

Лабораторная работа 4.3.4

Преобразование Фурье в оптике

Сафиуллин Роберт

19 марта 2019 г.

1 Цель работы:

А) определить размеры щели сначала по увеличенному с помощью линзы изображению, затем — по спектру на экране; Б) определить периоды сеток сначала по спектру, затем по увеличенному изображению спектра; В) исследовать изображение щели, мультиплицированное с помощью сеток; Г) проследить влияние щелевой диафрагмы, расположенной в фурье-плоскости, на изображение сетки.

2 Ход работы

Определение ширины щели

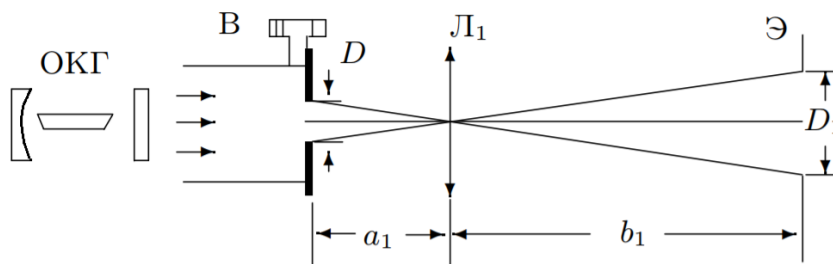


Рис. 1: Схема для определения ширины щели с помощью линзы

1) Собрали схему и с помощью линзы с $F_1=43\text{mm}$ получили увеличенное изображение щели (начало отсчета - 13 делений, одно деление - 10 мкм).

2) Меняя ширину щели от 5 до 50 делений от нового нуля, сняли зависимость размера изображения D_1 от ширины щели D . Результаты занесли в таблицу:

D , мкм	D_1 , мм
100	2.4
170	3.9
220	5.1
270	6.8
320	7.1
420	11
500	12.7

3) Экспериментально измерили $a_1=165 \text{ mm}$, $b_1=1165 \text{ mm}$, $L=a_1+b_1=1330 \text{ mm}$

4) Зная L и F_1 найдем a_1 и b_1 по формуле линзы: $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1}$
 $a_1=45 \text{ mm}$, $b_1=1285 \text{ mm} \Rightarrow \Gamma = \frac{b_1}{a_1} = \frac{D_1}{D_l} = 28$

Изображение, $m * 10^{-3}$	2.4	3.9	5.1	7.1	11	12.7
$D_l, m * 10^{-4}$	0.86	1.4	1.82	2.54	3.93	4.54
$D, m * 10^{-4}$	1	1.7	2.2	3.2	4.2	5

Определение ширины щели по её спектру

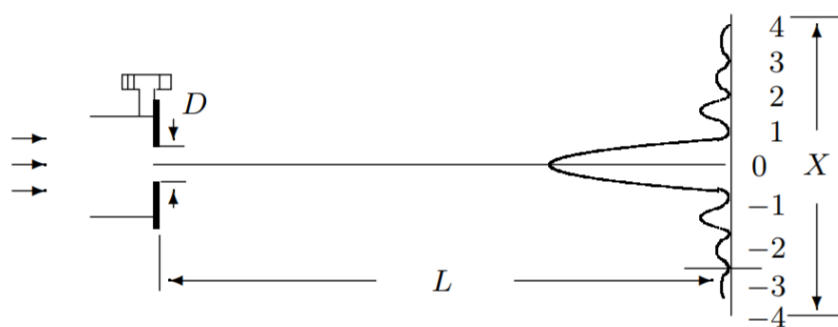


Рис. 2: Схема для определения ширины щели по спектру

5) Получили на удалённом экране спектр щели. Меняя ширину щели. Оценили интервал, для которого можно наблюдать и измерять спектр: 23-53 деления.

6) Измерили ширину спектра для самой маленькой щели(100 мкм): 85 mm.

7) Провели серию измерений $X(m)$, меняя ширину щели. Результаты занесли в таблицу:

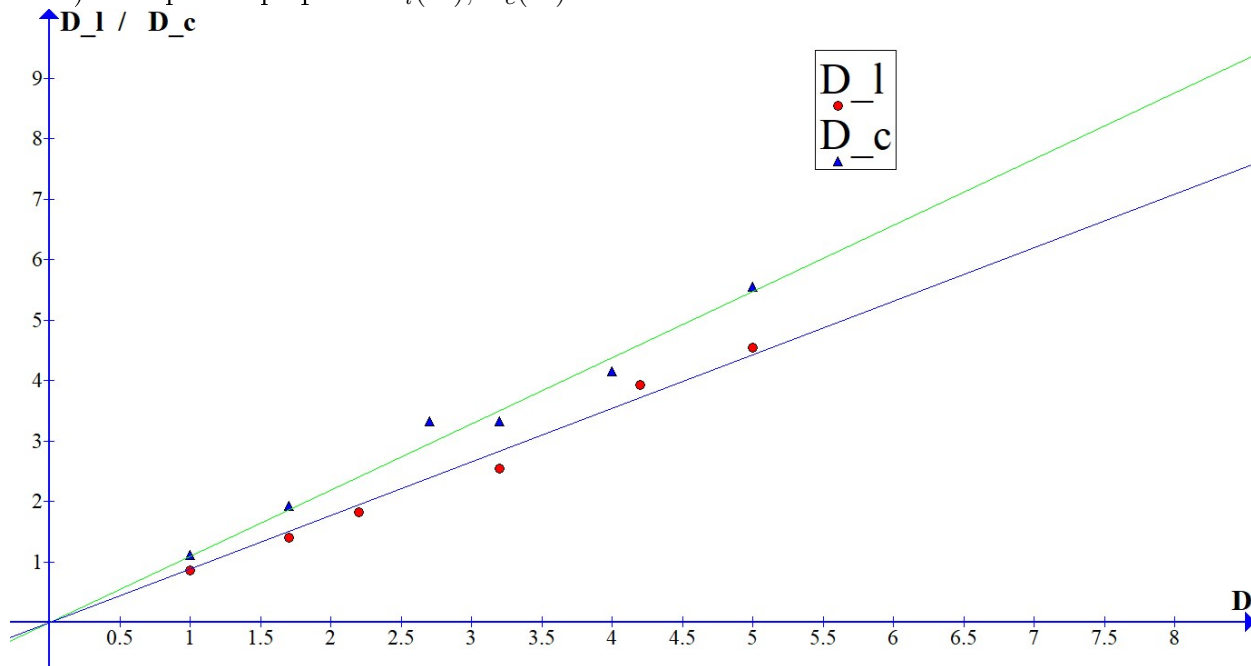
10, del		17, del		27, del		32, del		40, del		50, del	
m	X, mm	m	X, mm	m	X, mm	m	X, mm	m	X, mm	m	X, mm
1	15	1	10	1	5	1	5	1	4	1	3
2	30	2	15	2	10	2	10	2	8	2	6
3	45	3	25	3	15	3	15	3	12	3	9
4	60	4	35	4	20	4	20	4	16	4	12

8)Используя соотношение: $D_c = \frac{\lambda * L * 2m}{X}$, рассчитаем ширину щели(

$\lambda = 6328 \text{ \AA}$, $L=1315 \text{ mm}$)

$D, m * 10^{-4}$	1	1.7	2.7	3.2	4	5
$D_c, m * 10^{-4}$	1.11	1.93	3.32	3.32	4.16	5.55

9) Построим графики $D_l(D)$, $D_c(D)$:



Определение периода решеток Определение периода по спектру на удалённом экране

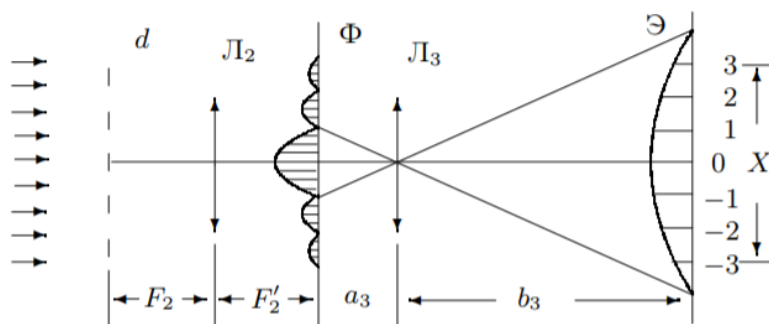


Рис. 3: Схема для определения ширины щели по спектру

10) Поставили кассету с двумерными решетками вплотную к лазеру.

11) Для каждой сетки измерили расстояние X между m -ыми максимумами. $L=1355$ mm

Сетка:	1		2		3		4		5	
m	X, mm	ΔX	X, mm	ΔX	X, mm	ΔX	X, mm	ΔX	X, mm	ΔX
1	4	17.5	2	12.5	2	6.25	2	3.75	2	2.5
2	70		50		25		15		10	
3	105		100		50		25		20	
4	140		150		75		40		30	

12) Используя формулу $d_c = \frac{\lambda * L * 2m}{X}$ найдем d_c :

N сетки	1	2	3	4	5
$d_c, m * 10^{-5}$	5	6.7	13	23	33

Определение периода решёток по увеличенному изображению спектра

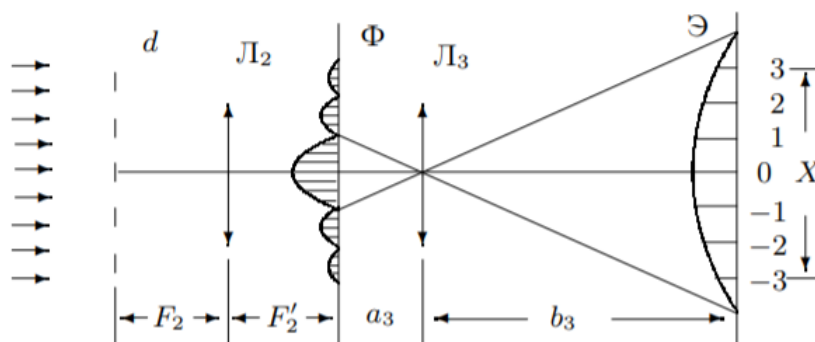


Рис. 4: Схема определения периода решётки по увеличенному изображению спектра

13) Измерим X и m для всех сеток, где это возможно:

N сетки	3	4	5
m	X, mm	X, mm	X, mm
1	6	8	15
2	12	35	45
3	28	55	75

14) Зная, что $\Gamma_3 = b_3/a_3 = 1.5$, $F_2 = 11$ см, найдем период сетки по формуле $d_l = \frac{\lambda \cdot F_2 \cdot \Gamma_3 \cdot 2m}{X}$

N	3	4	5
d_l, mm	0.02	0.011	0.008

Мультиплицирование

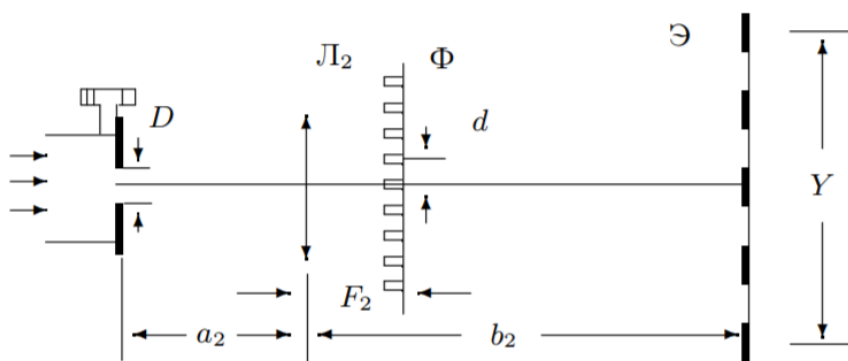


Рис. 5: Схема для наблюдения мультиплицирования

15) Снова поставили тубус со щелью к окну лазера и нашли на экране резкое изображение щели с помощью линзы Л2 ($F_2 = 11$ см). В фокальной плоскости Ф линзы Л2 поставили кассету с сетками.

16) Подобрали такую ширину входной щели D, чтобы на экране можно было наблюдать мультиплицированное изображение для всех сеток ($a_2 = 220 mm$, $b_2 = 1060 mm$).

17) Сняли зависимость Y и K (число промежутков между изображениями) от N^о (номер сетки) для фиксированной ширины входной щели. Результаты занесли в таблицу:

N, сетки	1		2		3		4	
Y, mm	50	100	35	60	15	30	12	16
K	15	40	10	20	8	16	4	8

18) Используя формулы $\Delta y = \Delta Y/2$, $\Delta Y = Y/K$ получим:

N	1	2	3	4	5
$\Delta y, mm$	0.69	0.73	0.39	0.52	1
$1/d_c 10^3, 1/m$	20	15	7.7	4.34	3.03

И построим график $\Delta y(1/d_c 10^3)$:

