

Лабораторная работа 25 (0-75)

Интерферометр Майкельсона

Цель работы:

Изучение волновых свойств света на примере явления интерференции в интерферометре Майкельсона. Определение длины волны света, испускаемого лазером. Определение параметров интерферометра Майкельсона по характерным размерам интерференционной картины.

Теоретическая часть

Интерференция - проявление волновой природы света, наблюдаемое при определенных условиях в виде перекрывающихся светлых и темных полос, а при использовании белого света интерференционные полосы оказываются окрашенными в радужные цвета.

Интерферометр Майкельсона

Интерферометр - оптический прибор, принцип действия которого основан на разделении пучка света на два или несколько когерентных пучков, разность фаз которых постоянна во времени и проходящих разнотипные оптические пути до момента, когда их снова сводят вместе.

Интерферометр Майкельсона - это лучевой интерферометр, предназначенный для измерения расстояний или показателя преломления среды.

Интерференция света

Интерференция света возникает при условии равенства частот двух когерентных световых волн ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$). Предполагая когерентность, одинаковую амплитуду и начальную фазу нулю, рассмотрим две волны с электрическими полями, описываемыми гр-ми:

$$\vec{E}_1 = \vec{A}_1 \cos(\omega t - kL_1) \quad \vec{E}_2 = \vec{A}_2 \cos(\omega t - kL_2)$$

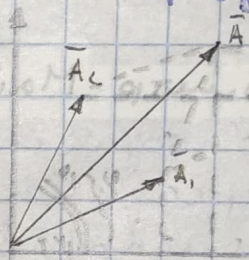
где $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число
 L_1 и L_2 - длины опт. путей след. волн.

Суперпозиция волн приводит к результ. амплитуды

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1 A_2 \cos \Delta\varphi$$

т.е. $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = k(L_1 - L_2)$ - разность фаз.

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = k(L_1 - L_2)$$



Прямые световые лучи могут создать мгновенное значение напряженности электрического поля из-за ограниченного времени разделения. Они различаются по зарядке по времени интенсивности света I , которая зависит от квадрата амплитуды световых волн. Результирующая интенсивность на экране, где пересекаются волны, сред. формулой:

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

Условие интерференционных максимумов и минимумов разности оптических путей ΔL и фазы $\Delta\varphi = k\Delta L$ и $k = 2\pi/\lambda$:

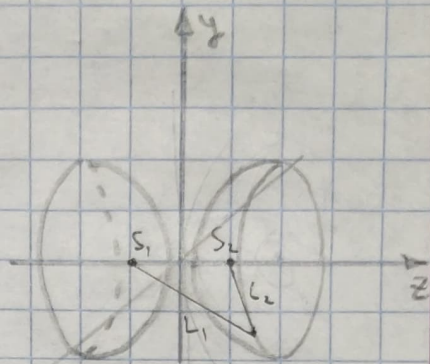
при $\Delta L = m\lambda$ (светлые пятна),

при $\Delta L = (2m+1)\lambda/2$ (темные пятна), $m = 0, 1, 2, \dots$

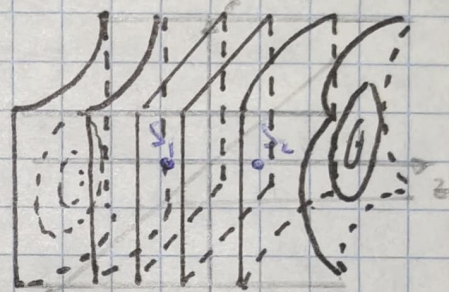
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta L = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L \quad \Delta L = \frac{\lambda}{2}$$

Для двух точечных источников света, окружённых пространством, возникает интерференция, создавая светлые или тёмные области в форме двухполосного симметричного с равным образом.

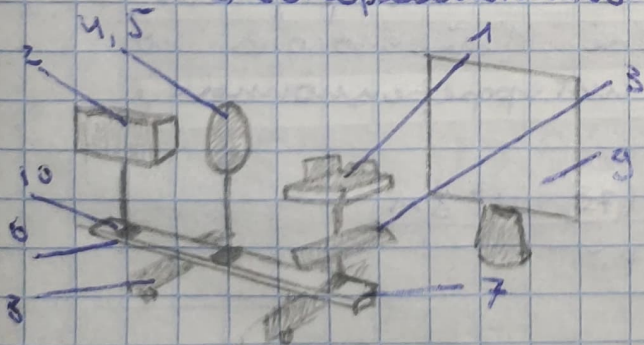


На экранах интерференционной картины, в зависимости от расположения источников и экранов, проявляются кольца или полосы.



При различных значениях числа m на экранах, перпендикулярных линии источников S_1 и S_2 , наблюдаются концентрические кольца. На экранах, параллельных линии источников, появляются интерференционные полосы в форме штрихов, а в центре экрана можно видеть равноотстоящие тёмные и светлые полосы. Используя интерферометр Майкельсона, можно регулировать положение зеркал, создавая изображения источников и наблюдая интерференционные кольца или полосы на экране при одинаковой длине пути интерферометра.

Экспериментальная часть



1. Интерферометр Майкельсона
2. Лазер He-Ne
3. Поворотный краник
4. Линза в оправе $f = +20 \text{ мм}$
5. Держатель для линзы
6. Бегунок для опт. скам.
7. Опт. скамья, $l = 600 \text{ мм}$
8. База для опт. скамьи
9. Метал. экран
10. Измер. прибор

Определение длины волны света по формуле 1.

Z_1 (мм)	Z_2 (мм)	$\Delta d = Z_1 - Z_2 $	Δm	λ (нм)
4,85	5,52	0,67	200	6700 / 10

$$\Delta d = |z_1 - z_2| = 0,67$$

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta m} = \frac{2 \cdot 0,67}{200} = 0,0067 \text{ м} = 6700 / 10 \text{ нм}$$

Определение разности
путь d в интерферометре Майкельсона по
изменению диаметра интерференционных
колец.

$$d = \frac{\lambda z^2 \Delta m}{R_2^2 - R_1^2} = \frac{670 \cdot 10^{-6} \cdot (z - 10)^2 \Delta m}{R_2^2 - R_1^2}$$

$$z = 25 + 4 + 43 - 2 = 70 \text{ см}$$

Таблица 22

Δm	ρ_2 (мм)	ρ_1 (мм)	$\rho_2^2 - \rho_1^2$	d (мм)
1	9	5	56	5,8625
2	14	10	96	6,839583333
3	19	15	136	7,241911765
$\xi_1 = 4,87$ мм		$\xi_2 = 4,85$ мм		0,02

Определить изменение величины разности путей Δd в интерферометре Майкельсона по изменению параметров интерферирующих лучей.

$$\Delta d = d_1 - d_2 = \frac{\lambda z^2 \Delta m}{1} \left(\frac{1}{\rho_{21}^2 - \rho_{11}^2} - \frac{1}{\rho_{22}^2 - \rho_{12}^2} \right)$$

Таблица 23.

Первое положение зеркала M_2				Второе положение зеркала M_2			Δd
Δm	ρ_{21}	ρ_{11}	$\rho_{21}^2 - \rho_{11}^2$	ρ_{22}	ρ_{12}	$\rho_{22}^2 - \rho_{12}^2$	
1	8	4	48	9	5	56	0,97708
2	13	4	153	14	5	171	0,45173
$\Delta \xi_{01} = \xi_1 - \xi_0 = 0,02$ мм				$\Delta \xi_{02} = \xi_2 - \xi_0 = 0,04$ мм			

2/15