

Моделирование “Дифракция Фраунгофера”

Выполнил Иванов Дмитрий М3209

Часть 1. Теория

Преобразование Фурье - это математический метод, используемый для преобразования функции времени или пространства в частотное представление. Для двумерного случая, который используется в данной работе, преобразование Фурье применяется к амплитудному распределению объекта, чтобы получить распределение интенсивности в дальней плоскости.

Для функции $f(x,y)$ двумерное преобразование Фурье определяется как:

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-i2\pi(ux+vy)} dx dy$$

В случае численного расчета используется дискретное преобразование Фурье, которое может быть эффективно вычислено с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье.

Быстрое преобразование Фурье для двумерного массива $f[m, n]$ определяется как (M, N - размеры массива):

$$F[k, l] = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f[m, n] e^{-i2\pi\left(\frac{km}{M} + \frac{ln}{N}\right)}$$

В контексте дифракции Фраунгофера, амплитудное распределение $f(x,y)$ объекта преобразуется в частотное пространство с помощью быстрого преобразования Фурье, что соответствует распределению интенсивности в дальней плоскости. Распределение интенсивности $I(u,v)$ определяется как квадрат модуля комплексного амплитудного распределения:

$$I(u, v) = |F(u, v)|^2$$

Поскольку результат быстрого преобразования Фурье имеет низкочастотные компоненты в углах, а высокочастотные - в центре, используется функция `fftshift` для центрирования нулевой частоты. Это необходимо для корректной визуализации дифракционной картины.

Часть 2. Практика

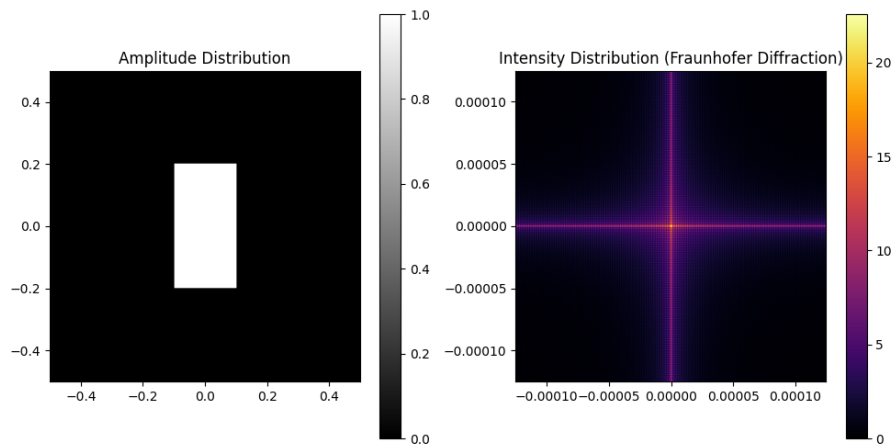
Визуализация была сделана при помощи библиотеки matplotlib на языке Python.

Пример работы программы:

```
/Users/d/PycharmProjects/modelling2/.venv/bin/python /Users/d/PycharmProjects/modelling2/main.py
Введите L в мм: 500
Введите k в нм: 500
Введите размера массива двумерного амплитудного распределения N: 1000
Введите диаметр апертуры: 0.5
Максимальное значение после FFT: 80000.0

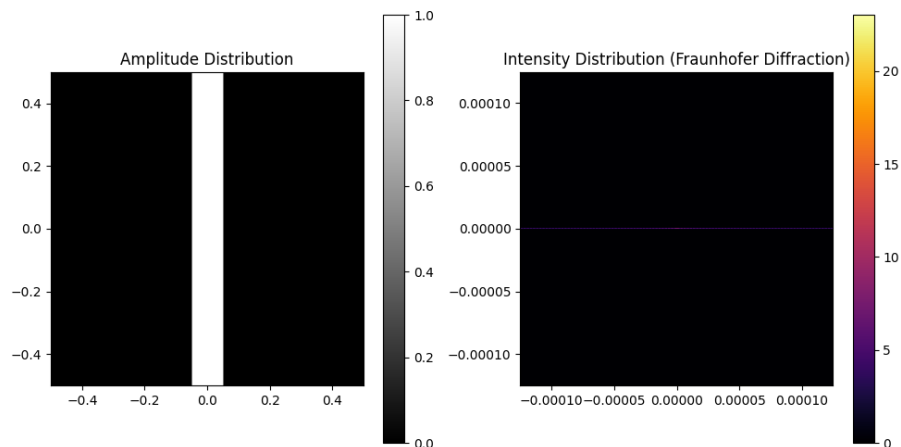
Process finished with exit code 0
```

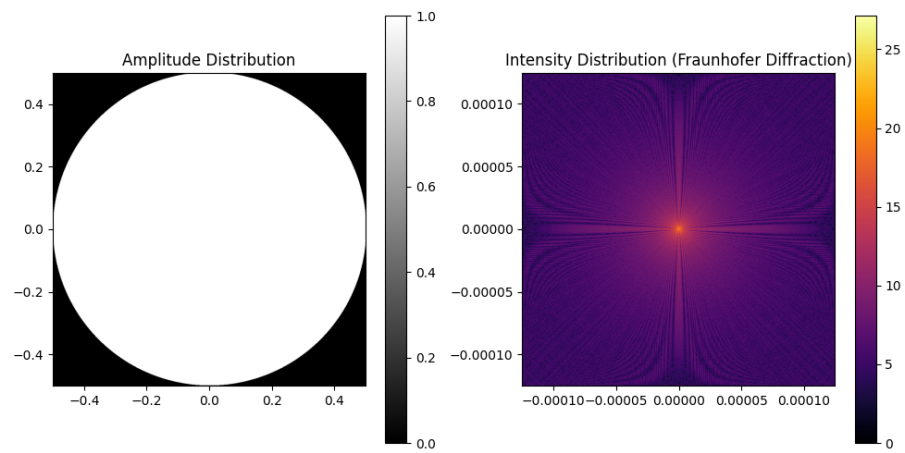
В папке с решением появился файл res.png:



Данное изображение - визуализация дифракционной картины для прямоугольной апертуры

Ниже представлены результаты визуализации дифракционной картины для одной щели и для круглой апертуры:





Исходный код доступен по ссылке: <https://github.com/FrankyHErus/PythonModelling>