

МОСКОВСКИЙ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.5.2

Изучение
дифракции света

Студент
Ришат ИСХАКОВ
513 группа

Преподаватель
Александр Александрович
КАЗИМИРОВ



14 апреля 2017 г.

Цель работы: исследовать явления дифракции Френеля и Фраунгофера на щели, изучить влияние дифракции на разрешающую способность оптических инструментов.

В работе используются: оптическая скамья, ртутная лампа, монохроматор, щели с регулируемой шириной, рамка с вертикальной нитью, двойная щель, микроскоп на поперечных салазках с микрометрическим винтом, зрительная труба.

1. Дифракция Френеля на щели

Схема установки для наблюдения дифракции Френеля представлена на рис. 1. Световые лучи освещают щель S_2 и испытывают на ней дифракцию. Дифракционная картина рассматривается с помощью микроскопа M , сфокусированного на некоторую плоскость наблюдения Π .

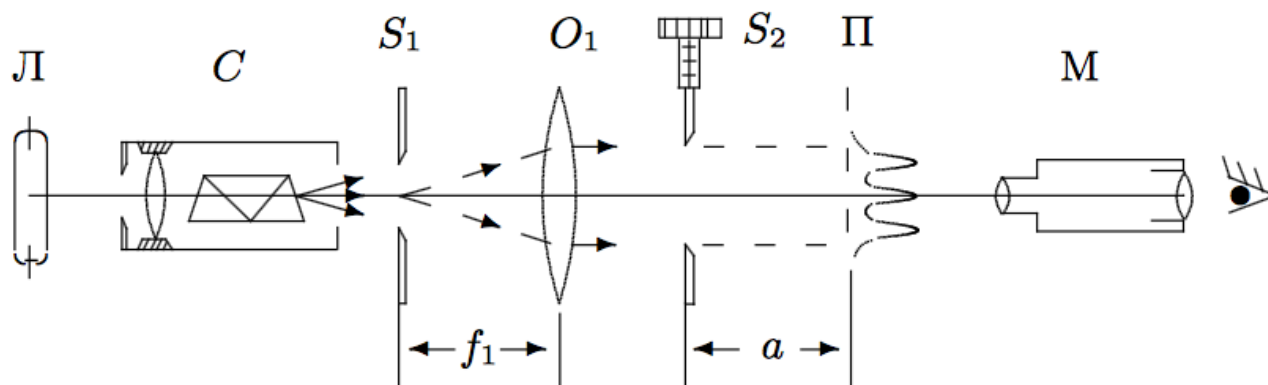


Рис. 1: Схема установки для наблюдения дифракции Френеля

Щель S_2 освещается параллельным пучком монохроматического света с помощью коллиматора, образованного объективом O_1 и щелью S_1 , находящейся в его фокусе. На щель S_1 сфокусировано изображение спектральной линии, выделенной из спектра ртутной лампы L при помощи простого монохроматора C , в котором используется призма прямого зрения.

Распределение интенсивности света в плоскости наблюдения Π проще всего рассчитывать с помощью зон Френеля (для щели их иногда называют зонами Шустера). При освещении щели S_2 параллельным пучком лучей (плоская волна) зоны Френеля представляют собой полосы, параллельные краям щели (рис. 2). Результирующая амплитуда в точке наблюдения определяется суперпозицией колебаний от тех зон Френеля, которые не перекрыты створками щели. Графическое определение результирующей амплитуды производится с помощью векторной диаграммы — спирали Корню. Суммарная ширина m зон Френеля z_m определяется соотношением:

$$z_m = \sqrt{am\lambda},$$

где a — расстояние от щели до плоскости наблюдения (рис. 1), а λ — длина волны.

Измерим значение расстояний при изменении количества темных полос:

Таблица 1: Зависимость расстояния от количества полос

n	5	4	3	2	1
z	0.8	1.1	1.4	1.8	2.6
2ξ	323.81	346.62	349.75	343.45	337.03
δx	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
ϵx	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04
$\delta\xi$	20.24	15.76	12.49	9.54	12.96

Построим график зависимости $2\xi_n(n)$:

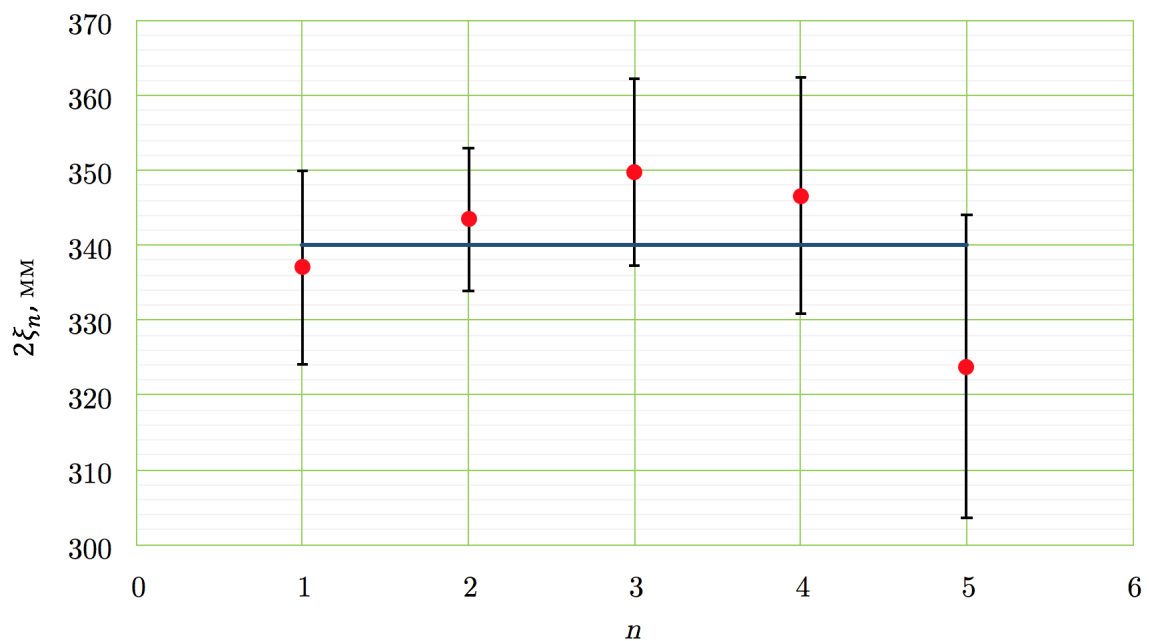


Рис. 2: График зависимости $2\xi_n(n)$

2. Дифракция Фраунгофера на щели

Картина дифракции резко упрощается, когда ширина щели становится значительно меньше ширины первой зоны Френеля.

Это условие всегда выполняется при достаточно большом расстоянии a от щели до плоскости наблюдения. Дифракционную картину, наблюдаемую в этом случае, принято называть дифракцией Фраунгофера. Исследование такой дифракционной картины заметно облегчается, потому что упрощаются фазовые соотношения.

Дифракцию Френеля и Фраунгофера можно наблюдать на одной и той же установке (рис. 1). Однако при обычных размерах установки дифракция Фраунгофера возникает только при очень узких щелях. Например, при $a \approx 20 - 40$ см и $\lambda \approx 5 \cdot 10^{-5}$ см получаем

$D \ll 0.3$ мм. Поскольку работать с такими тонкими щелями неудобно, для наблюдения дифракции Фраунгофера к схеме, изображённой на рис. 1 добавляется объектив O_2 (рис. 3).

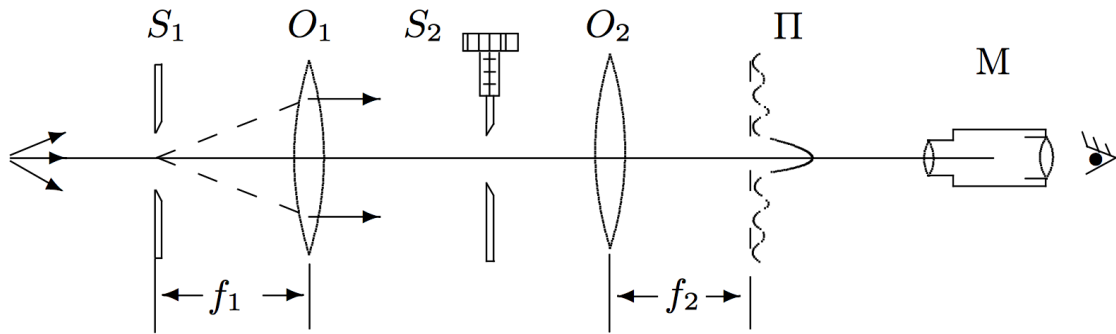


Рис. 3: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на щели

Дифракционная картина наблюдается здесь в фокальной плоскости объектива O_2 .

Начальные данные:

$$f_1 = 11 \text{ см}$$

$$f_2 = 12.5 \text{ см}$$

Таблица 2: Координаты дифракционных минимумов

m	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
$x_m, \text{ мм}$	0.62	0.85	1.03	1.25	1.5	1.68	1.88	2.1	2.32

Построим график зависимости $x_m(m)$:

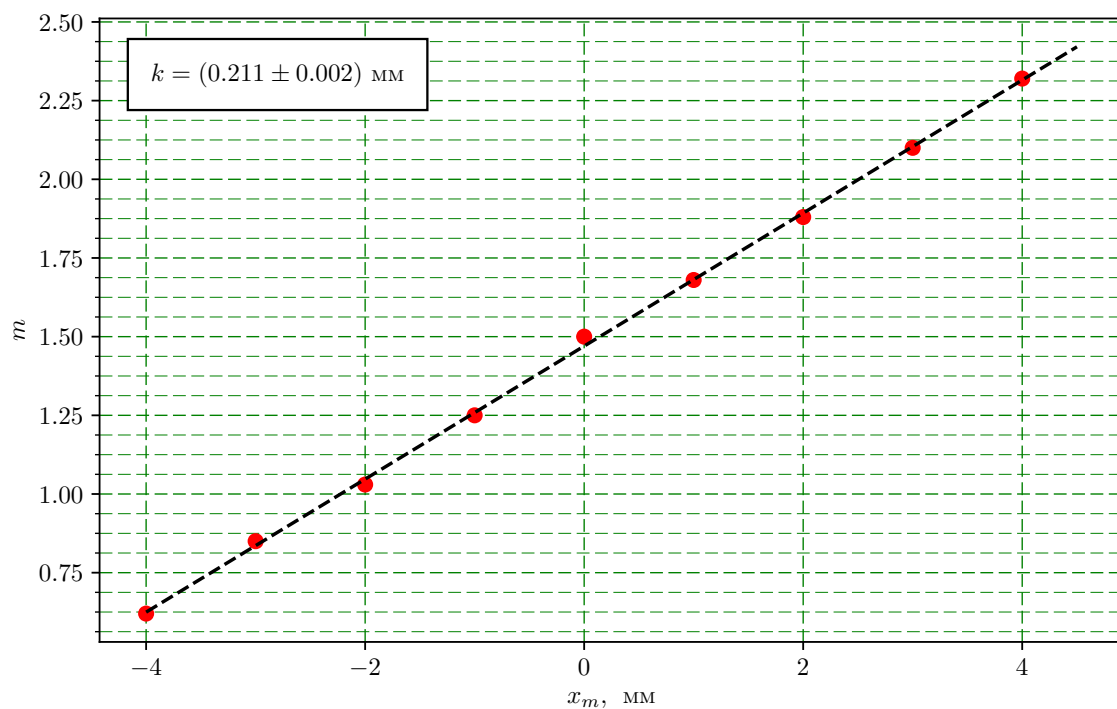


Рис. 4: Зависимость $x_m(m)$

Рассчитаем ширину щели b :

$$b = \frac{f_2 \lambda}{k} = 0.32 \text{ мм}$$

3. Дифракция Фраунгофера на двух щелях

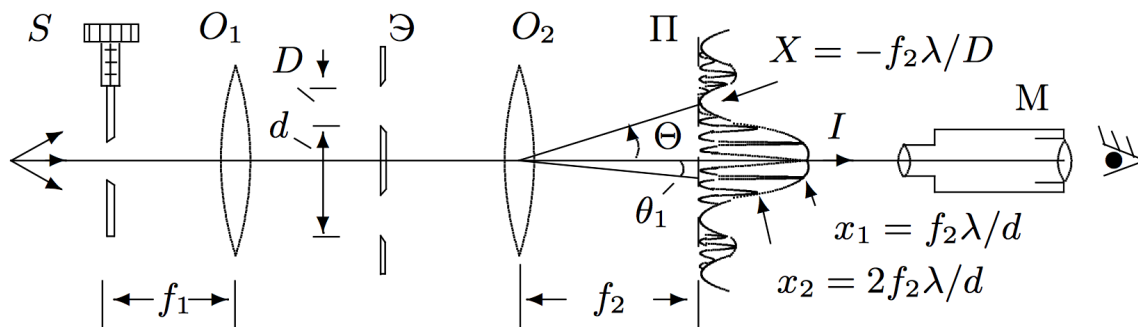


Рис. 5: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях

Для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях в установке (рис. 3) следует заменить щель S_2 экраном Э с двумя щелями (рис. 5). При этом для оценки влияния ширины входной щели на чёткость дифракционной картины вместо входной щели S_1 следует поставить щель с микрометрическим винтом. Два дифракционных изображения входной щели, одно из которых образовано лучами, прошедшими через левую, а другое — через правую щели, накладываются друг на друга.

Если входная щель достаточно узка, то дифракционная картина в плоскости П (рис. 3) подобна той, что получалась при дифракции на одной щели (рис. 5), однако теперь вся картина испещрена рядом дополнительных узких полос. Наличие этих полос объясняется суперпозицией световых волн, приходящих в плоскость наблюдения через разные щели экрана Э.

1. Определим координаты x_1, x_2 самых удаленных друг от друга темных полос внутри первого максимума, а также координату центра максимума:

$$x_1 =$$

4. Установка и параметры измерения

5. Вывод