

## 4.3.5 Изучение голограммы

Александр Романов Б01-107

### 1 Введение

#### 1.1 Цель работы

Изучить свойства голограмм точечного источника и объёмного предмета.

#### 1.2 В работе используются

Гелий-неоновый лазер, голограммы, набор линз, предметная шкала, экран, линейка.

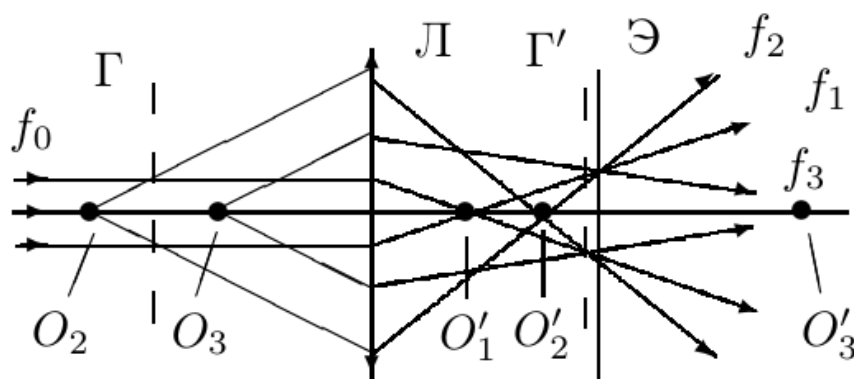


Рис. 1: Схема установки

### 2 Работа

#### 2.1 А. Изучение характеристик голограммы точечного источника.

В этом пункте предлагается рассчитать расстояние от голограммы до точечного источника, который использовался при её создании:

1. По результатам измерения радиуса голографических колпц, спроектированных на удалённый экран при помощи короткофокусной линзы
2. По результатам измерения параметров проекционной установки, в которой голограмма используется как фокусирующая линза, а объектом служит предметная шкала.

### 2.1.1 Определение цены деления

Включим лазер. Для определения цены деления предметной шкалы установим кассету с транспарантами вблизи лазера. Осветим лазером шкалу и получим на удалённом экране дифракционную картину, созданную крестообразной шкалой.

Определив расстояние  $\Delta x$  между дифракционными максимума на экране и расстояние  $L$  от шкалы до экрана, рассчитаем цену деления  $D$  по известной формуле для дифракции Фраунгофера:

$$\frac{\lambda}{D} = \frac{\Delta x}{L}$$

$$\Delta x = (5.50 \pm 0.05) \text{ mm}$$

$$L = (114.0 \pm 0.1) \text{ cm}$$

$$\lambda = 532 \text{ nm}$$

Отсюда:

$$D = \frac{\lambda L}{\Delta x} = (0.11 \pm 0.01) \text{ mm}$$

Определим цену деления той же шкалы, используя линзу с фокусным расстоянием  $F \simeq 4 \text{ cm}$ . Получим в центре экрана увеличенное изображение предметной шкалы с чёткими делениями.

Измерим расстояния от линзы до предметной шкалы ( $a = (6.5 \pm 0.1) \text{ cm}$ ) и до экрана ( $b = (107.5 \pm 0.1) \text{ cm}$ ). Расстояние между делениями на экране ( $D' = (2.0 \pm 0.2) \text{ mm}$ ). Рассчитаем увеличение системы и цену деления  $D$ :

$$D = \frac{D'}{b/a} = (0.12 \pm 0.01) \text{ mm}$$

Результаты, полученные обоими способами, совпадают в пределах погрешности. Первый результат должен быть точнее, т.к. погрешность длины волны лазера должна быть меньше чем погрешность фокусного расстояния.

### 2.1.2 Определение расстояния от голограммы до точечного источника

Осветим Лазером окно №2 с голограммой. Увидим на экране 3 световых пятна. Перемещая голограмму по вертикали, добьёмся того, чтобы все 3 пятна были на одной высоте. Совместив все 3 пятна получим изображение

голограммы (набор концентрических колец). Приложим к экрану лист бумаги и отметим на нём радиус второго светлого кольца ( $r'_2 = (3.5 \pm 0.5) \text{ mm}$ ). Измерим расстояния от линзы до предметной шкалы ( $a = (5.30 \pm 0.05) \text{ cm}$ ) и до экрана ( $b = (108.7 \pm 0.05) \text{ cm}$ ). Расчитаем размеры колец на голограмме:

$$r_2 = \frac{r'_2}{b/a} = (0.17 \pm 0.05) \text{ mm}$$

Теперь расчитаем расстояние от голограммы до точечного источника:

$$r_m = \sqrt{m\lambda d} \Rightarrow d = \frac{r_2^2}{m\lambda} = (2.7 \pm 0.3) \text{ cm}$$

Перемещая линзу вдоль луча, получите на экране изображение сначала мнимого  $O_2$ , а затем действительного точечного источника  $O_3$ . Для каждого изображения рассчитаем расстояния от точечного источника до голограммы:

$$d_2 = (3.2 \pm 0.3) \text{ cm}$$

$$d_3 = (3.3 \pm 0.3) \text{ cm}$$

### 2.1.3 Изучение фокусирующих свойств голограммы

В этом опыте сама голограммы выполняет роль короткофокусной линзы. В качестве траспаранта, увеличенное изображение которого требуется получить с помощью голографической линзы, используется предметная шкала, закреплённая в отдельной оправе.

Сначала небольшим перемещением голограммы по вертикали и вращением вокруг вертикальной оси добьёмся полного разделения пучков света на удалённом экране.

Установим переносной экран на расстоянии  $\simeq 50 \text{ cm}$  за голограммой. Перед голограммой (вплотную к ней) поставим предметную шкалу, закреплённую в отдельной оправе. Отодвигая рейтер со шкалой от голограммы, получим в одном из пятен резкое изображение делений крестообразной шкалы.

Измерьте расстояние между штрихами ( $D' = (0.56 \pm 0.01) \text{ cm}$ ) на экране и расстояние  $b = (113.50 \pm 0.05) \text{ cm}$  от экрана до голограммы. Используя эти данные, а также найденную ранее цену деления  $D$ , расчитаем расстояние от линзы до предмета:

$$\frac{b}{a} = \frac{D'}{D} \Rightarrow a = \frac{b}{D'/D} = (2.3 \pm 0.1) \text{ cm}$$

## 2.2 Б. Изучение характеристик голограммы объёмного предмета

### 2.2.1 Юстировка системы

Учтановим линзу с фокусным расстоянием  $\simeq 9 \text{ cm}$  на расстояние  $\simeq 50 \text{ cm}$  от экрана. И, перемещая линзу в плоскости, перпендикулярной оптической

оси, совместим центр светового пятна с точкой, где располагалось пятно в отсутствии линзы.

На расстоянии  $\simeq 10\text{ см}$  перед длиннофокусной линзой установим короткофокусную линзу с  $f = 2\text{ м}$ . Перемещая короткофокусную линзу в плоскости перпендикулярной лучу, вновь совместим центр светового пятна с его начальным положением.

Перемещением короткофокусной линзы, добьёмся того, чтобы из собранного расширителя выходил параллельный пучок.

### 2.2.2 Изучение мнимого изображения

Поместим голограмму в расширенный пучок лазера фотоэмульсией к лазеру и найдём мнимое изображение предмета. Изображение на самом деле объёмное. При перемещении глаза изменяется перспектива.



Рис. 2: Наблюдаемое мнимое изображение

По углу поворота голограммы оценим угол падения опорной волны, который был выбран при получении голограммы:

$$\alpha = 45^\circ$$

### 2.2.3 Изучение действительного изображения

Расположим голограмму перпендикулярно падающему пучку света, наблюдать будем с левой стороны. Повернём голограмму фотоэмульсией от лазера и пронаблюдаем изображения. Они зеркальны предыдущим.

### 3 Выводы

В ходе выполнения работы:

1.

$$d_2 = (3.2 \pm 0.3) \text{ cm}$$

$$d_3 = (3.3 \pm 0.3) \text{ cm}$$

Были изучены свойства голограмм точечного источника и предмета.

2. Были разными способами посчитаны цены деления предметной шкалы. Эти значения:

$$(0.11 \pm 0.01) \text{ mm} \text{ vs } (0.12 \pm 0.01) \text{ mm}$$

Совпадают в пределах погрешности.

3. Было измерено расстояние от голограммы до точечного источника до голограммы:

$$d = (2.7 \pm 0.3) \text{ cm}$$

Расстояния от мнимого и действительного источников до голограммы:

$$d_2 = (3.2 \pm 0.3) \text{ cm}$$

$$d_3 = (3.3 \pm 0.3) \text{ cm}$$

4. Были изучены фокусирующие свойства диаграммы и найдено расстояние от линзы до предмета:

$$a = (2.3 \pm 0.1) \text{ cm}$$

Это значение близко к реальности.

5. Было получено изображение голограммы объёмного предмета.