

Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский Университет
Информационных Технологий, Механики и Оптики

МФКТиУ, ФПИиКТ, СППО

Проект по дисциплине «Физика»
Визуализация дифракции Френеля от разных отверстий

Выполнили:
Анищенко Анатолий Алексеевич
Мосягин Иван Денисович
Группа: РЗ112

Санкт-Петербург
2019 г.

Цели:

- Изучить дифракцию Френеля
- Реализовать программу, визуализирующую дифракцию Френеля на круглом отверстии

Постановка задач:

- Изучить дополнительный материал по теме “Дифракция Френеля”
- Изучить принцип Гюйгенса-Френеля
- С помощью изученного материала реализовать программу, демонстрирующую дифракцию Френеля на круглом отверстии

Выполнение:

• Дифракция Френеля

Определение из Википедии:

Дифракция Френеля – дифракционная картина, которая наблюдается на небольшом расстоянии от препятствия, по условиям, когда основной вклад в интерференционную картину дают границы экрана.

На рисунке схематично изображён непрозрачный экран с круглым отверстием (апертура, aperture), слева от которого расположен источник света. Изображение фиксируется на другом экране – справа. Вследствие дифракции свет, проходящий через отверстие, расходится, поэтому область, которая была затемнена по законам геометрической оптики, будет частично освещённой. В области, которая при прямолинейном распространении света была бы освещённой, наблюдаются колебания интенсивности освещения в виде концентрических колец.

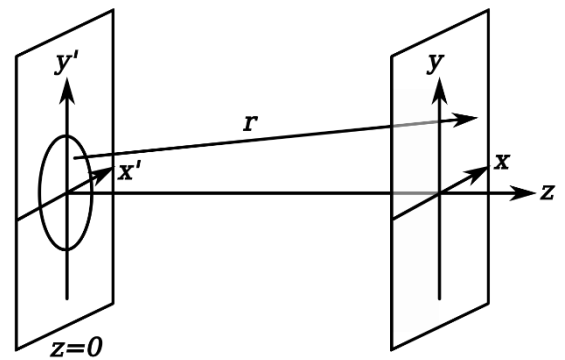


Рисунок 1 Дифракция Френеля

Дифракционная картина для дифракции Френеля зависит от расстояния между экранами и от расположения источников света. Её можно рассчитать, считая, что каждая точка на границе апертуры излучает сферическую волну по принципу Гюйгенса. В точках наблюдения на втором экране волны или усиливают друг друга, или гасятся в зависимости от разности хода.

Дифракция Френеля возникает, когда верно соотношение:

$$F = \frac{\rho^2}{z\lambda} \geq 1, \text{ где } \rho^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2$$

• Принцип Гюйгенса – Френеля

Каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения, порождающего вторичные сферические волны, а результирующее световое поле в каждой точке пространства будет определяться интерференцией этих волн.

• Расчёт дифракции Френеля

Мы решили рассматривать дифракцию Френеля от плоского монохроматического источника света. Благодаря этому допущению, все точки апертуры являются одинаковыми вторичными источниками световой волны, что весьма упрощает задачу вычислений, а также увеличивает их точность.

Нами была найдена формула распределение напряжённости электрического поля дифрагирующего света в точке (x, y, z) задаётся выражением Релея-Зоммерфельда:

$$E(x, y, z) = -\frac{i}{\lambda} \iint_{D_{xy}} E(x', y', 0) \frac{e^{ikr}}{r} \cos \theta dx' dy',$$

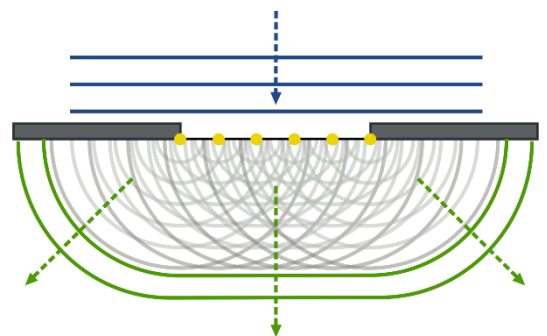


Рисунок 2 Принцип Гюйгенса – Френеля

$$\text{где } r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + z^2},$$

i – мнимая единица,

$\cos \theta$ – угол между направлениями z и r

А интенсивность света в точке пропорциональна квадрату напряженности электрического поля: $I \sim E^2$

- **Реализация приложения**

Для построения дифракционной картины необходимо вычислить интеграл, заданный выражением Релея-Зоммерфельда. Он берется только в простейших случаях и при некоторых приближениях. Поэтому на ЭВМ целесообразно находить его с помощью интегральных сумм.

Вычислив интеграл, получим напряженность в некоторой точке, квадрат которой пропорционален интенсивности света в этой же точке. В зависимости от интенсивности в каждой точке будем менять яркость цвета и в результате построим дифракционную картину.

Также заметим, что картины могут иметь оси симметрии, которые значительно облегчают вычисления, так как симметричную часть можно отобразить, не вычисляя интенсивность света в каждой точке.

В результате можно сократить время вычисления в несколько раз, но этого, к сожалению, недостаточно для получения абсолютно точной дифракционной картины за комфортный для наблюдателя промежуток времени, с учетом того, что картина должна меняться в режиме реального времени.

- **Примеры работы программы**

Дифракция Френеля:

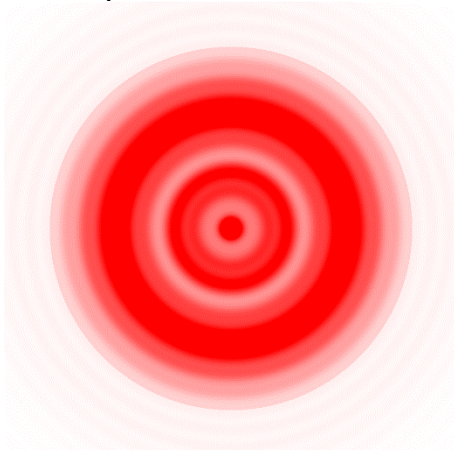


Рисунок 3 на круглом отверстии



Рисунок 4 на одной щели

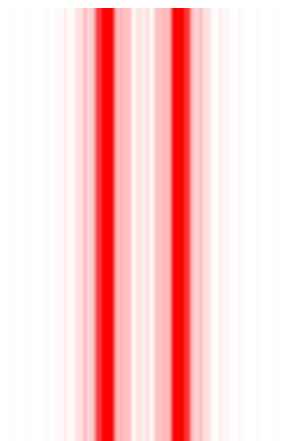


Рисунок 5 на двух щелях

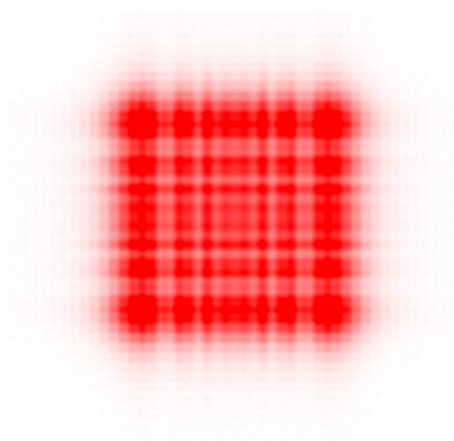


Рисунок 6 на квадратном отверстии

Вывод:

По итогу выполнения данного проекта мы более подробно изучили материал по теме “дифракция Френеля” и применили полученные знания в разработке приложения, визуализирующее дифракцию Френеля на различных препятствиях. Мы получили опыт моделирования оптических явлений с помощью программного обеспечения и отлично сработались в команде.