

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.3.1

Изучение дифракции света

Маршрут X

2 мая 2019 г.
16 мая 2019 г.

Работу выполнил
Ринат Валиев, 711 гр.

Под руководством
В.В. Лобачёва

Постановка эксперимента

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

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

Выполнение работы

Дифракция Френеля на щели

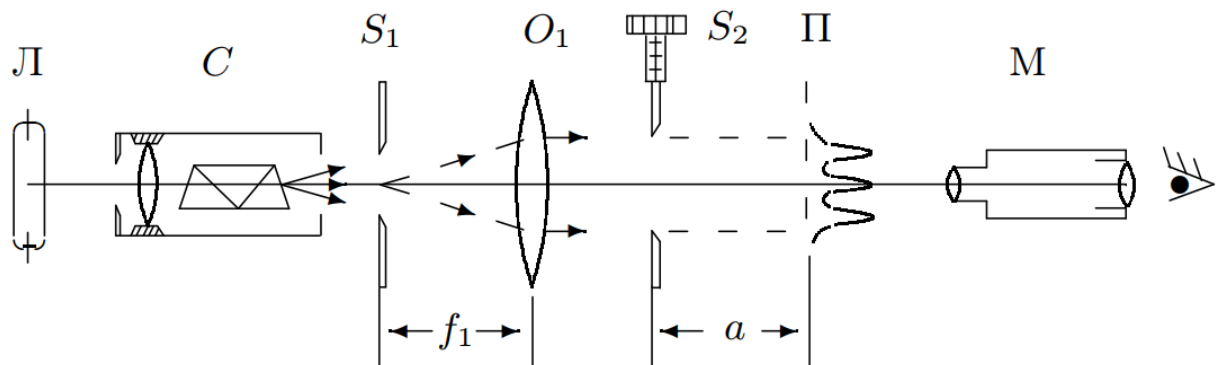


Рис. 1: Схема установки для наблюдения дифракции Френеля на щели

Проведем настройку установки согласно приведенному в лаборатории описанию работы. Также некоторые характеристики: $f_1 = 12.5$ см, $f_2 = 16$ см.

Ширина щели, измеренная с помощью ее собственного микрометрического винта:

$$D \approx 200 \text{ мкм}$$

Снимем зависимость координаты микроскопа и количества темных полос на дифракционной картине. Результаты представим в таблице 1.

n	1	2	3	4
a , см	57.2	56.8	56.6	56.5

Таблица 1: Зависимость координаты микроскопа и количества темных полос на дифракционной картине

Ширина щели S_2 совпадает с ранее полученным результатом и равна 200 мкм.

По результатам измерений таблицы 1 получим зависимость полуширины щели от количества зон Френеля.

$$m = n + 1, \quad 2\xi_m = 2\sqrt{am\lambda}, \quad \text{где } \lambda = 5461 \text{ Å}$$

Теперь запишем зависимость полуширины щели от количества зон Френеля.

m	2	3	4	5
$2\xi_m$, мкм	213	260	300	335

Таблица 2: Зависимость полуширины щели от количества зон Френеля

По данным таблицы 2 построим график зависимости полуширины щели от количества зон Френеля.

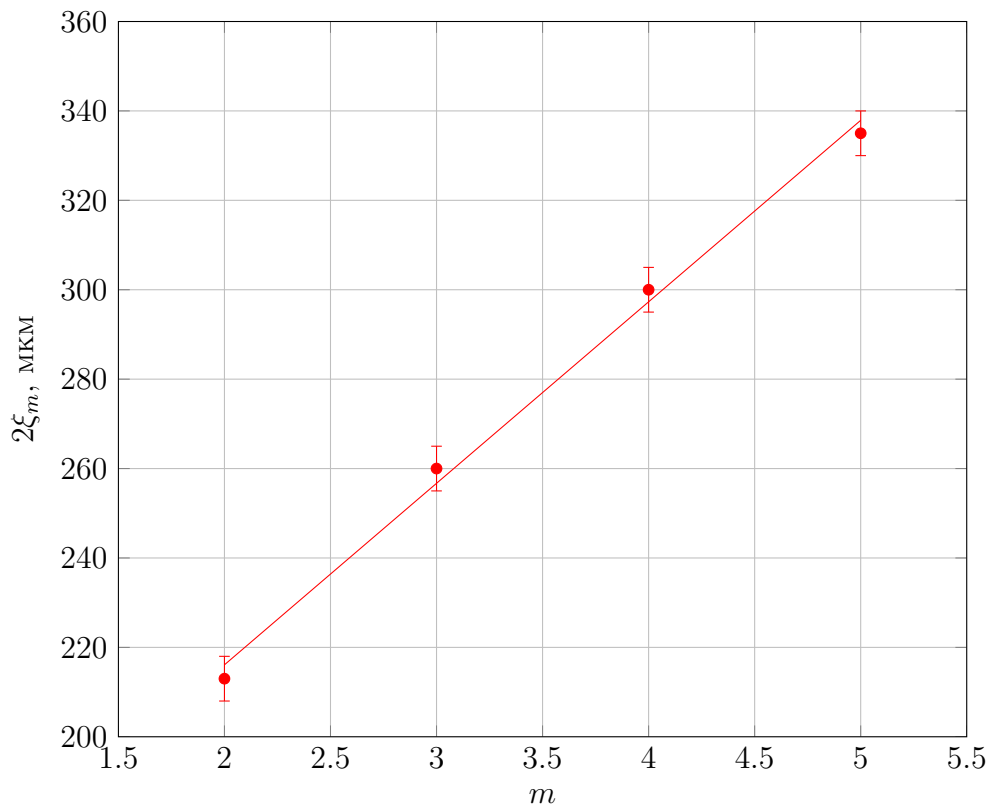


Рис. 2: Зависимость полуширины щели от количества зон Френеля

Что касается распределения света и тени при дифракции на краю экрана, при увеличении расстояния от края экрана осцилляция интенсивности уменьшается, а с само значение I стремится к I_0 .

Также не перемещая микроскоп, но изменяя ширину щели, можно пронаблюдать следующие явления:

1. при увеличении ширины щели дифракционная картина уменьшается, боковые полосы съезжаются к нулевому максимуму.
2. при уменьшении ширины щели, наоборот, дифракционная картина увеличивается и боковые полосы разъезжаются от нулевого максимума.

Также можно пронаблюдать дифракцию Френеля на препятствии, поставив вместо щели S_2 рамку с тонкой вертикальной нитью.

При этом можно убедиться, что картина на нити ведет себя подобным образом, за исключением направления максимума. Из-за него всегда можно наблюдать светлый центр и четное число темных полос.

Дифракция Фраунгофера на щели

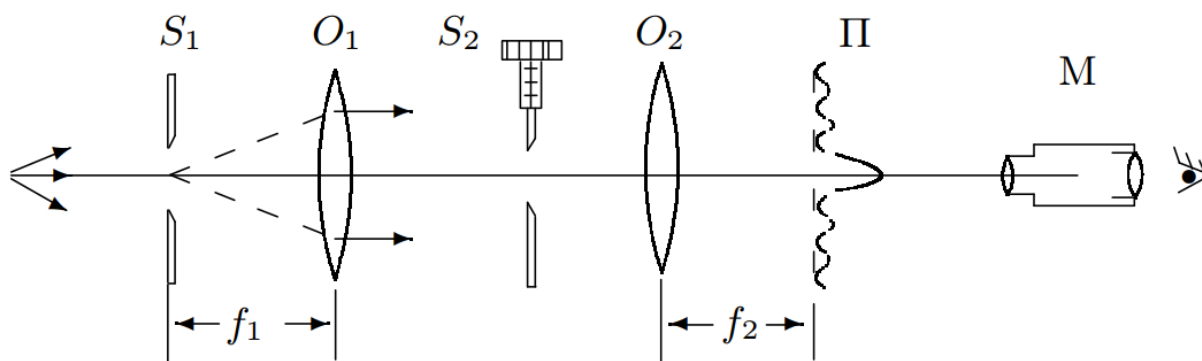


Рис. 3: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на щели

С помощью поперечного винта микроскопа снимем зависимость координаты x_m от номера минимума.

m	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
x_m , дел	16	33	55	75	95	115	136	155	174	199

Таблица 3: Зависимость координаты x_m от номера минимума

Построим график по таблице 3.

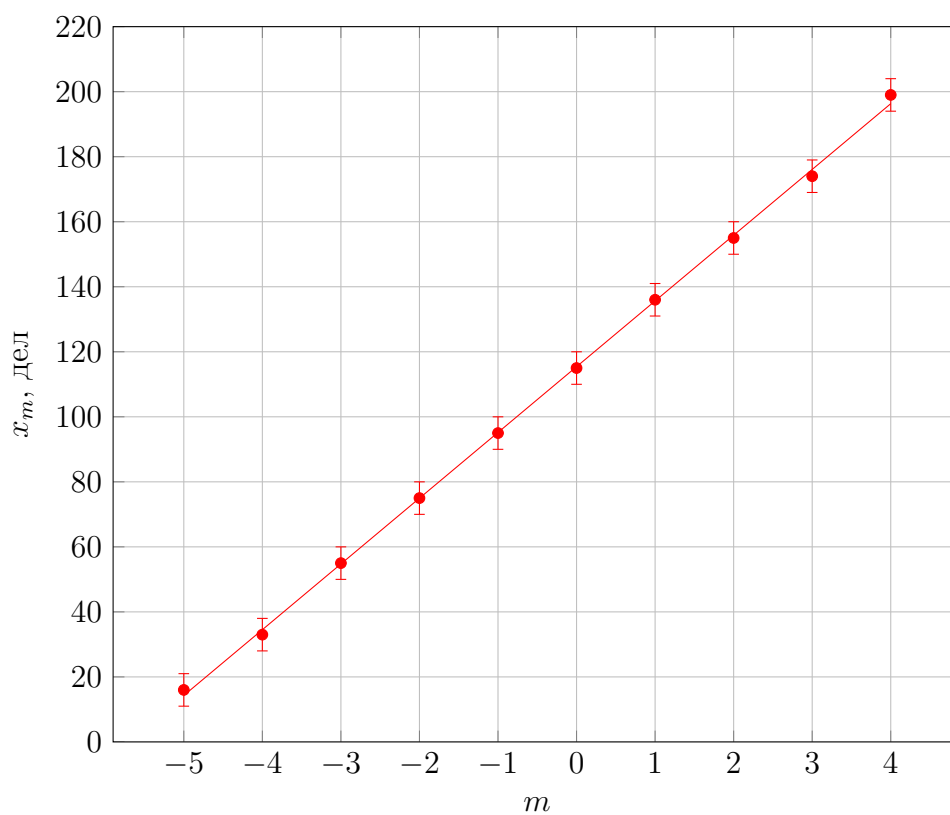


Рис. 4: Зависимость координаты x_m от номера минимума

По наклону графика (рис. 4) находим: $\Delta x = 20.2$ дел.

$$D = \frac{f_2 \lambda}{\Delta x} = 216 \text{ мкм, что близко к измеренному ранее значению ширины щели.}$$

Также можно убедиться в том, что смещение щели S_2 в боковом направлении не приводит к сдвигу дифракционной картины.

Это можно объяснить тем фактом, что изображение всегда улавливается в фокальной плоскости линзы, в то время как лучи распараллеливаются линзой O_2 вне зависимости от перемещения S_2 .

Также лишний раз убеждаемся, что дифракционная картина Фраунгофера меняется согласно формуле $\Delta x = f_2 \lambda / D$ или $x_m = f_2 m \lambda / D$.

Это означает, что полосы разъезжаются и становятся шире при уменьшении D .

Дифракция Фраунгофера на двух щелях

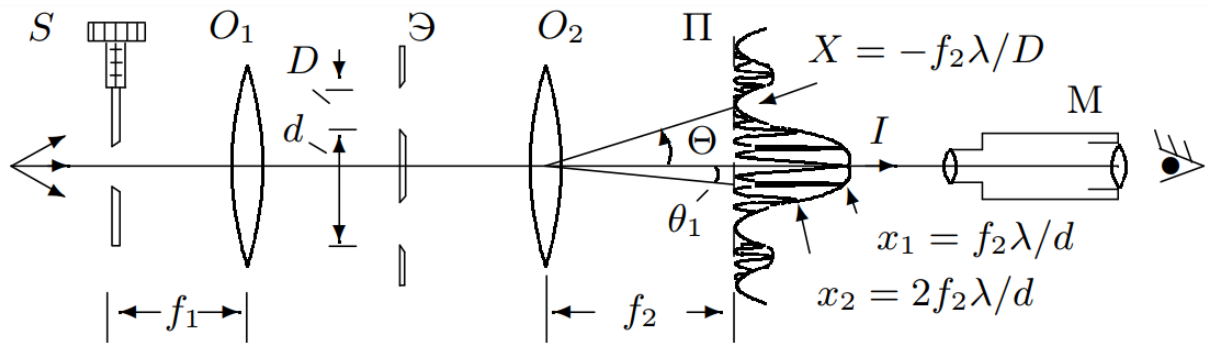


Рис. 5: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях

Определим с помощью поперечного винта микроскопа расстояние между самыми удаленными друг от друга темными полосами и посчитаем число светлых полос между ними: $\delta x = 35$ мкм, $N = 17$ полос.

Ширина центрального максимума примерно 0.6 мм.

$$d = \frac{f_2 \lambda}{\delta x} = 0.86 \text{ мм, что совпадает с измеренным значением } d = 0.84 \text{ мм.}$$

$$b = \frac{f_1 \lambda}{d} = 0.05 \text{ мм, что также совпадает с ранее установленным фактом.}$$

Также было сделано наблюдение о влиянии интерференции от протяженного источника на дифракционную картину Фраунгофера.

Картина исчезает при $b_0 = 0.1$ мм, однако затем восстанавливается с меньшей контрастностью.

Влияние дифракции на разрешающую способность оптического инструмента

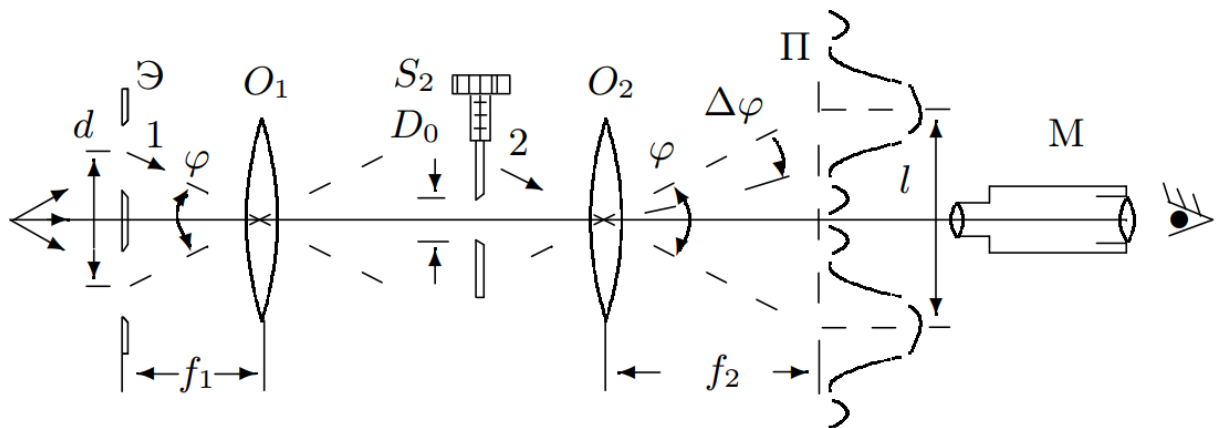


Рис. 6: Схема установки для исследования разрешающей способности оптического инструмента

Найдем изображение, которое не различает два различных источника и запишем ширину щели, соответствующую граничному случаю критерия Релея.

$$D_0 = 110 \cdot 0.001 = 0.11 \text{ мм} = 110 \text{ мкм}.$$

Измерим координаты ширину каждой щели: $h_1 = 0.13 \text{ мм}$, $h_2 = 0.31 \text{ мм}$. Расстояние между ними: $d = 0.84 \text{ мм}$.

$$D_0 = \frac{f_1 \lambda}{d} = 104 \text{ мкм}, \text{ что довольно точно совпадает с ранее полученным результатом.}$$

Итоги

Были исследованы дифракции Френеля и Фраунгофера на щели, влияние дифракции на разрешающую способность оптических инструментов. Также была исследована дифракция Френеля на двух щелях и пронаблюдалось влияние интерференции от протяженного источника на видность основной картинки.