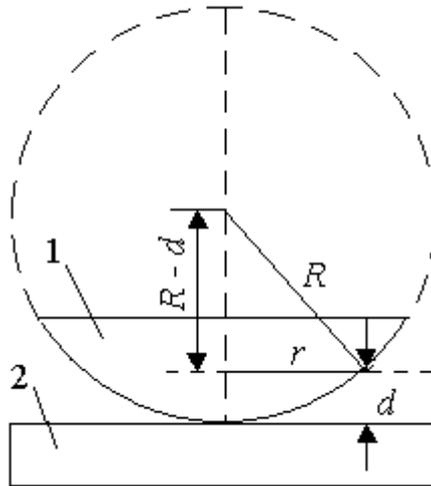


Рис. 1.6

Для освещения используется пучок монохроматических лучей, близкий к параллельному и падающий приблизительно нормально поверхности пластинки. Наблюдение ведется в отраженном свете.

При вычислении оптической разности хода можно пренебречь небольшими неизбежными наклонами лучей, проходящих в тонком воздушном зазоре. Оптическая разность хода между интерферирующими лучами равна, очевидно, $2d$, где d – толщина воздушного зазора в данном месте (предполагается, что в зазоре $n = 1$). Выразим зависимость d от расстояния r до точки касания линзы и пластинки. Из рис. 1.6 имеем

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2,$$

где R – радиус кривизны выпуклой поверхности линзы. Принимая во внимание, что $2R \gg d$, получим

$$d = r^2 / (2R). \quad (1.11)$$

При вычислении полной разности хода нужно учесть изменение фазы световой волны на π , которое возникает при отражении от границы воздух-стекло (пластинка), что соответствует дополнительной разности хода $\lambda/2$. В результате полная разность хода

$$\Delta = 2d + \lambda/2 = r^2 / R + \lambda/2. \quad (1.12)$$

Линии постоянной разности хода представляют собой концентрические кольца с центром в точке касания линзы и пластинки. При заданном

значении длины волны λ разность хода Δ зависит только от толщины d воздушного зазора; интерференционные полосы являются, таким образом, линиями равной толщины.

В точках, для которых $\Delta = m'\lambda = 2m'(\lambda/2)$, возникают максимумы, в точках, для которых $\Delta = (m' + 1/2)\lambda = (2m' + 1)(\lambda/2)$, – минимумы интенсивности. Оба условия можно объединить в одно:

$$\Delta = m\frac{\lambda}{2}, \quad (1.13)$$

причем четным значениям m будут соответствовать максимумы, а нечетным – минимумы интенсивности. Подставив (1.13) в (1.12) и разрешив полученное уравнение относительно r , найдем радиусы светлых и темных колец Ньютона:

$$r = \sqrt{R\lambda(m-1)/2}. \quad (m=1, 2, 3\dots). \quad (1.14)$$

Четным m соответствуют радиусы светлых колец, нечетным m – радиусы темных колец. Значению $m=1$ соответствует $r=0$, т.е. точка касания линзы и пластинки. В этой точке наблюдается минимум интенсивности, обусловленный изменением фазы на π при отражении световой волны от пластинки.

Из (1.14) радиус кривизны линзы находится следующим образом:

$$R = \frac{2r^2}{\lambda(m-1)}. \quad (1.15)$$

Таким образом, измеряя радиусы r светлых и темных колец, можно с помощью (1.15) по известной длине волны λ найти R .

Таблица 1.2

m	6	5	4	3	2	1
показания микроскопа	$x_6=30,66$	$x_5=30,6$	$x_4=30,51$	$x_3=30,44$	$x_2=30,30$	$x_1=30,12$
r , мм						
R , м						

 R_{cp}

Указания по обработке результатов измерений

По разности каждого из показаний микроскопа, соответствующих $m = 7, 6, 5, 4, 3, 2$, и показания для $m = 1$ определите радиусы r темных (или светлых) колец Ньютона. Результаты расчетов запишите в табл. 1.2.

По формуле (1.15) для каждого из значений r рассчитайте радиус R кривизны линзы, приняв $\lambda = 6,4 \cdot 10^{-7}$ м.

Найдите среднее значение радиуса R_{cp} кривизны линзы.

Результаты расчетов запишите в табл. 1.2.

Контрольные вопросы

1. Почему наблюдаемая интерференционная картина состоит из ряда темных и светлых колец?
2. В чем состоит условие максимумов и минимумов света при интерференции когерентных лучей?
3. Что будет наблюдаться в центре, если наблюдение проводить в проходящем свете?
4. Где интерференционные кольца расположены плотнее?
5. Почему интерференционная картина исчезает при увеличении расстояния между линзой и пластиной?
6. Почему радиус кривизны линзы должен быть велик?
7. Почему для наблюдения интерференции используется монохроматический свет?
8. Изменится ли интерференционная картина, если толщину плоскопараллельной пластины 2 постепенно уменьшать?