

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 4.3.1

Изучение дифракции света

выполнили студенты 2 курса
группы Б04-006
Белостоцкий Артемий
Вовк Дмитрий

Долгопрудный, 2022 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 с микрометрическим винтом на поперечных салазках
- зрительная труба

Дифракция Френеля

Соберем схему согласно рис. 1.

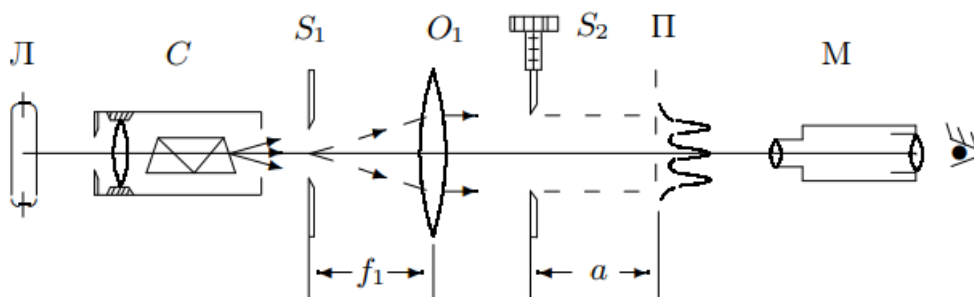


Рис. 1: Схема установки для наблюдения дифракции Френеля

Добившись наибольшей четкости дифракционной картины, найдем резкое изображение щели. Постепенно отодвигая микроскоп от щели S_2 , отметим положение микроскопа, при котором на фоне щели видна одна темная полоса.

.Приближая микроскоп к щели снимем зависимость координаты микроскопа от числа n наблюдаемых полос. Рассчитаем расстояние – $a = |z_n - z_0|$ – смещение микроскопа от положения где $n = 0$ ($z_0 = 49,8\text{см}$). Также рассчитаем суммарную ширину n зон Френеля по формуле $z_m = \sqrt{atm\lambda}$ ($\lambda = 5480 \text{ \AA}$). Результаты занесем в Таблицу 1.

Таблица 1: Зависимость координаты микроскопа от числа n наблюдаемых полос

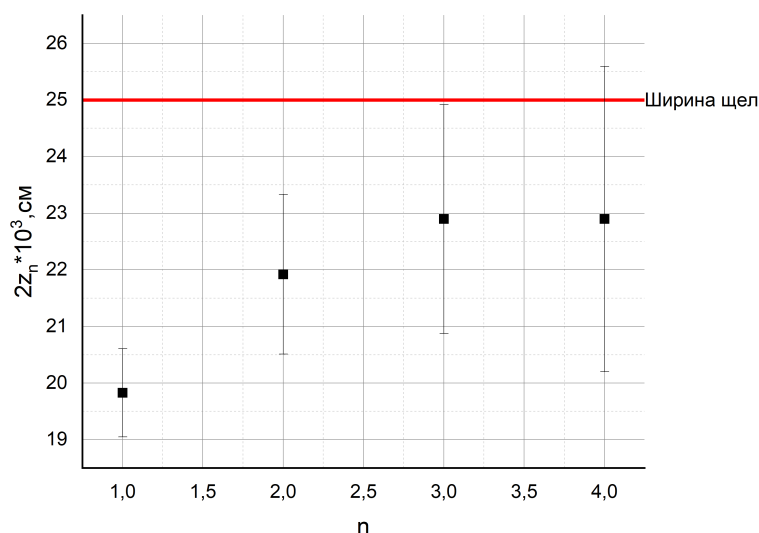
z , см	n	a , см	$2z_n * 10^3$, см	$\sigma_{2z_n} * 10^3$, см
51,6	1	0	19,82	0,78
50,9	2	0,7	21,92	1,41
50,6	3	1	22,90	2,02
50,4	4	1,2	22,90	2,70

где погрешность рассчитывалась по формуле:

$$\sigma_{2z_m} = 2\sqrt{\frac{2\lambda n}{a}}\sigma_z,$$

где $\sigma_z = 0,05$ см

Построим график зависимости $2z_n = f(n)$ и отметим на нем ширину щели.

Рис. 2: График зависимости $2z_n = f(n)$

Дифракция Фраунгофера

Соберем схему согласно рис. 2.

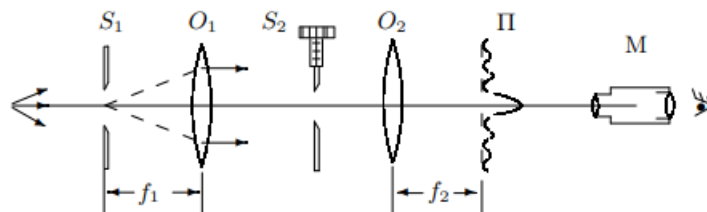


Рис. 3: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на щели

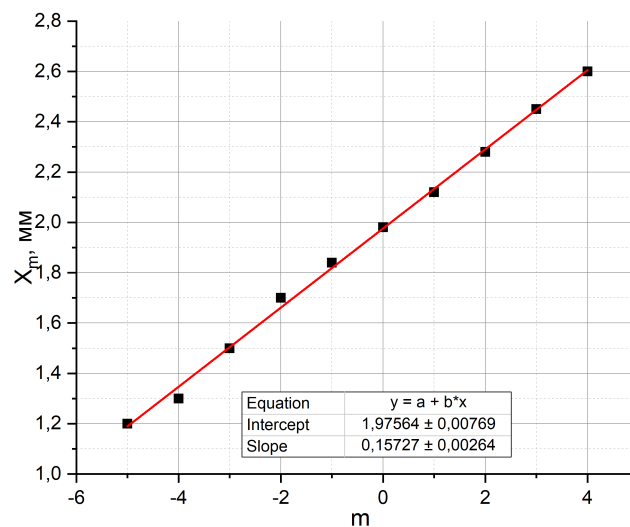
Подберем ширину щели S_2 так, чтобы в поле зрения микроскопа появилась дифракционная картина и добьемся наибольшей контрастности картины.

С помощью винта поперечного перемещения микроскопа измерим ширину щели $D = 0,52 \pm 0,02$ мм, а также координаты X_m нескольких дифракционных минимумов. Данные занесем в Таблицу 2.

Таблица 2: Зависимость $X_m(m)$

m	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
X_m , мм	1,2	1,3	1,5	1,7	1,84	1,98	2,12	2,28	2,45	2,6

Построим график зависимости $X_m(m)$, учитывая что $\sigma_{X_m} = 0,01$ мм.

Рис. 4: График зависимости $X_m(m)$

Тогда согласно формуле:

$$X_m = f_2 m \frac{\lambda}{D}$$

Расстояние между соседними минимумами постоянно и равно наклону графика.

$$\Delta X_m = 0,157 \pm 0,003 \text{ мм}$$

Также рассчитаем ширину щели – D – зная фокусное расстояние $f_2 = 11,5$ см:

$$D = f_2 \frac{\lambda}{k} = 0,423 \text{ мм}$$

$$\sigma_D = D \frac{\sigma_k}{k} = 0,008 \text{ мм}$$

Окончательно:

$$D = 0,423 \pm 0,008 \text{ мм}$$

Дифракция Фраунгофера на двух щелях

Соберем схему согласно рис. 3.

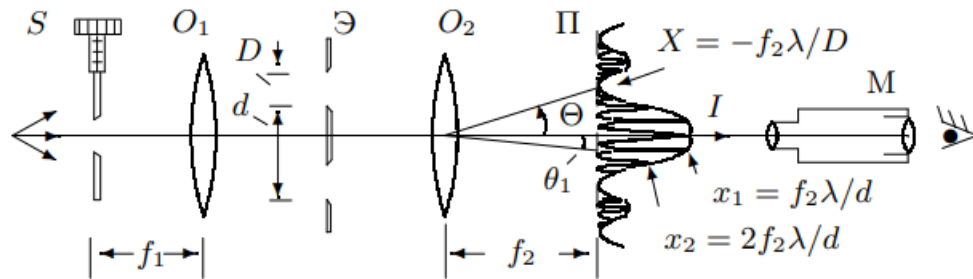


Рис. 5: Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях

В области главного дифракционного максимума наблюдаем системы равноотстоящих темных и светлых полос. Добьемся четкости дифракционной картины.

С помощью микрометрического винта и поперечных салазок определим: ширину главного максимума – $h = 0,60 \pm 0,02$ мм; число светлых полос – $n = 18$; расстояние между щелями – $d = 0,16 \pm 0,2$ мм.

Найдем расстояние между соседними полосами и через него рассчитаем расстояние между щелями:

$$\delta x = \frac{h}{n} \approx 0,033 \pm 0,001 \text{ мм}$$

$$d = f_2 \frac{\lambda}{\delta x} \approx 0,19 \pm 0,02 \text{ мм}$$

Исследуем влияние пространственной когерентности на видность интерференционной картины. Расширяя входную щель, подберем такую ширину щели $b_0 = 0,285 \pm 0,020$ мм, при которой наступает первое исчезновение интерференционных полос.

Сравним ее с расчетом по формуле:

$$b_0 = f_1 \frac{\lambda}{d} \approx 0,362 \pm 0,012 \text{ мм}$$

Влияние дифракции на разрешающую способность оптического инструмента

Соберем схему согласно рис. 4.

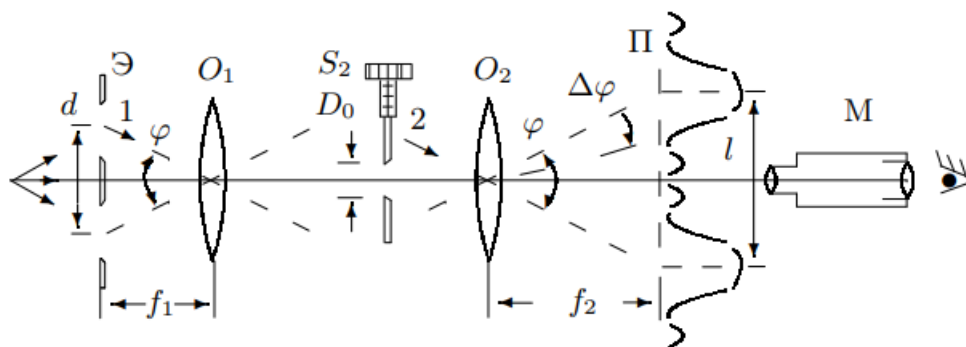


Рис. 6: Схема установки для исследования разрешающей способности оптического инструмента

Подберем ширину щели S_2 так, чтобы изображения обеих щелей почти сливались и запишем показания микрометрического винта (ширину щели) $D_0 = 0,063 \pm 0,02$ мм.

Также измерим расстояние между щелями – $d = 0,16 \pm 0,02$ мм, ширина щели – $b = 0,20 \pm 0,02$ мм. Рассчитаем D_0 исходя из критерия Релея:

$$D_0 = \frac{f_1}{d} \lambda \approx 0,043 \text{ мм}$$

Выводы

В ходе работы было изучено явление дифракции света - дифракция Френеля на щели и на препятствии, дифракция Фраунгофера на одной и двух щелях, а также влияние дифракции на разрешающую способность оптического инструмента

- При исследовании явления дифракции Френеля на щели убедились, что ширина зон Френеля примерно равна ширине щели
- При исследовании явления дифракции Фраунгофера на щели получили значение ширины щели, примерно равно измеренному непосредственно с помощью регулятора ширины щели. Разница обусловлена скорее всего расшатанностью регулятора.

$$D_0 = 520 \text{ мкм} \quad D = 423 \text{ мкм}$$

- При исследовании явления дифракции Фраунгофера на двух щелях было получено значение расстояния между щелями, примерно равное измеренному с помощью микроскопа:

$$d_0 = 0,16 \text{ мм} \quad d = 0,19 \text{ мм}$$

- При изучении разрешающей способности, расчет через критерий Релея дал меньший результат, чем подобранный на глаз:

$$D_0 = 0,063 \text{ мм} \quad D = 0,043 \text{ мм}$$