

УДК [519.6+535.42]:004.42

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ
ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ MAPLE
NUMERICAL MODELING OF DIFFRACTION PROCESSES
IN MAPLE**

ГРИГОРЬЕВ Александр Александрович

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики
БГУИР, г. Минск, Беларусь, agrig@bsuir.by

КОРОЛЁВ Дмитрий Феликсович

студент 2 курса

БГУИР, г. Минск, Беларусь, koroliou.dmitrii@gmail.com

Аннотация: Рассматривается метод численного моделирования дифракции Френеля на круглом отверстии в системе компьютерной алгебры Maple.

Abstract: The method of numerical simulation of Fresnel diffraction on a circular aperture in a symbolic and numeric computing environment Maple is considered.

Ключевые слова: Maple, численные методы, дифракция.

Keywords: Maple, numerical methods, diffraction.

Одним из перспективных современных направлений высокоэффективного анализа эритроцитов является лазерная дифрактометрия – методика, позволяющая оценивать качественные и количественные свойства малых частиц по анализу дифракционной картины [1]. При моделировании дифракции возникает серьёзная проблема по вычислению математических выражений большой сложности, решение которых требует серьёзных затрат времени. Для оптимизации расчётов предлагается применение программной среды *Maple*. Здесь существенно расширены возможности решения физических задач, ранее не доступных вследствие сложности математического аппарата. Преимущества *Maple* не ограничиваются только расчётами. Используя графические возможности, можно построить необходимые графики, и сделать исследуемое физическое явление более наглядным.

В данной работе рассмотрим построение модели дифракции Френеля сферической волны на круглом отверстии и на диске. Для визуализации полу-

ченных данных воспользуемся такими возможностями среды *Maple*, как построение графиков плотности функции, в которых при меньших значениях функции в точке, изображение точки становится темнее.

Рассмотрим дифракцию Френеля монохроматического света с длиной волны λ м от источника, находящегося на расстоянии L м от круглого отверстия. Явление дифракции наблюдаем на экране, расположенном на расстоянии l м от отверстия.

Согласно принципу Гюйгенса-Френеля, будем рассматривать действие вторичных источников, расположенных в каждой точке фронта первичной волны. Разобьём поверхность фронта на элементарные площадки S . Пусть r_m – радиус m -ой зоны Френеля, R – расстояние от элементарной площадки до рассматриваемой точки в плоскости экрана.

$$r_m^2 = \lambda L + \lambda m^2 \quad (1)$$

$$R^2 = L^2 + r_m^2 \quad (2)$$

$$r_m^2 = \lambda L \left(1 + \frac{m^2}{L} \right) \quad (3)$$

Где L – расстояние от источника света до экрана с круглым отверстием; l – расстояние между экранами; λ – длина волны; θ – угол, определяющий положение элементарной площадки относительно плоскости экрана; r – координаты рассматриваемой точки.

Оценим пределы изменения r_m . Для этого положим $\theta = 0$, при $\theta = \pi/2$. Пусть r_m – радиус m -ой зоны Френеля. Найдём r_m , воспользовавшись встроенной командой *solve* системы *Maple*.

Полученный результат позволяет рассматривать r_m в пределах $0 \leq r_m \leq \sqrt{\lambda L}$.
 Определим действие m -ой зоны Френеля на рассматриваемую точку.

$$r_m^2 = \lambda L \left(1 + \frac{m^2}{L} \right) \quad (4)$$

Для вычисления данного интеграла воспользуемся методом трапеций.

(5)

Пусть открыто N первых зон Френеля, тогда обозначим интенсивность в рассматриваемой точке как квадрат суммы N первых U_n .

Построим графики интенсивности излучения на экране при трёх и четырёх открытых зонах.

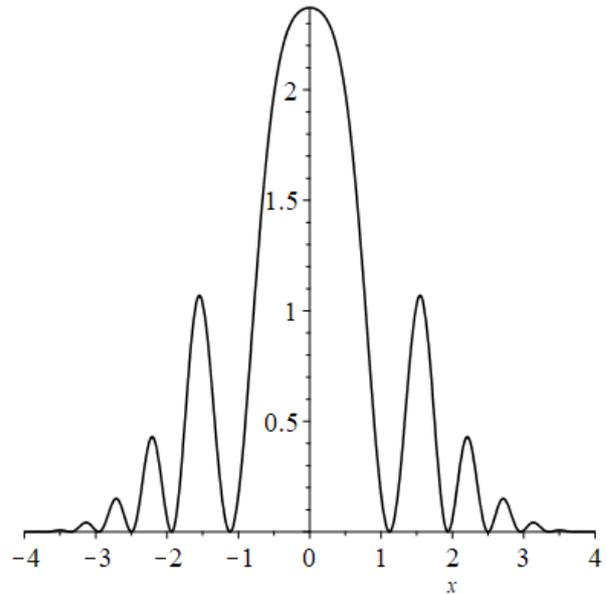
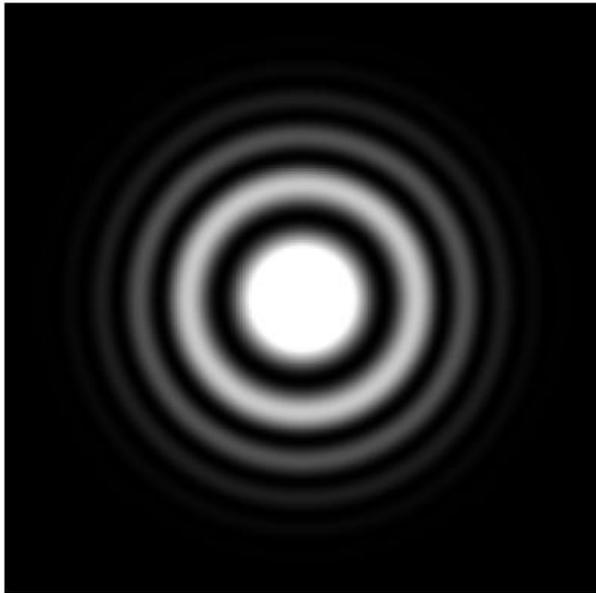


Рисунок 1 – дифракция при трёх открытых зонах Френеля

а) *Densityplot* функции интенсивности

б) Функция интенсивности при

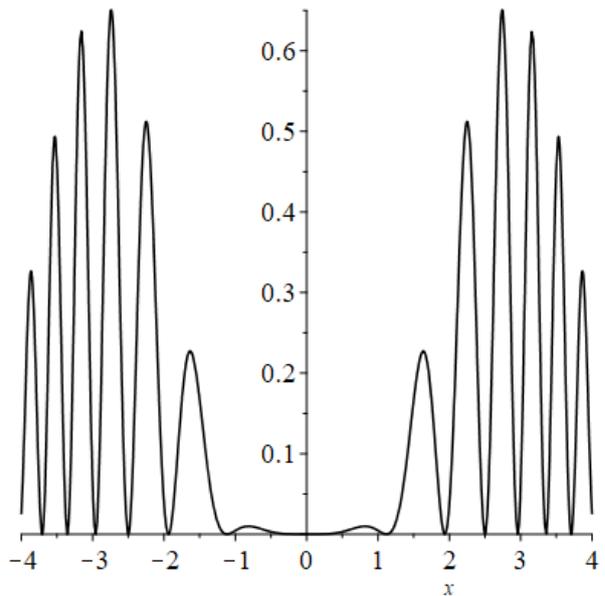
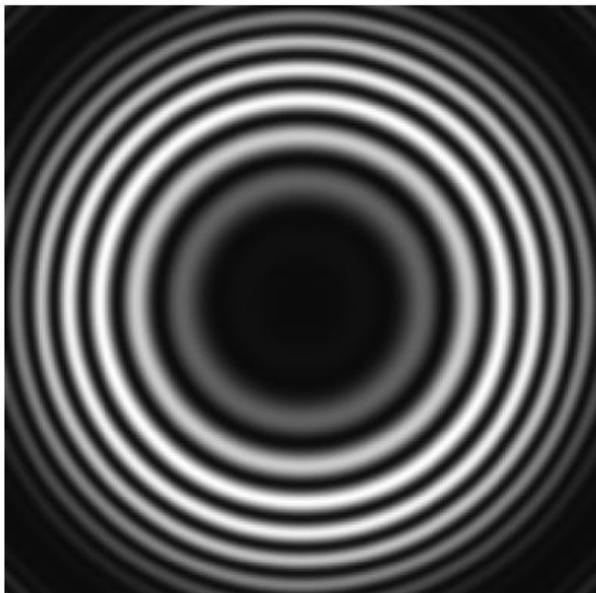


Рисунок 2 – дифракция при четырёх открытых зонах Френеля

а) *Densityplot* функции интенсивности

б) Функция интенсивности при

Нечётному количеству открытых зон Френеля соответствует дифракционная картина с максимумом освещённости в центре и множеством вторичных минимумов и максимумов (Рис.1), чётному – картина с минимумом освещённости в центре (Рис.2). Применим аналогичный метод для дифракции Френеля на диске. Тогда интенсивность в точке на экране в случае пяти зон, открытых после диска, представляется в следующем виде (Рис.3):

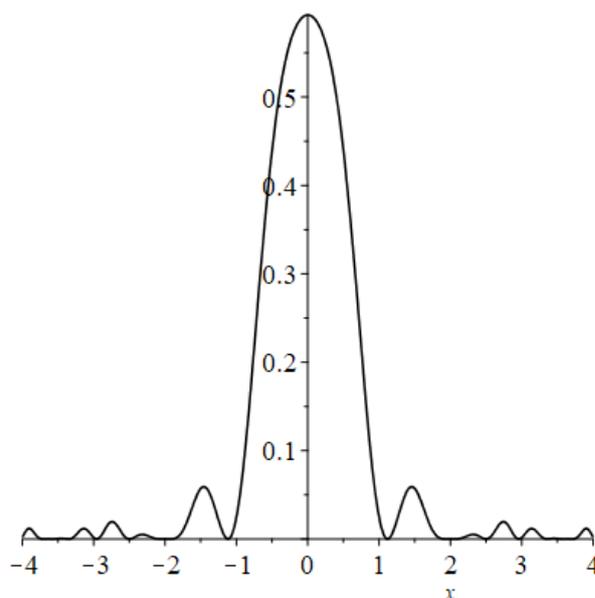
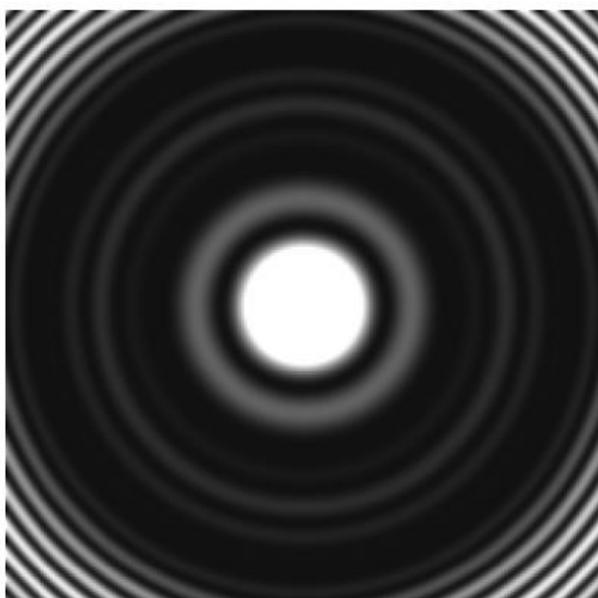


Рисунок 3 – дифракция на диске при пяти закрытых зонах Френеля

а) *Densityplot* функции интенсивности б) Функция интенсивности при

В ходе работы, была построена модель дифракции Френеля на круглом отверстии и на диске, позволяющая изменять количество открытых зон и другие параметры системы. На основе модели, в среде *Maple* были построены графики плотности функции интенсивности, которые призваны схематически отображать дифракционные картины, возникающие при соответствующих условиях. Полученные результаты находятся в хорошем согласовании с экспериментальными данными. Результаты данной работы являются легко воспроизводимыми, вследствие доступности среды *Maple*.

Список литературы:

1. Никитин С.Ю. Связь видности дифракционной картины с дисперсией размеров частиц в эктацитометре / С. Ю. Никитин, А. Е. Луговцов, А. В. Приезжев, В. Д. Устинов // Квантовая электроника. 2011. Т. 41, № 9 С. 843-846.