

Лабораторная работа 4.5.2

Интерференция лазерного излучения

Выполнил Жданов Елисей Б01-205

1 Цель работы:

Исследование видности интерференционной картины излучения гелий-неонового лазера и определение длины когерентности излучения.

2 Оборудование:

He–Ne лазер

Интерферометр Майкельсона с подвижным зеркалом

Фотодиод с усилителем

Осциллограф

Поляроид

Линейка

3 Теоретическая справка

Гелий-неоновый лазер Лазер представляет собой интерферометр Фабри-Перо – газовую трубку с двумя параллельными зеркалами по обе стороны. Пусть ΔF – половина диапазона генерации лазера, а $\Delta \nu$ – межмодовое расстояние. Тогда межмодовое расстояние выражается как

$$\Delta \nu = \frac{c}{2L}$$

При этом число мод можно оценить как

$$N \approx 1 + \frac{2\Delta F}{\Delta \nu}.$$

Видимость Видимость интерференционной картины – параметр, определяемый формулой

$$\gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}},$$

где I_{max}, I_{min} – максимальная и минимальная интенсивности света интерференционной картины вблизи выбранной точки. Разобьём его на произведение функций параметров установки

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3.$$

Здесь γ_1

$$\gamma_1 = \frac{2\sqrt{\delta}}{1 + \delta},$$

где $\delta = \frac{B_m^2}{A_m^2}$, A_m^2 и B_m^2 – интенсивности волн. Параметр δ выражает отношение интенсивностей интерферирующих волн.

Величина γ_2 зависит от геометрической разности хода интерферирующих волн,

$$\gamma_2 = \frac{\sum_n A_n^2 \cos \frac{2\pi \Delta \nu n l}{c}}{\sum_n A_n^2},$$

где l – разность хода, $\Delta \nu$ – спектральный состав излучения, A_n^2 – интенсивности мод.

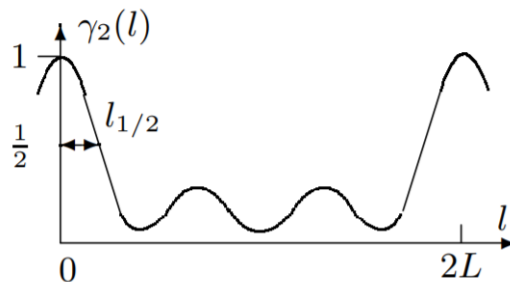


Рис. 1: Зависимость $\gamma_2(l)$.

Приблизим γ_2 вблизи максимума

$$\gamma_2 = e^{-\left(\frac{\pi \Delta F l}{c}\right)^2}$$

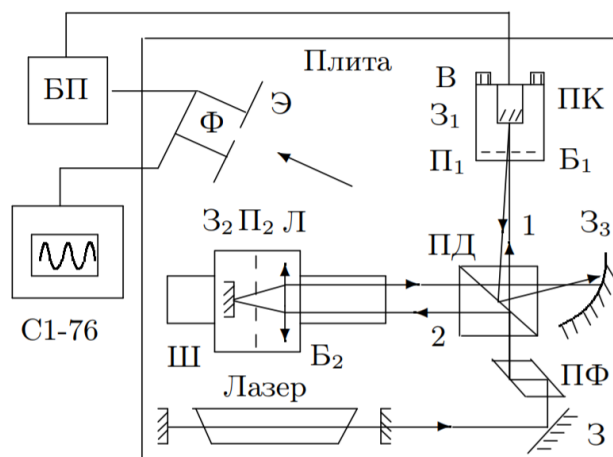
Таким образом, мы имеем гауссову зависимость видности от разности хода $\gamma_2(l)$ с полушириной

$$l_{1/2} = \frac{c}{\pi \Delta F} \sqrt{\ln 2} \approx \frac{0.26c}{\Delta F}.$$

Величина γ_3 соответствует тому факту, что при интерференции поляризованных волн интерферируют лишь компоненты, поляризованные одинаково. Пусть α – угол между плоскостями поляризаций волн, тогда

$$\gamma_3 = |\cos \alpha|.$$

4 Экспериментальная установка



В работе используется интерферометр Майкельсона, схема работы которого представлена на рис. 2. При этом для регистрации фоновой засветки, интенсивности света пучков, максимумов и минимумов интерференционной картины используется осциллограф, на котором наблюдается осциллограмма, представленная на рис. 3.

5 Измерения, Обработка

1-6) Настройку системы опущу, скажу только, что была проверена юстировка системы "на выходе".

7-8) Установим углы поляроида, под которыми интерференционная картина на экране обладает максимальной четкостью. Это 85° . Минимумы, соответственно, расположены на 90° на обе стороны.

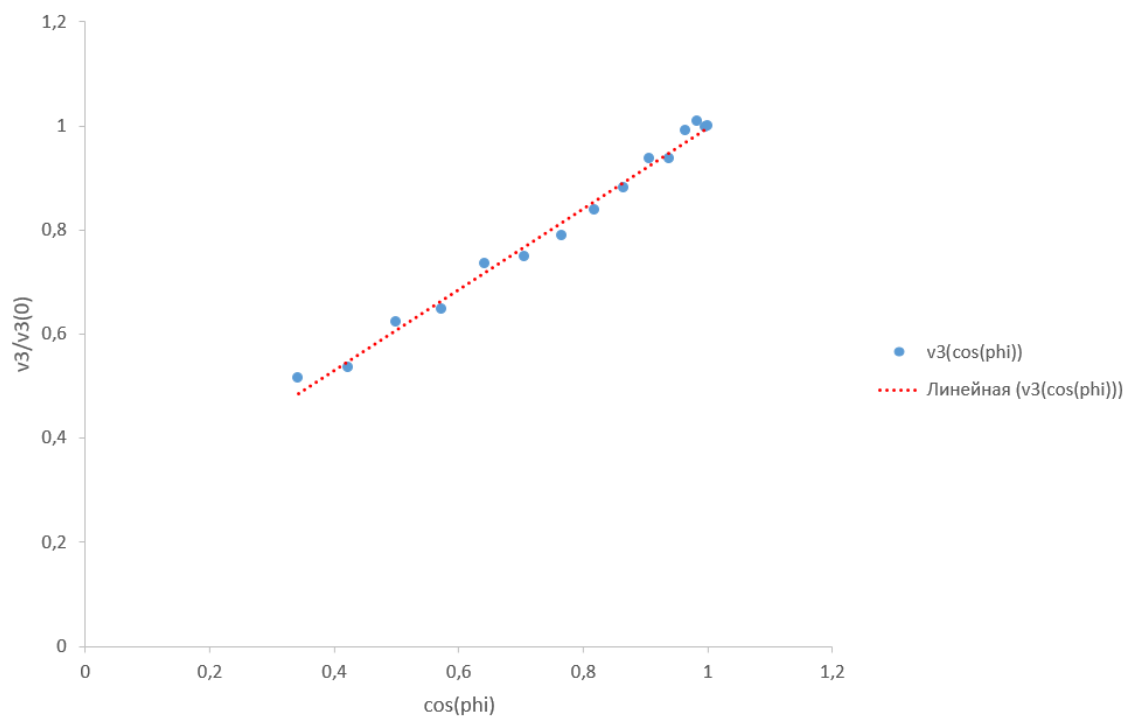
9-10) Произведем зависимость величин $h_1 - h_4$ от угла. Результаты занесем в таблицу ниже

$$\nu(\phi)$$

$\varphi, ^\circ$	h_1	h_2	h_3	h_4	ν
85	0,0	7,0	7,0	7,0	-
90	0,0	7,0	7,0	8,0	-
95	0,0	7,0	6,8	8,8	-
100	0,0	7,2	6,5	9,5	-
105	0,1	7,5	6,2	10,0	-
110	0,8	7,2	6,0	10,8	$(0,47 \pm 0,04)$
115	1,0	7,1	5,5	10,8	$(0,49 \pm 0,04)$
120	1,1	7,2	5,0	11,4	$(0,57 \pm 0,04)$
125	1,4	7,2	4,8	12,4	$(0,59 \pm 0,03)$
130	1,3	7,2	4,4	12,8	$(0,67 \pm 0,03)$
135	1,7	7,2	4,0	13,5	$(0,69 \pm 0,03)$
140	1,8	7,4	3,8	14,2	$(0,72 \pm 0,03)$
145	1,4	7,3	3,8	13,8	$(0,77 \pm 0,03)$
150	2,0	7,5	3,2	15,8	$(0,81 \pm 0,03)$
155	2,2	7,8	2,8	17,0	$(0,86 \pm 0,02)$
160	2,6	7,6	2,5	17,8	$(0,86 \pm 0,02)$
165	2,6	7,3	2,0	18,5	$(0,91 \pm 0,02)$
170	2,3	7,2	2,0	17,8	$(0,93 \pm 0,02)$
175	3,0	7,1	1,6	18,5	$(0,92 \pm 0,02)$
180	2,9	7,0	1,6	18,5	$(0,92 \pm 0,02)$

Построим соответствующий график

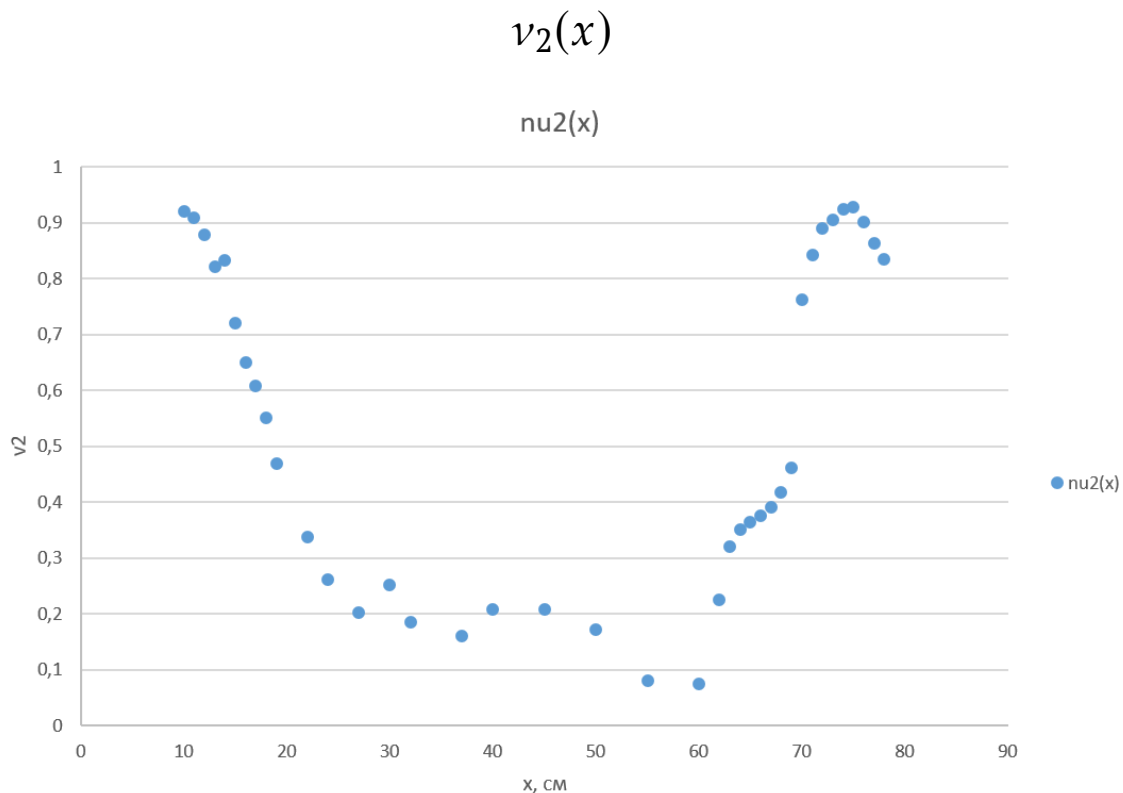
$$v_3(\cos(\phi))$$



Как видим, зависимость линейная, то есть лазерный луч действительно поляризован случайно.

11-12) Построим график зависимости видности от разности хода между пучками.

Данные можно найти в приложенной электронной таблице



На графике даже видны промежуточные горбы графика видности.

Максимумы графика $x_1 = 10 \pm 1$ см и $x_2 = 75 \pm 1$ см.

Тогда $L = \frac{x_2 - x_1}{2} = 33 \pm 1$ см.

И межмодовое расстояние $\nu_m = (4.3 \pm 0.2) \cdot 10^8$ Гц.

Оценим полуширину кривой. $l_{1/2} = 9$ см (первая кривая).

Полуширина диапазона частот $\Delta F = 1.2 \cdot \frac{c_0}{l_{1/2}} \approx 2 \cdot 10^9$ Гц.

А число мод $n = 1 + 1.2 \frac{L}{l_{1/2}} = 5 \pm 1$

6 Вывод

В работе была успешно исследована видность интерференционной картины излучения гелий-неонового лазера, была определена его поляризация. Полученные зависимости согласуются с теоретическими.

7 Ресурсы

Расчет по МНК: метод-наименьших-квадратов.рф