

# Лабораторная работа 4.3.1. Изучение дифракции света.

Вязовцев Андрей, Б01-005

13.05.22

**Цель работы:** изучение дифракции света.

**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.

**Теоретическая справка:**

- Суммарная ширина  $m$  зон Френеля  $z_m$  определяется соотношением:

$$z_m = \sqrt{amt\lambda}$$

- Расстояние  $X_m$  темной полосы от оптической оси объектива  $O_2$  пропорционально фокусному расстоянию  $f_2$ :

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

- Линейное расстояние  $\delta x$  между соседними интерференционными полосами в плоскости П равно:

$$\delta x = f_2 \frac{\lambda}{d}$$

- Число интерференционных полос, укладывающихся в области центрального дифракционного максимума:

$$n = \frac{2\lambda f_2}{D} \frac{1}{\delta x} = \frac{2d}{D}$$

- При дифракции света на двух щелях чёткая система интерференционных полос наблюдается только при достаточно узкой ширине входной щели  $S$ . При увеличении её ширины интерференционная картина периодически пропадает и появляется вновь, но полосы при этом оказываются сильно размытыми и видны плохо. Это явление объясняется наложением интерференционных картин от разных элементов широкой щели  $S$ . Первое размытие интерференционных полос возникает при условии:

$$\frac{b}{f_1} = \frac{\lambda}{d}$$

- Критерий Рэлея:

$$\frac{\lambda}{D_0} = \frac{d}{f_1}$$

#### Экспериментальная установка:

Работа состоит из четырёх частей, в каждой из которых собственная установка. Вот они все:

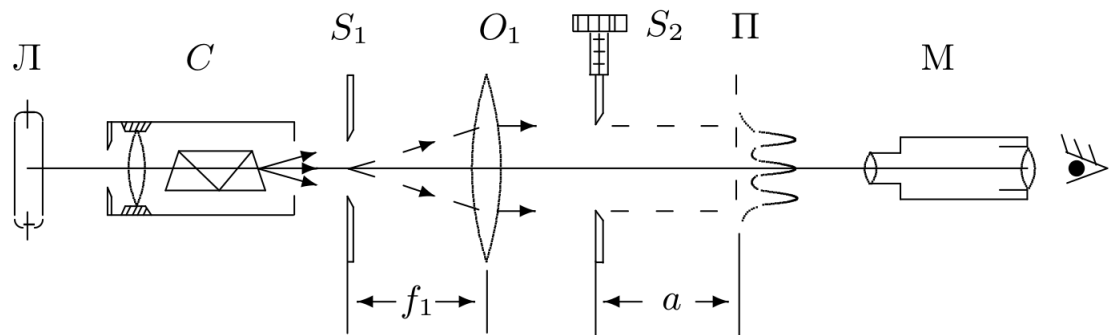


Рис. 1. Схема установки для наблюдения дифракции Френеля

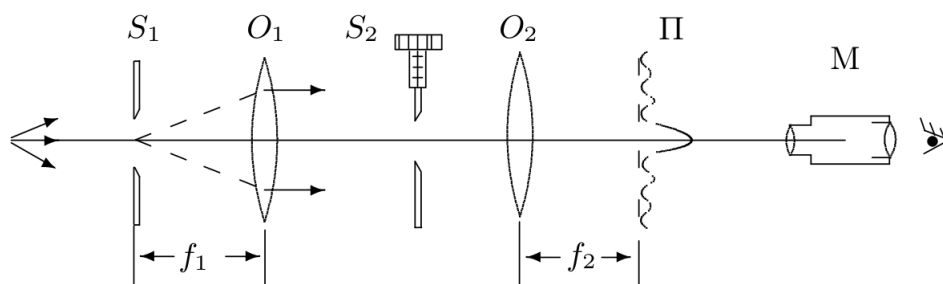


Рис. 2. Схема установки для дифракции Фраунгофера

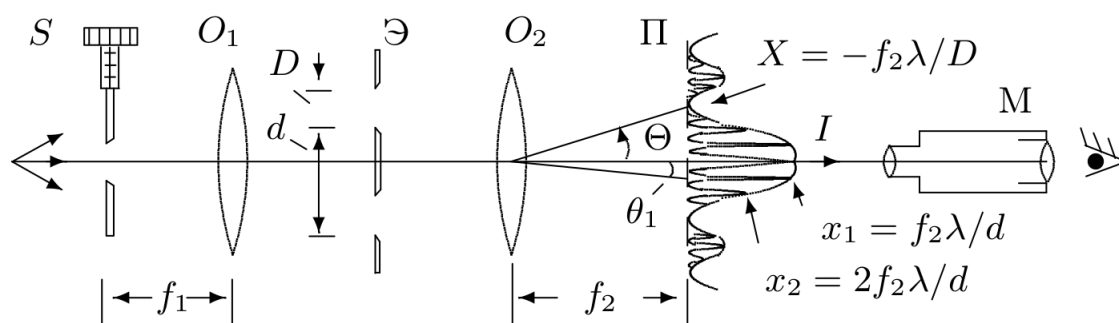


Рис. 3. Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера на двух щелях

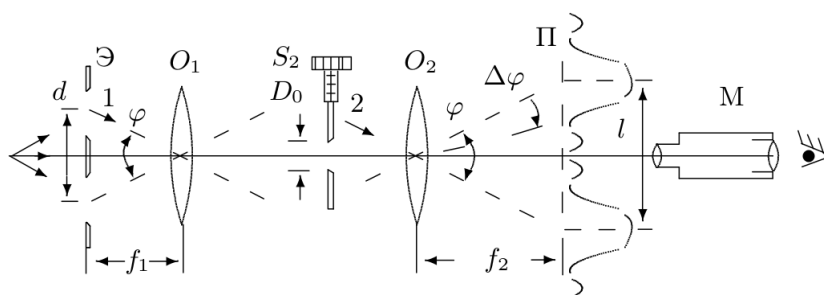


Рис. 4. Схема установки для исследования разрешающей способности оптического инструмента

### Ход работы:

А. Дифракция Френеля.

1. Настроим зрительную трубу на бесконечность, соберем установку.

Линза  $O_1$  имеет  $F = 13.8$  см.

2. Определим нуль микрометрического винта щели:  $0.009 \pm 0.001$  мм. Установим ширину щели, равной  $0.30 \pm 0.01$  мм.
3. Сфокусируем микроскоп на щель.
4. Запишем: начальное положение микроскопа — 36.4 см.
5. Отодвинем микроскоп до того момента, пока на фоне щели не появится одна темная полоса. Далее, приближая микроскоп к щели, снимем зависимость количества темных полос от координаты микроскопа.

n	1	2	3	4	5	6
$l$ , см	37.1	37.2	37.4	37.7	38.4	38.8

6. Измерим ширину щели с помощью микроскопа:  $15 \pm 1$  дел. =  $0.30 \pm 0.02$  мм.
7. Закрепим микроскоп на оптической скамье и пронаблюдаем, что при уменьшении щели количество полос уменьшается.
8. Рассчитаем величину  $2z_m$  и построим график  $2z_m = f(m)$  и отложим на графике величину  $D$ :

Б. Дифракция Фраунгофера на щели.

1. Для перехода к дифракции Фраунгофера добавим к установке на рис. 1 линзу  $O_2$ .
2. Настроим установку.
3. Измерим с помощью винта поперечного перемещения микроскопа координаты  $X_m$  нескольких дифракционных минимумов (от  $-m$  до  $+m$ ).

$m$	-3	-2	-1	0	1	2	3
$X_m$ , мм	0.60	0.75	0.84	0.97	1.10	1.22	1.36

Определим ширину  $D$  щели  $S_2$ :  $D = 0.311 \pm 0.001$  мм

Запишем фокусное расстояние линзы  $O_2$ :  $F_2 = 11.0$  см

4. Построим график  $X_m$  от  $m$  (рис. 6):
5. По углу наклона прямой определим среднее расстояние между соседними минимумами:  $\Delta X = 0.12 \pm 0.02$ .

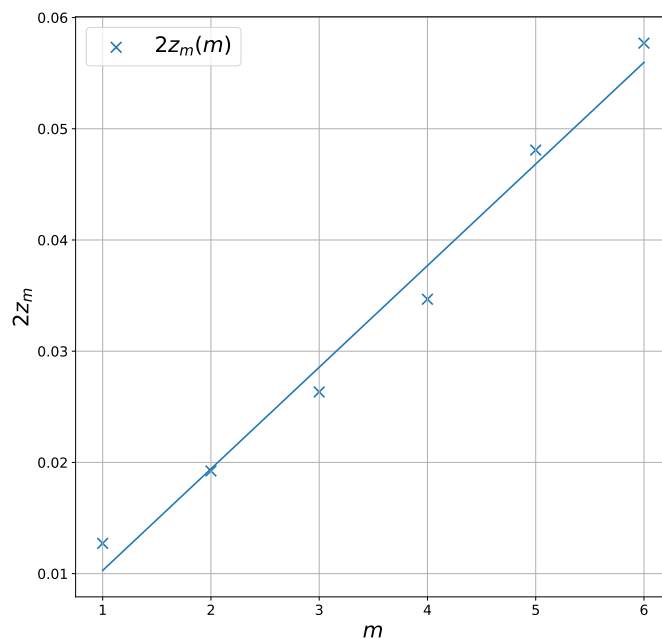


Рис. 5. График ширины зон Френеля от  $m$

6. Рассчитаем ширину щели:  $D = 0.53 \pm 0.02$  мм, сравним с измеренным значением:  $D_{\text{изм}} = 0.311 \pm 0.001$  мм. Расхождения результатов  $\approx 71\%$

В. Дифракция Фраунгофера на двух щелях.

1. Настроим установку.
2. Определим с помощью микрометрического винта поперечных салазок микроскопа координаты самых удалённых друг от друга тёмных полос внутри центрального максимума: левая полоса — 0.60 мм, правая полоса — 2.26 мм. Просчитаем число светлых промежутков между ними: 13. Измерим ширину центрального максимума: 1.66 мм.
3. Для исследования влияния пространственной когерентности на видность интерференционной картины. Для этого подберем такую ширину  $b_0$  щели  $S$ , при которой наступает первое исчезновение интерференционных полос:  $b_0 = 1.60$  мм.

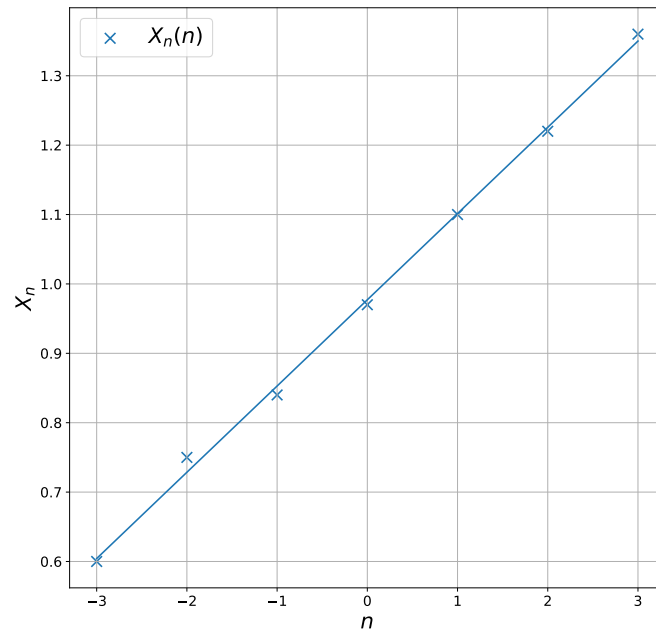


Рис. 6. График  $X_m$  от  $m$

4. Запишем фокусные расстояния обеих линз:  $F_1 = 13.8$  см,  $F_2 = 11.0$  см.
5. Определим расстояние  $\delta x$  между минимумами по результатам измерений:  $\delta x = 1.66$  мм.
6. Измеренной величину  $d_{\text{изм}} = 1.44$  мм.

Г. Влияние дифракции на разрешающую способность оптического инструмента.

1. Соберем схему согласно рис. 4
2. Поставим между линзами щель и, уменьшая ее ширину, подберем ее так, чтобы изображения обоих щелей почти сливались, но все-таки были различимы.
3. Поставим двойную щель перед микроскопом, сделаем чертеж щели и запишем координаты каждой из вертикалей: 0.6, 0.82, 2.26, 2.5.