

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 4.5.2  
**Интерференция лазерного излучения**

Серебренников Даниил  
Группа Б02-826

Долгопрудный, 2020 г.

**Цель работы:** исследование видности интерференционной картины излучения гелий-неонового лазера и определение длины когерентности излучения.

**В работе используются:** He-Ne лазер, интерферометр Майкельсона с подвижным зеркалом, фотодиод с усилителем, осциллограф, поляроид, линейка.

## 1 Теоретическая часть

Пусть интерферируют две волны с амплитудами  $A_m$  и  $B_m$ . Для описания чёткости интерференционной картины используется параметр видности  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

где интенсивность света в максимуме интерференционной картины  $I_{\max} = (A_m + B_m)^2$ , а в минимуме  $I_{\min} = (A_m - B_m)^2$ . Поэтому видность:

$$\gamma_1 = \frac{2\sqrt{\delta}}{1 + \delta}, \quad \delta = \frac{B_m^2}{A_m^2}. \quad (2)$$

Рассмотрим влияние спектрального состава на видность картины:

$$\gamma_2(l) = \frac{\sum_n A_n^2 \cos\left(\frac{2\pi\Delta\nu nl}{c}\right)}{\sum_n A_n^2}, \quad (3)$$

а так же влияние угла между плоскостями поляризации:

$$\gamma_3 = |\cos \alpha|. \quad (4)$$

Полная зависимость определяется выражением:

$$\gamma = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3. \quad (5)$$

По осциллограмме сигналов определяются все необходимые параметры:

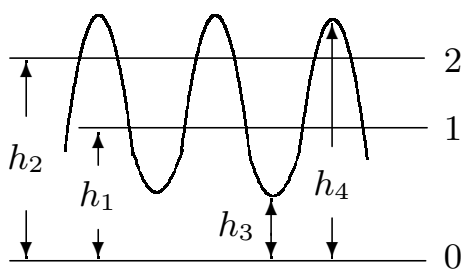


Рис. 1: Осциллограмма сигналов фотодиода

$$\delta = \frac{h_1}{h_2}, \quad \gamma = \frac{h_4 - h_3}{h_4 + h_3}. \quad (6)$$

## 2 Экспериментальная установка

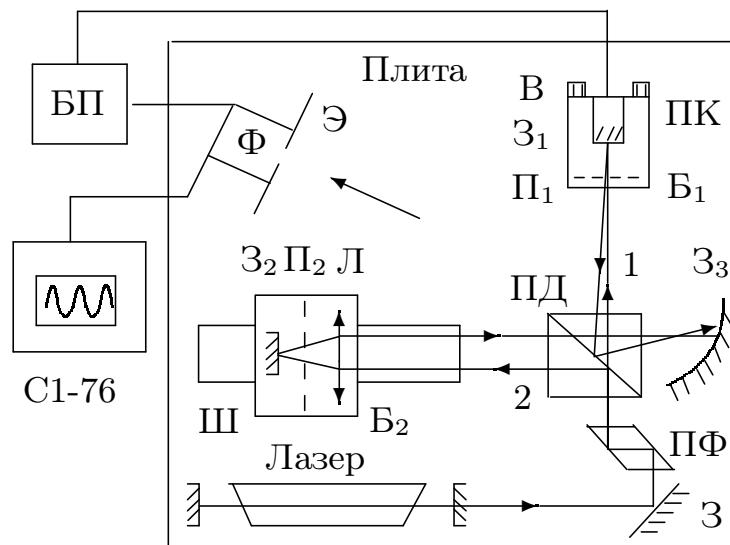


Рис. 2: Схема установки

Луч 1 проходит поляроеид 1, отражается под небольшим углом от зеркала 1, снова проходит поляроеид и, частично отражаясь от диагональной плоскости делительной призмы, выходит из интерферометра. Зеркало 1 наклеено на пьезокерамику ПК, которая может осуществлять малые колебания зеркала вдоль падающего луча. Поляроеид и зеркало с пьезокерамикой собраны в единый блок 1, который крепится к вертикально стоящей плите. В блоке 1 имеются юстировочные винты В, которые позволяют регулировать угол наклона зеркала 1. В установке предусмотрена возможность вращения поляроеида 1 вокруг луча 1. Угол поворота отсчитывается по шкале, нанесённой на оправу поляроеида.

Луч 2 проходит линзу Л, поляроеид 2, отражается от зеркала 2, снова проходит поляроеид 2, линзу Л и частично выводится делительной призмой из интерферометра. Зеркало 2 установлено в фокальной плоскости линзы Л. Это сделано для того, чтобы падающий и выходящий из системы лучи всегда были параллельны друг другу. Линза Л, поляроеид 2 и зеркало 2 собраны в единый блок 2. Этот блок может перемещаться вдоль луча 2 по штанге Ш, жёстко связанной с плитой интерферометра. Длина штанги 90 см. В установке предусмотрена возможность небольшого перемещения блока 2 перпендикулярно лучу, что позволяет регулировать расстояние между падающим и выходящим из блока лучами. При измерениях блок 2 крепится к штанге при помощи двух винтов. Вдоль штанги нанесены деления через один сантиметр. При перемещении блока 2 вдоль штанги на величину  $l_1$  геометрическая разность хода между лучами 1 и 2 изменяется на величину  $l = 2l_1$ .

Лучи 1 и 2 накладываются друг на друга и интерферируют вблизи задней грани делительной призмы ПД. Сферическое зеркало 3 с небольшим фокусным расстоянием увеличивает картину интерференционных полос и проецирует её на экран Э.

### 3 Экспериментальная часть

#### 3.1 Экспериментальные данные

Таблица 1: Зависимость видности от угла поворота поляроида при нулевой разности хода.

$\alpha, ^\circ$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$\gamma$	$\delta$	$\gamma_1$	$\gamma_3$
0	0,8	0,8	0,8	2,5	0,515	1,00	1,00	0,515
20	0,3	0,8	0,4	1,8	0,636	2,67	0,89	0,714
40	0,2	2,0	1,2	3,3	0,467	10,0	0,57	0,812
60	0,2	2,0	1,4	3,0	0,364	10,0	0,57	0,632
90	0,7	2,0	2,0	3,3	0,245	2,86	0,88	0,280
100	1,3	2,0	2,7	3,6	0,143	1,54	0,98	0,146
110	1,6	2,0	3,3	3,7	0,057	1,25	0,99	0,057
120	1,5	1,9	3,2	3,7	0,072	1,27	0,99	0,073
140	0,8	0,8	1,1	2,0	0,290	1,00	1,00	0,290
-10	1,0	0,8	1,1	2,0	0,290	0,80	0,99	0,292
-20	1,1	0,7	2,2	2,5	0,064	0,64	0,97	0,065

Таблица 2: Зависимость видности от разности хода между лучами

$x, \text{ см}$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$\gamma$	$\delta$	$\gamma_1$	$\gamma_2$
8	1,8	1,0	1,4	3,0	0,364	0,56	0,96	0,737
10	1,3	1,2	1,5	3,5	0,400	0,92	1,00	0,777
16	0,8	0,8	0,8	2,5	0,515	1,00	1,00	1,000
18	0,7	0,7	0,7	2,0	0,481	1,00	1,00	0,935
21	0,7	0,7	0,7	1,9	0,462	1,00	1,00	0,896
24	0,6	0,7	0,9	1,9	0,357	1,17	1,00	0,695
28	1,3	2,0	2,8	3,8	0,152	1,54	0,98	0,301
32	1,4	1,7	2,9	3,1	0,033	1,21	1,00	0,065
38	0,6	1,0	1,4	1,7	0,097	1,67	0,97	0,194
46	0,6	1,1	1,6	1,9	0,086	1,83	0,96	0,174
54	0,6	1,2	1,8	2,0	0,053	2,00	0,94	0,108
62	0,6	1,5	2,0	2,2	0,048	2,50	0,90	0,102
68	0,4	2,3	2,5	2,9	0,074	5,75	0,71	0,202
70	0,4	2,0	2,0	2,7	0,149	5,00	0,75	0,388
72	0,5	1,7	1,6	2,7	0,256	3,40	0,84	0,592
74	0,5	1,1	1,0	2,1	0,355	2,20	0,93	0,743
76	0,4	1,9	1,4	3,2	0,391	4,75	0,76	1,002
78	0,4	1,0	0,7	2,1	0,500	2,50	0,90	1,074
80	0,3	2,0	1,4	3,1	0,378	6,67	0,67	1,089
82	0,3	1,7	1,2	2,7	0,385	5,67	0,71	1,045
84	0,3	0,8	0,6	1,6	0,455	2,67	0,89	0,991

### 3.2 Обработка результатов

Рассчитаем коэффициент  $\gamma_3$ , и построим график  $\gamma_3(\cos \alpha)$  и  $\gamma_3(\cos^2 \alpha)$ :

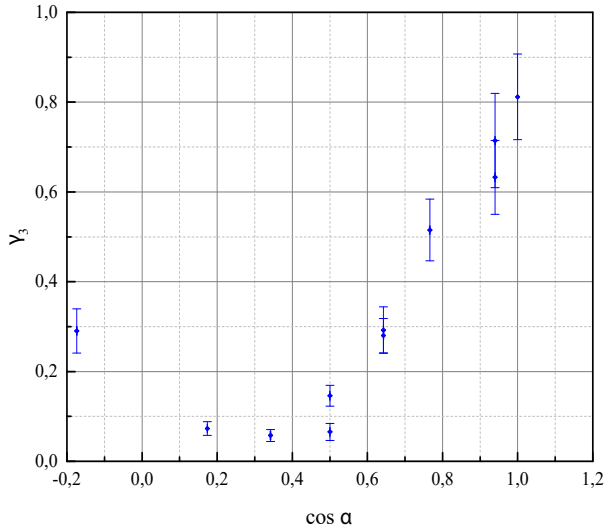


Рис. 3: Зависимость  $\gamma_3$  от  $\cos \alpha$ .

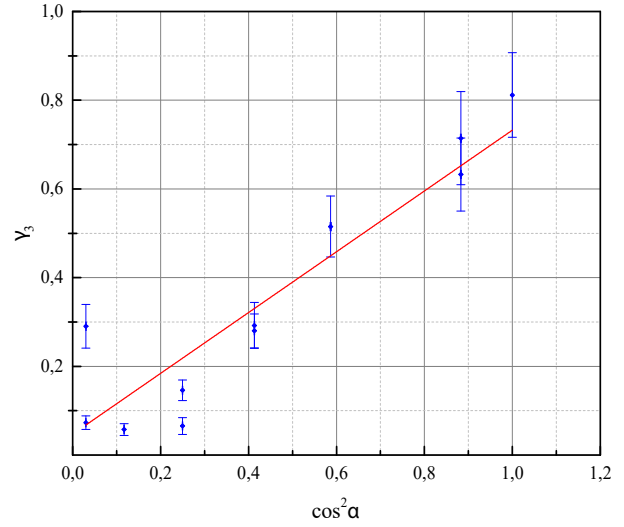


Рис. 4: Зависимость  $\gamma_3$  от  $\cos^2 \alpha$ .

Рассчитаем коэффициент  $\gamma_2$  и построим график зависимости видности  $\gamma_2(x)$  от координаты блока Б2:

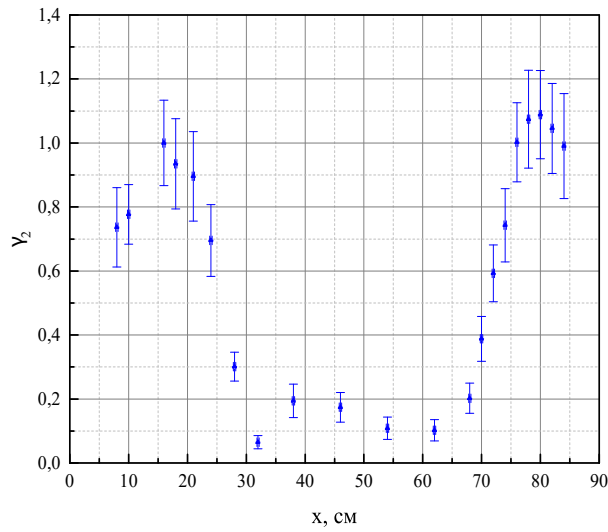


Рис. 5: Зависимость  $\gamma_2 = \gamma_2(x)$ .

По полученному графику оценим расстояние  $L$  между зеркалами оптического резонатора лазера и межмодовое расстояние  $\Delta\nu$ :

$$L = (32,0 \pm 0,3) \text{ см}, \quad \Delta\nu = \frac{c}{2L} = (4,69 \pm 0,06) \cdot 10^8 \text{ Гц.} \quad (7)$$

Определим полуширину  $l_{1/2}$  отдельного максимума на половине высоты и рассчитаем диапазон частот  $2\Delta F$ , в котором происходит генерация продольных мод:

$$l_{1/2} \approx 8 \text{ см}, \quad 2\Delta F = \frac{2c\sqrt{\ln 2}}{\pi l_{1/2}} \approx 1,33 \cdot 10^9 \text{ Гц.} \quad (8)$$

Оценим число генерируемых лазером продольных мод:

$$N = 1 + \frac{2\Delta F}{\Delta\nu} \approx 4. \quad (9)$$

## 4 Выводы

Точки графика рис. 4 намного лучше ложатся на прямую, чем точки графика рис. 3. Это связано с хаотически меняющимся направлением линейной поляризации источника. Действительное значение расстояния между зеркалами составляет 65 см, что в два раза больше полученного нами. По рис. 5 можно предположить, что число мод равно 3.