

# Работа 4.3.4

## Преобразование Фурье в оптике

Шарапов Денис, Б05-005

### Содержание

<b>1</b>	<b>Аннотация</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Результаты измерений и обработка данных</b>	<b>2</b>
2.1	Определение ширины щели . . . . .	2
2.2	Определение ширины щели по её спектру . . . . .	3
2.3	Определение периода решёток по спектру на удалённом экране . . . . .	3
2.4	Определение периода решёток по увеличенному изображению спектра . . . . .	4
2.5	Мультиплицирование . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Вывод</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Приложение: таблицы</b>	<b>5</b>

# 1 Аннотация

**Цель работы:** наблюдение дифракционной картины и ее исследование с точки зрения разложения в ряд Фурье.

**В работе используются:** гелий-неоновый лазер, кассета с набором сеток разного периода, щель с микрометрическим винтом, линзы, экран, линейка.

## 2 Результаты измерений и обработка данных

### 2.1 Определение ширины щели

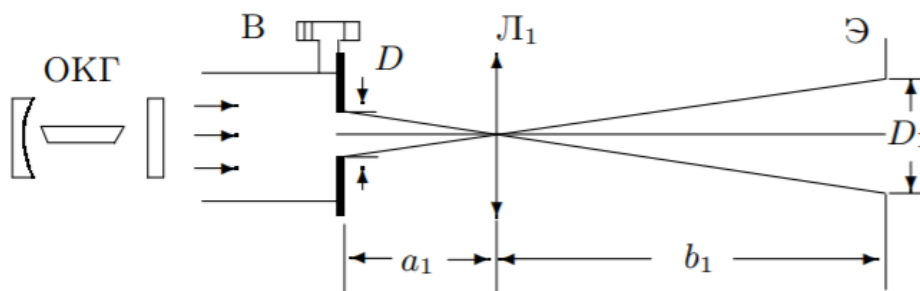


Рис. 1: Схема для определения ширины щели с помощью линзы, где  $a_1 = 26$  см,  $b_1 = 130$  см,  $F_1 \approx 3 - 4$  см,  $L_1$  – линза с фокусным расстоянием  $F_1$ , Э – экран,  $D$  – ширина щели,  $D_1$  – размер изображения

Установим тубус со щелью вплотную к выходному окну лазера (рис. 1). С помощью короткофокусной линзы  $L_1$  получим на экране Э увеличенное изображение щели. Меняя ширину щели, снимем зависимость размера изображения  $D_1$  от ширины щели  $D$  (табл. 1). По полученной таблице построим график искомой зависимости:

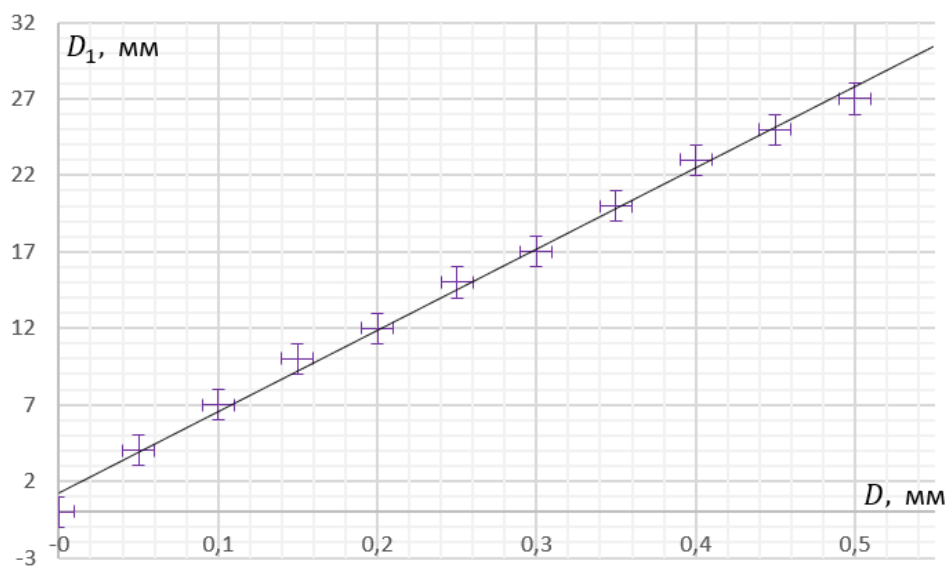


Рис. 2: График зависимости размера изображения  $D_1$  от ширины щели  $D$

Из графика получим значение  $\Gamma$ :

$$\Gamma = 51,4 \pm 1,1,$$

которое в пределах погрешности совпадает со значением

$$\Gamma = \frac{b_1}{a_1} = 50,0 \pm 1,5.$$

## 2.2 Определение ширины щели по её спектру

Получим на удалённом экране пектр щели (рис. 3). Проведём серию измерений  $X(m)$ , меняя ширину щели в тех же пределах, что и в пункте 2.1.

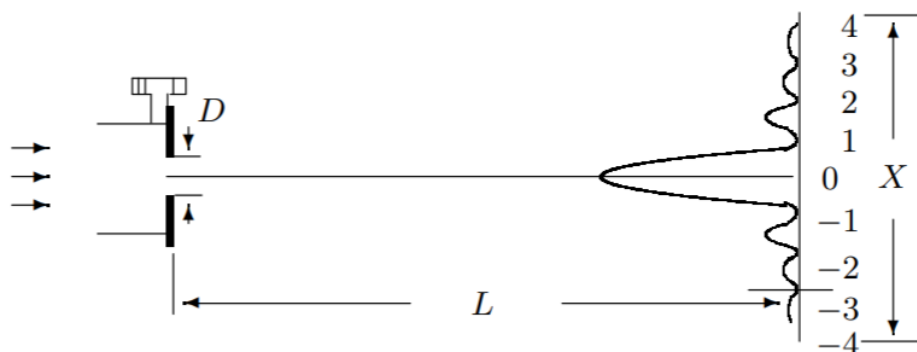


Рис. 3: Схема для определения ширины щели по спектру, где  $L = 131$  см – расстояние от щели до экрана

По результатам измерений спектра рассчитаем ширину щели  $D_c$ , используя соотношения

$$\Delta X = \frac{X}{2m} = \frac{\lambda}{D_c} L.$$

Полученные результаты представлены в таблице 2. График зависимости  $D_c = f(D)$  представлен на рис. 4.

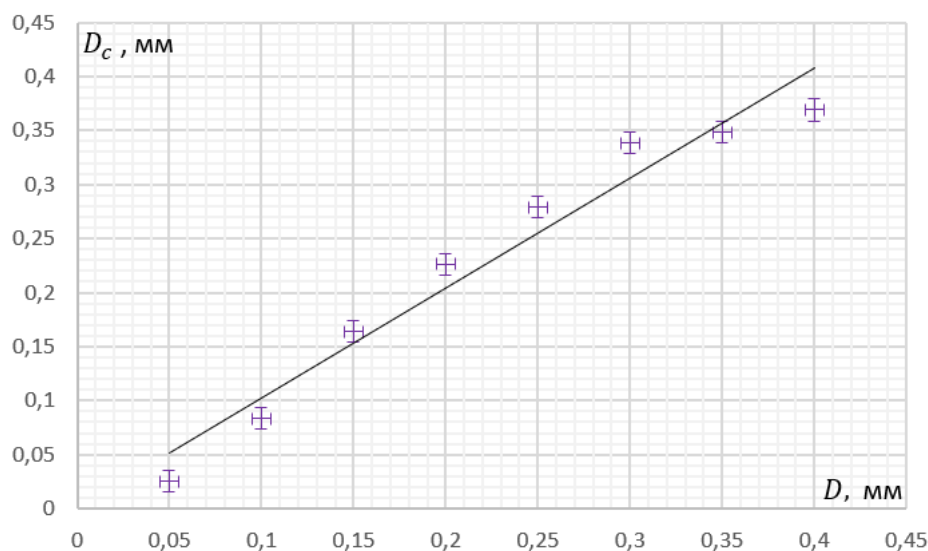


Рис. 4: График зависимости ширины щели  $D_c$  («с» – по спектру) от ширины щели  $D$

## 2.3 Определение периода решёток по спектру на удалённом экране

Поставим кассету с двумерными решётками вплотную к выходному окну лазера. Для каждой сетки измерим расстояние  $X$  между  $m$ -ми максимумами и отметим  $m$  – порядок максимума. Рассчитаем расстояния  $\Delta X$  между соседними максимумами и определим период решётки  $d_c = f(N^\circ)$ , используя соотношения

$$\Delta X = \frac{X}{2m} = \frac{\lambda}{d_c} L.$$

Результаты приведены в таблице 3.

## 2.4 Определение периода решёток по увеличенному изображению спектра

Линзу  $\mathcal{L}_2$  с максимальным фокусом  $F_2$  поставим на расстоянии  $\approx F_2$  от кассеты (рис 5). В плоскости  $\Phi$  линза  $\mathcal{L}_2$  даёт фурье-образ сетки — её спектр, а короткофокусная линза  $\mathcal{L}_3$  создаёт на экране увеличенное изображение этого спектра.

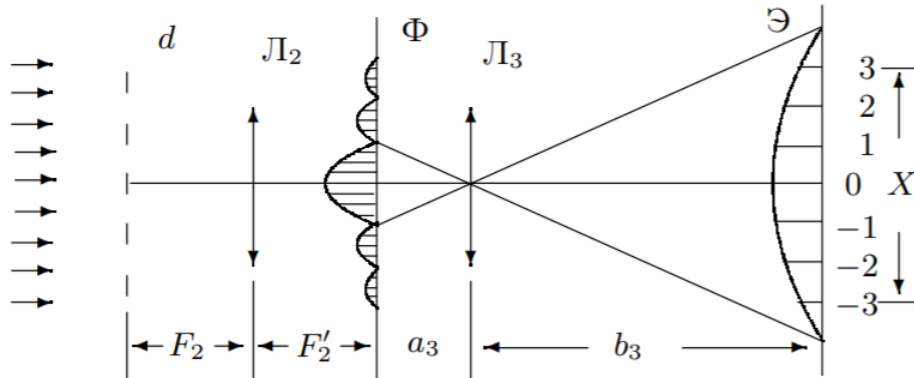


Рис. 5: Схема определения периода решётки по увеличенному изображению спектра, где  $a_3 = 30$  см,  $b_3 = 100$  см,  $F_3 \approx 2,5$  см — фокус линзы  $\mathcal{L}_3$ ,  $F_2 \approx 10$  см — фокус линзы  $\mathcal{L}_2$ ,  $\Phi$  — фокальная плоскость линзы  $\mathcal{L}_2$

Измерим  $X$  и  $t$  для всех сеток, где это возможно. Результаты внесём в таблицу 3.

## 2.5 Мультиплицирование

Поставим тубус со щелью к окну лазера и найдем на экране резкое изображение с помощью линзы  $\mathcal{L}_2$  (рис). В фокальной плоскости  $\Phi$  линзы  $\mathcal{L}_2$  поставим кассету с сетками, которые будут «рассекать» фурье-образ щели — осуществлять пространственную фильтрацию.

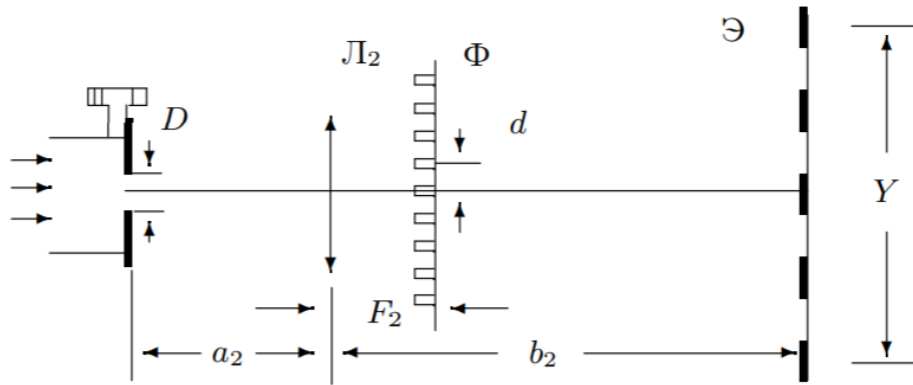


Рис. 6: Схема для наблюдения мультиплицирования, где  $a_2 = 10$  см,  $b_2 = 130$  см,  $Y$  — расстояние между удалёнными изображениями щели

Рассчитаем периоды  $\Delta y$  «фиктивных» решёток, которые дали бы такую же периодичность на экране:

$$\Delta y = \frac{\Delta Y}{\Gamma_2},$$

где

$$\Delta Y = \frac{Y}{K}$$

и  $K$  — число промежутков между изображениями. Результаты приведены в таблице 4.

Построим график  $\Delta y = f(1/d_c)$ , где  $d_c$  — периоды решёток, определённые по спектру. Зависимость должна быть линейной, поскольку

$$\frac{\lambda}{\Delta y} F_2 = d_c.$$

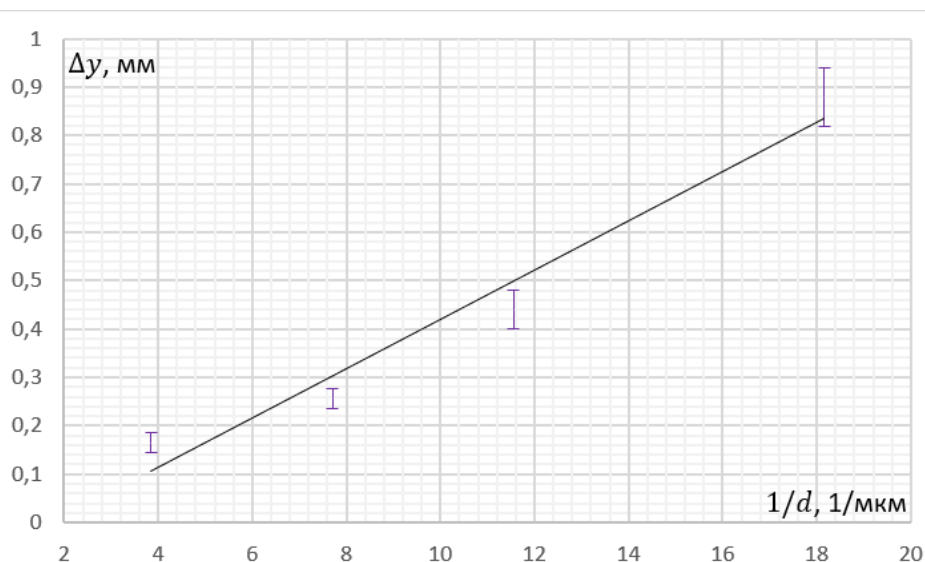


Рис. 7: График зависимости периода  $\Delta y$  «фиктивных» решёток от периодов решёток  $d_c$ , определённых по спектру

### 3 Вывод

В работе наблюдалась и исследовалась дифракционная картина с точки зрения разложения в ряд Фурье. Сперва двумя способами была определена ширина щели: прямым способом (с помощью линз) и по спектру щели. В обоих случаях наблюдается линейная зависимость (рис. 2 и 4). После чего был определён период решёток двумя способами: по спектру на удалённом экране и по увеличенному изображению спектра. Результаты, приведённые в табл. 3, показывают, что эти два метода измерения дают очень близкий результат. В заключении было проведено мультиплицирование: была получена зависимость «фиктивных решёток»  $\Delta y$  от периодов решёток  $d$ , причём она оказалась линейной, что подтверждает теорию.

### 4 Приложение: таблицы

Таблица 1: Зависимость размера изображения  $D_1$  от ширины щели  $D$

$D, \text{мм}$	$D_1, \text{мм}$
0,00	0,00
0,05	4,00
0,10	7,00
0,15	10,00
0,20	12,00
0,25	15,00
0,30	17,00
0,35	20,00
0,40	23,00
0,45	25,00
0,50	27,00

Таблица 2: Зависимость ширины щели  $D_c$  от ширины щели  $D$ 

$m$	$X$ , мм	$D_c$ , мм
2	110	0,025
6	100	0,083
12	102	0,163
13	80	0,226
16	80	0,278
17	70	0,338
15	60	0,348
9	34	0,368

Таблица 3: К определению периода решёток по спектру и по увеличенному изображению спектра

№	$m$	$X$ , мм	$d_c$ , мкм	№	$m$	$\Delta X$ , мм	$d_{\text{л}}$ , мкм
1	3	40	0,097	1	3	40	0,011
2	7	165	0,055	2	7	165	0,048
3	1	15	0,086	3	1	15	0,084
4	1	10	0,129	4	1	10	0,117
5	1	5	0,259	5	1	5	0,251

Таблица 4: Зависимость периодов  $\Delta y$  «фиктивных» решёток от периодов решёток, определённых по спектру

№	$m$	$X$ , мм	$d$ мкм	$Y$ , мм	$K$	$1/d$ , 1/мкм	$\Delta y$
1	3	40	0,097	80	5	10,27	1,23
2	7	165	0,055	80	7	18,15	0,87
3	1	15	0,086	40	7	11,55	0,43
4	1	10	0,129	20	6	7,70	0,25
5	1	5	0,259	15	7	3,85	0,16