

Исследование эффекта Талбота с использованием компьютерных модулей

Научные руководители:

Скуйбин Борис Георгиевич, доцент каф. ФН-4, к.ф.- м.н.

Щетинин Григорий Александрович, ассистент каф. ФН-4

Состав научного коллектива проекта:

Студенты группы иу7-32б

Нам Леонид Леонидович, Чуйкова Татьяна Михайловна,

Чеклин Павел Дмитриевич, Гузев Вячеслав Николаевич

Цель и задачи

- Целью данного проекта является создание компьютерных моделей эффекта Талбота в различных средах.
- В рамках данной работы создаются и совершенствуются модели эффекта Талбота в оптическом и ультразвуковом диапазоне, а также на механических волнах – в водной среде.

В процессе разработки решаются следующие задачи:

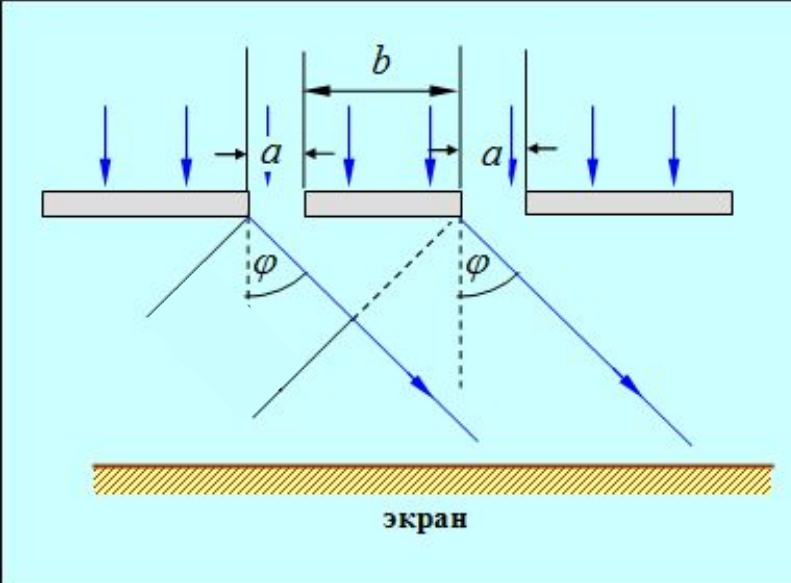
- 1) Разработка физико-математической постановки задачи применительно к конкретной физической среде;
- 2) Разработка методов и алгоритмов решения задачи с учетом особенностей физической среды;
- 3) Реализация алгоритма решения задачи в виде программного модуля;
- 4) Тестирование разработанного программного модуля и проведение сравнений нескольких алгоритмов реализации;
- 5) Проведение эксперимента, изучения эффекта с помощью разработанного программного обеспечения (ПО).

Актуальность

Создание компьютерных моделей физического эксперимента «эффект Талбота» позволяет переносить исследование из оптического диапазона, в котором его первоначально наблюдал Г.Ф.Талбот в ультразвуковой диапазон, водную и другие среды.

- Создание отдельных лабораторных установок, подбор и настройка оборудования – это дело серьёзное и дорогостоящее, в то время как создание компьютерных моделей позволяет проводить исследование эффекта при различных настройках и в различных режимах на одном компьютере.
- Кроме того, разработка наглядных моделей позволяет популяризировать изучение эффекта Талбота и распространять его на различные среды.

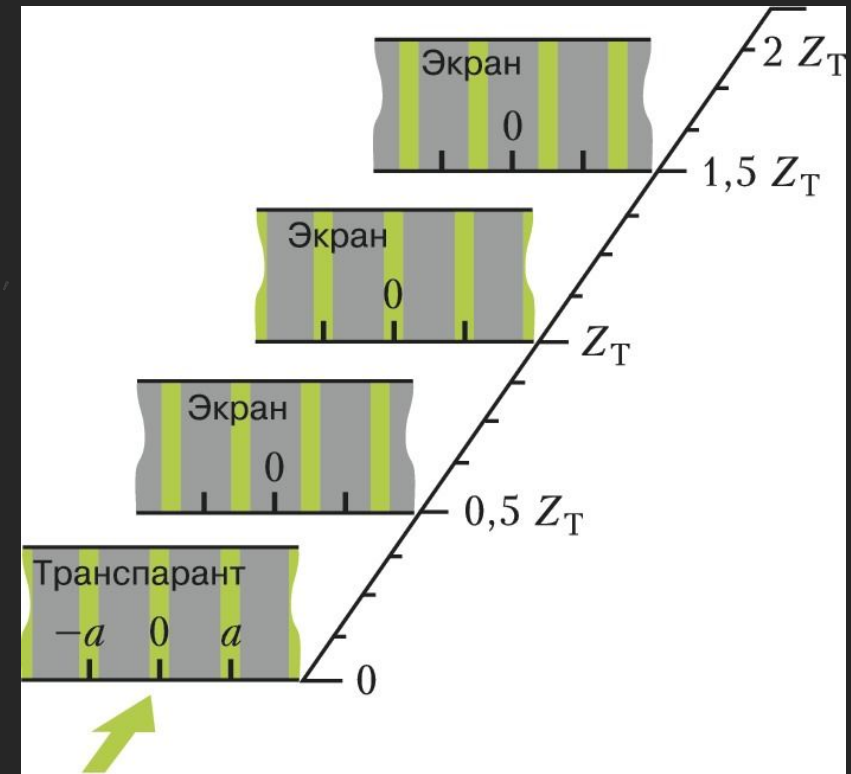
Оптический Талбота



Физический смысл:

$$Z_T = \frac{2d^2}{\lambda},$$

- где Z_T – длина Талбота,
- λ – длина волны падающего света,
- d – период дифракционной решетки,
- $d = a + b$, где a – открытая часть,
- b – закрытая часть
- φ – угол дифракции



Оптический Талбот – программная реализация

Программная реализация:

- Программа создаёт изображение по заданной одномерной дифракционной решётке с помощью библиотеки Pillow на языке Python3.
- В настоящее время расчет производится до гармоник 100 порядка
- В перспективе планируется рассчитать до 10000 гармоник

Оптический Талбот - алгоритм

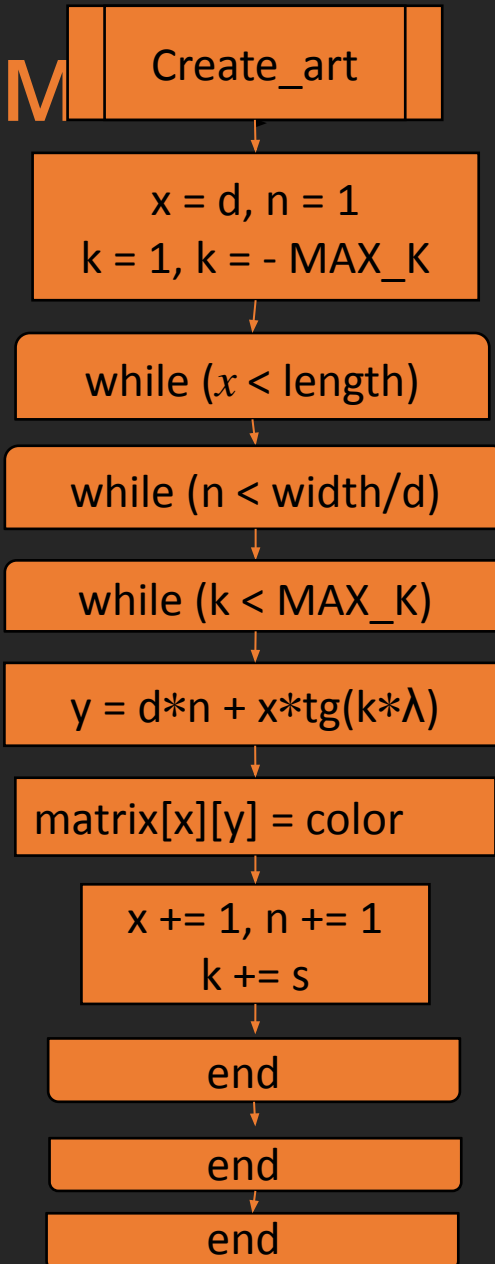
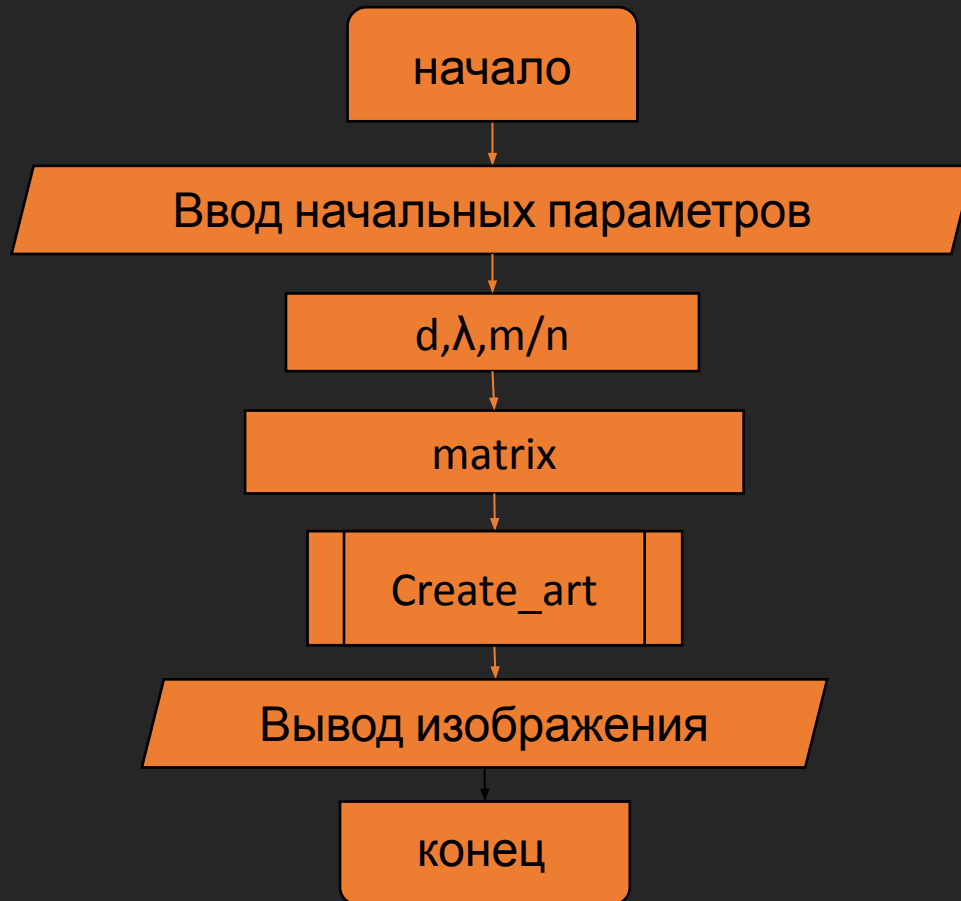
Алгоритм создания изображения:

1. Задание начальных параметров модели экспериментальной установки.
2. Подстановка констант в общие формулы и задание расчетных уравнений.
3. Создание матрицы пикселей.
4. Расчет траектории лучей.
5. Заполнение матрицы с учетом интенсивности лучей.
6. Сжатие и сохранение изображения.

Оптический Талбот - алгоритм

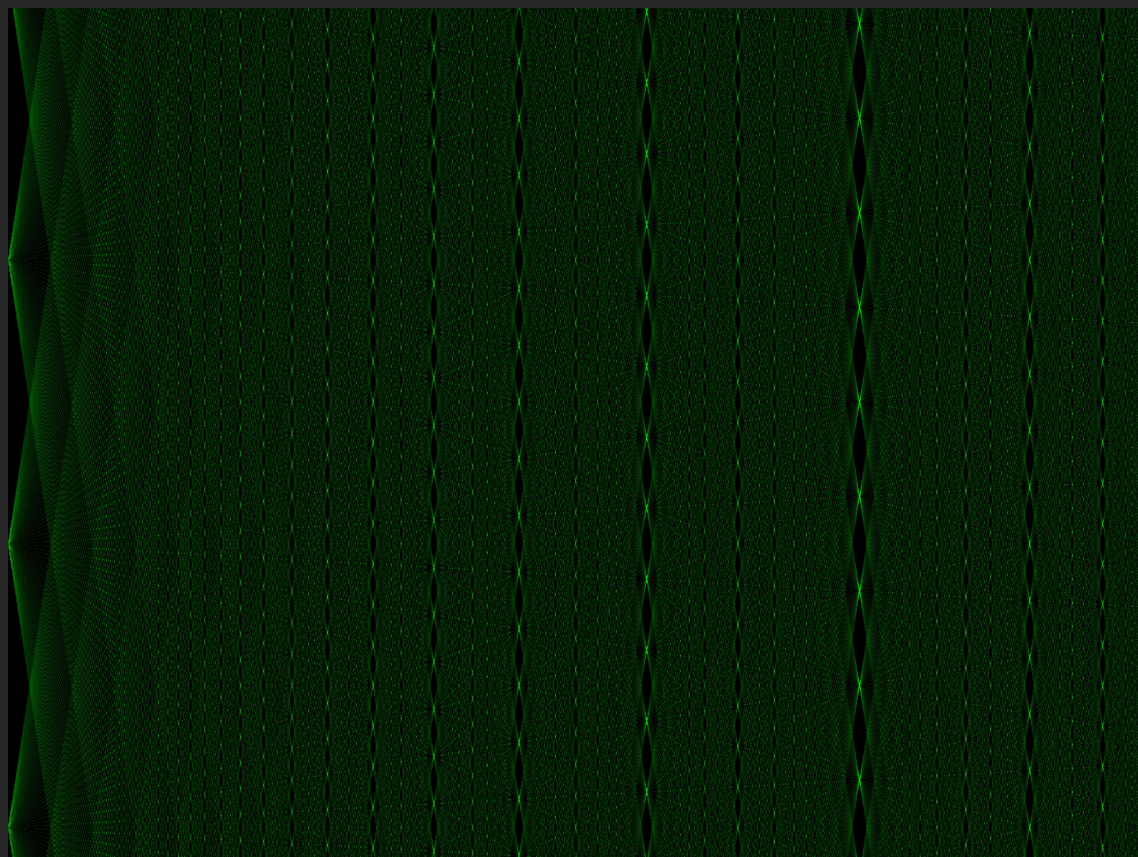
Обозначения:

- d – период дифракционной решетки
- λ – длина волны падающего света
- m/n – отношение закрытой части к открытой
- $length$ и $width$ – длина и ширина получаемого изображения
- $color$ – цвет данного луча
- MAX_K – максимальное значение арктангенса угла
- s – шаг арктангенса угла

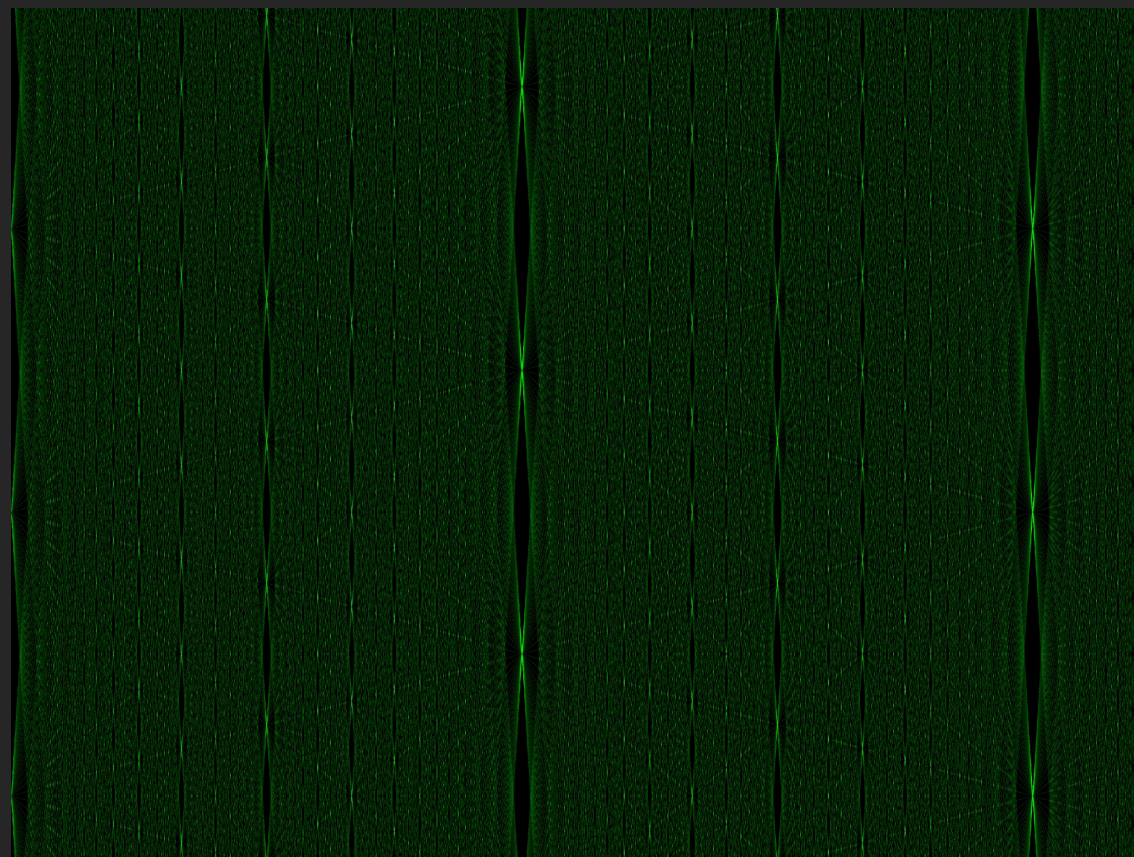


Оптический Талбот - результаты

Результаты:



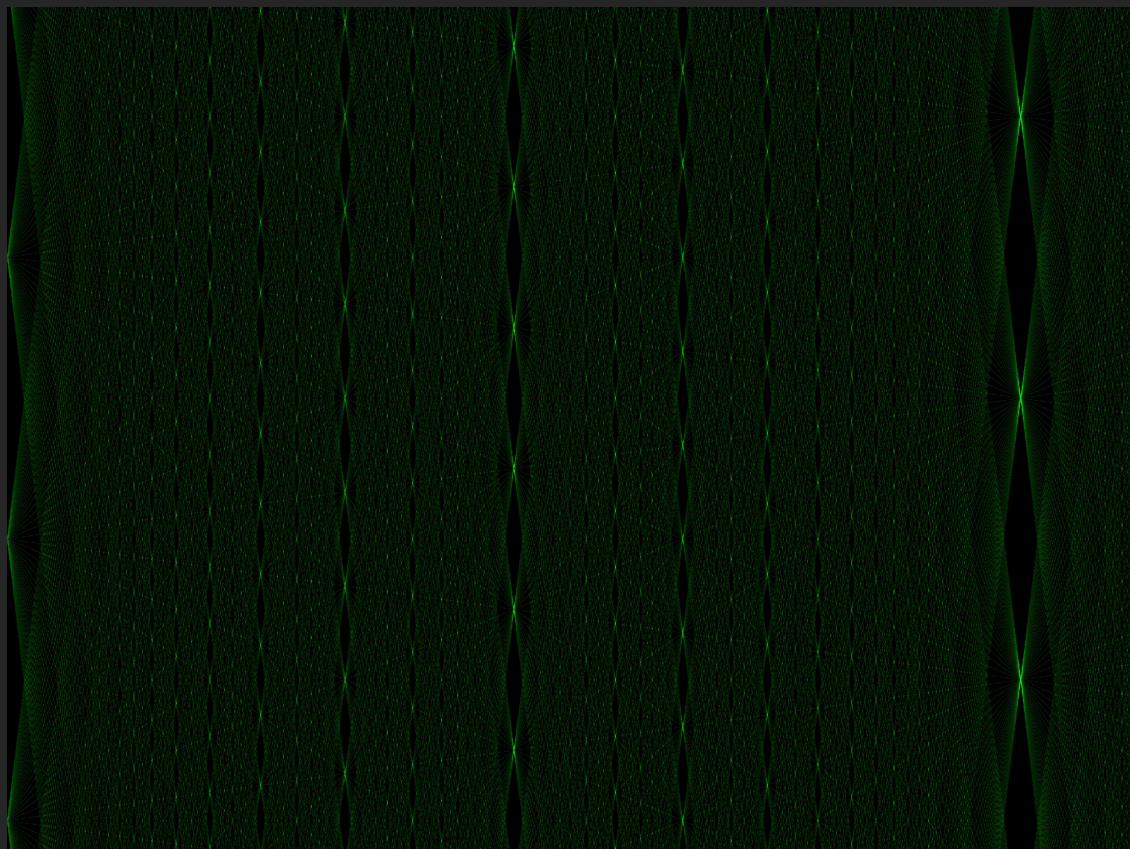
*Ковёр Талбота на отрезке $[0; 0.2 * Z_T]$*



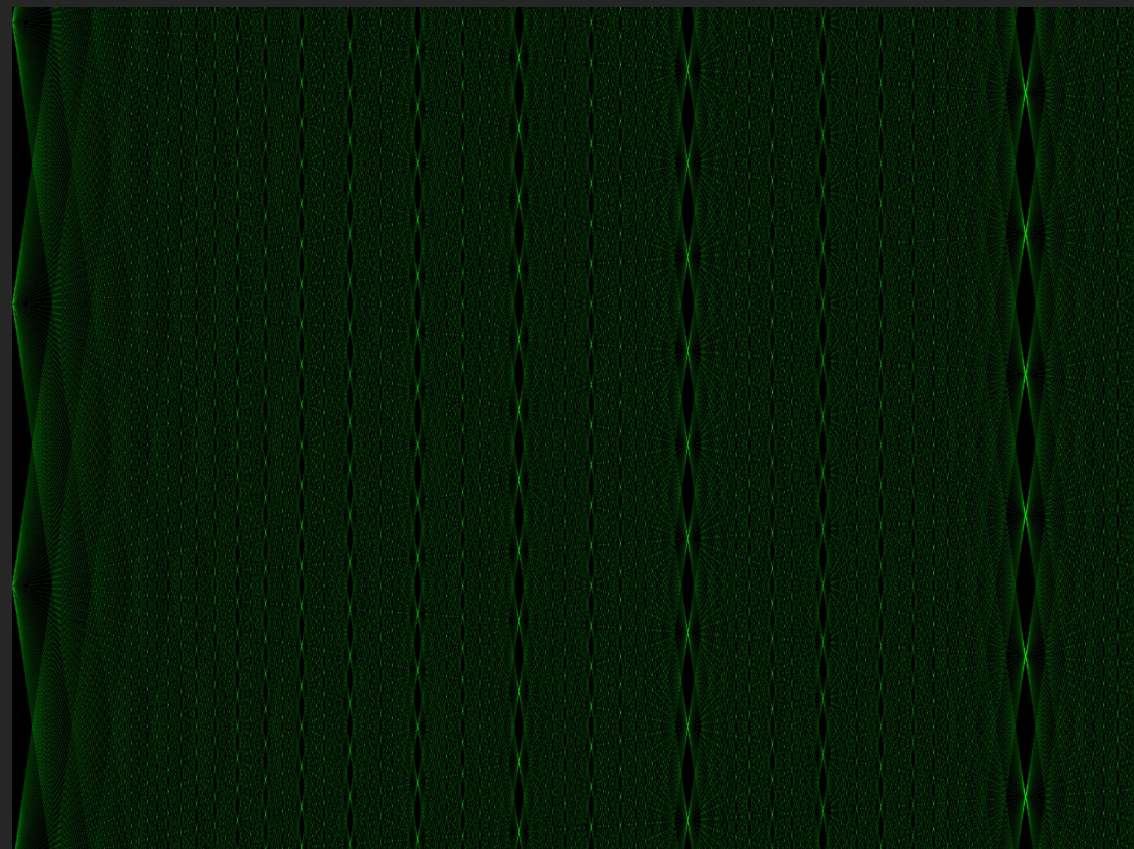
Ковёр Талбота на отрезке $[0; Z_T]$

Оптический Талбот - результаты

Результаты:

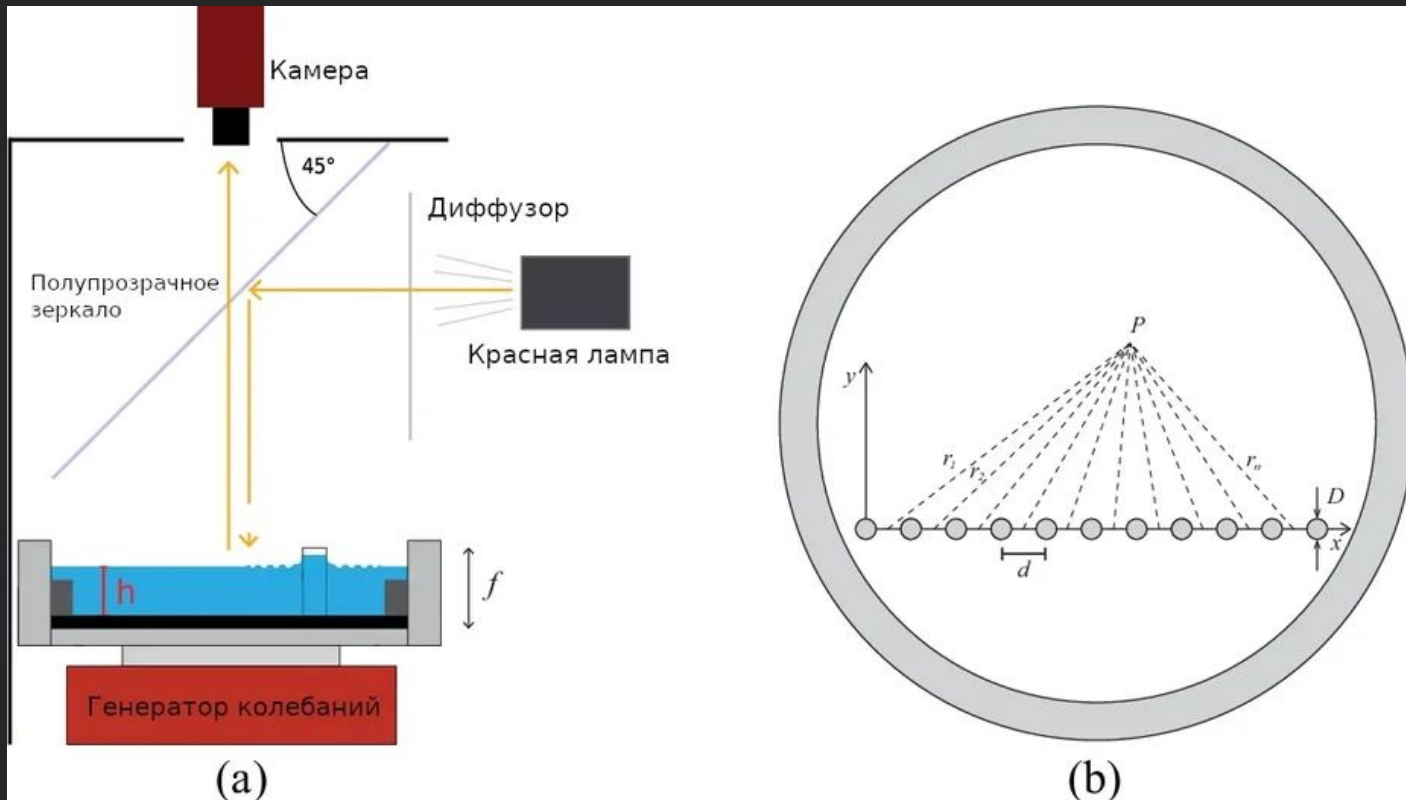


*Ковёр Талбота на отрезке $[0; 0.5 * Z_T]$*



*Ковёр Талбота на отрезке $[0; 0.25 * Z_T]$*

Талбот на воде



Физический смысл

d – период дифракционной решётки

r_n – расстояние от точки начала генерации до точки снятия амплитуды

h – амплитуда волны в точке (x, y)

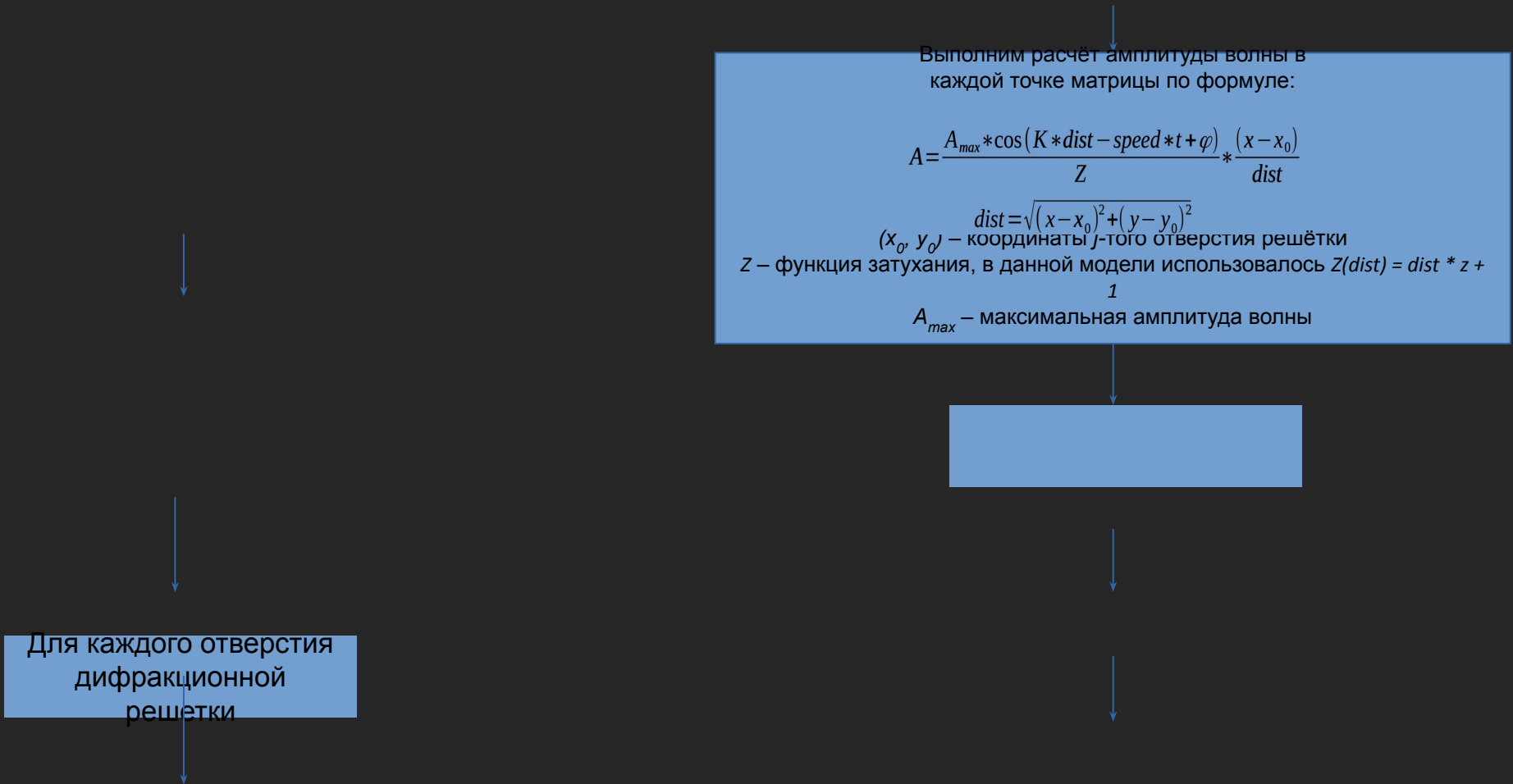
Талбот на воде

► *Алгоритм создания изображения*

1. Задание начальных параметров модели экспериментальной установки.
2. Подстановка констант в общие формулы и задание расчетных уравнений.
3. Создание матрицы пикселей.
4. Расчет амплитуды волны в каждой точке проекционной плоскости.
5. Заполнение матрицы с учетом результирующей амплитуды.
6. Вывод изображения на экран посредством технологии OpenGL.

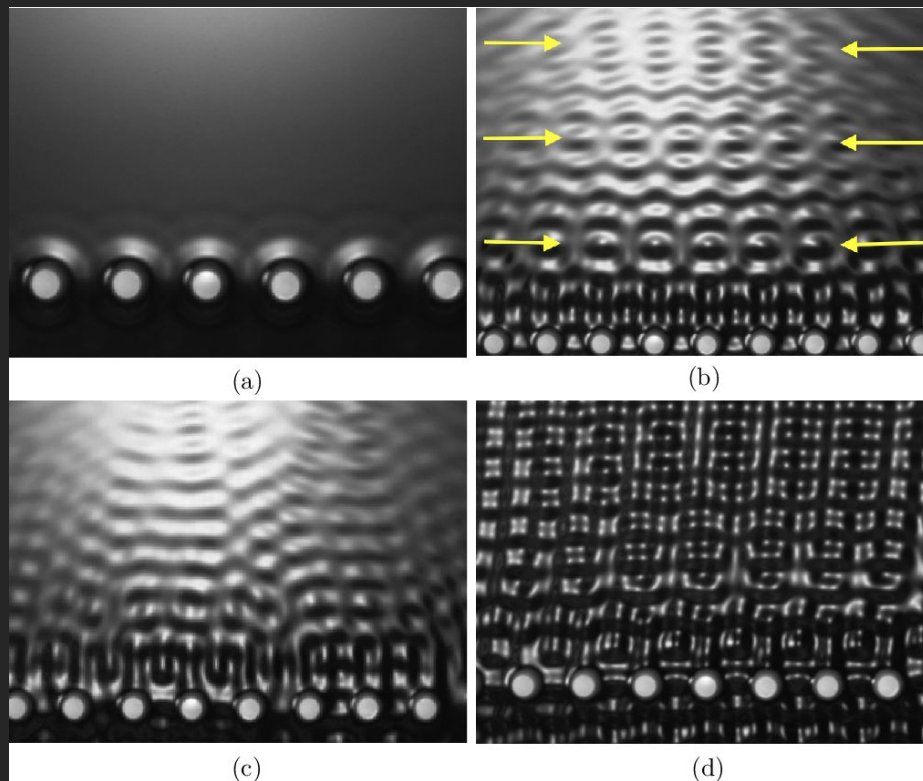
Талбот на воде

Схема алгоритма



Талбот на воде

Обоснование эксперимента



Фотографии эксперимента

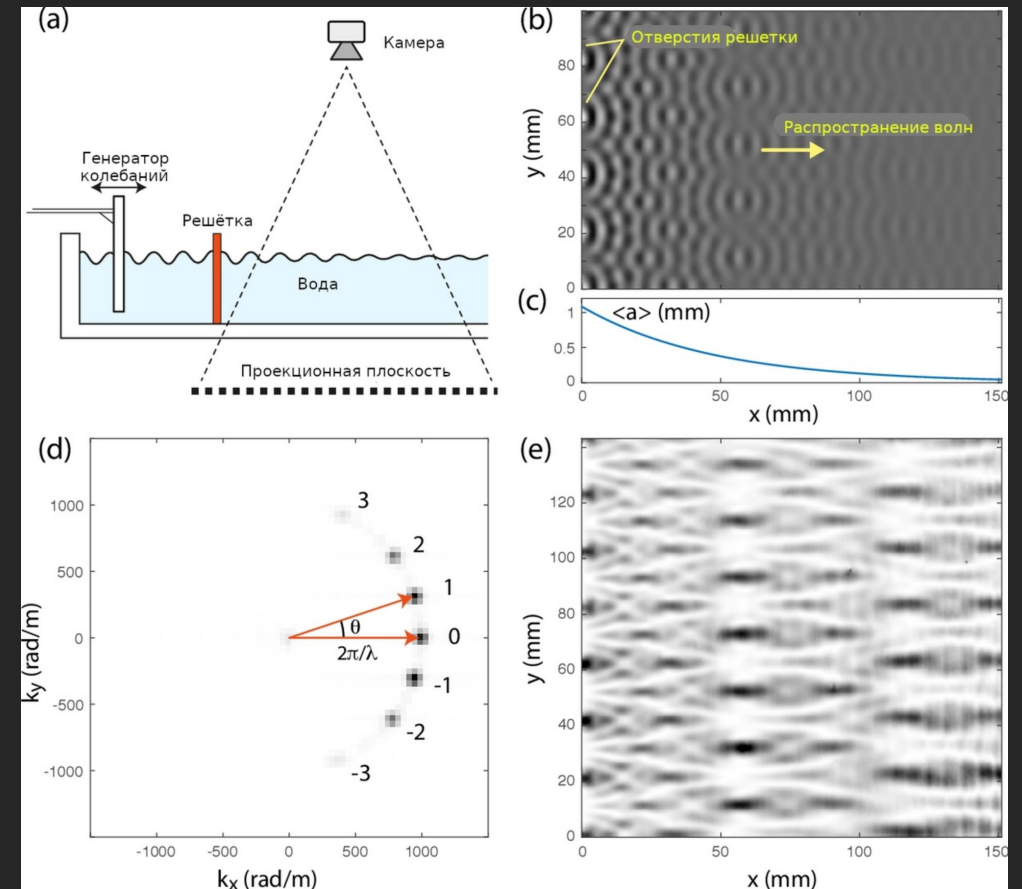
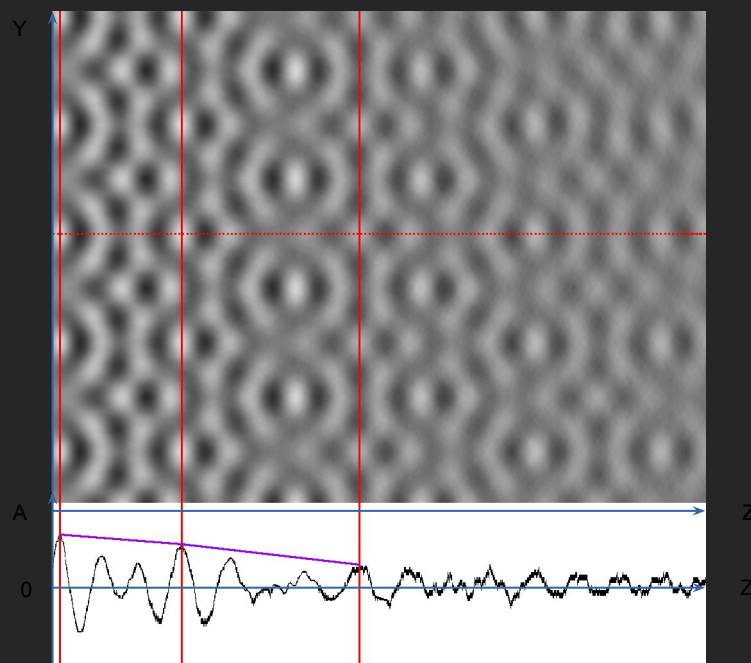


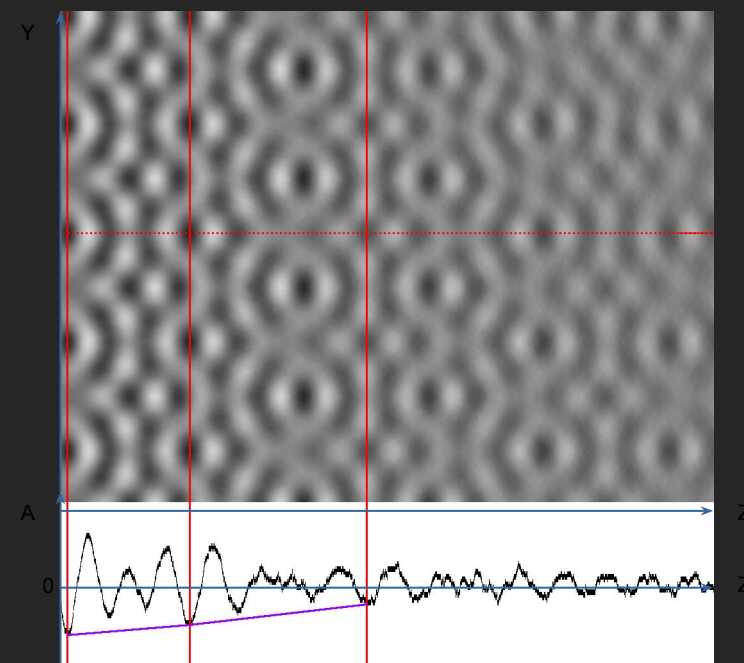
Схема распространения волн

Талбот на воде

Результат эксперимента



Эффект Талбота. Фаза волны = π



Эффект Талбота. Фаза волны = $\pi / 2$

Общие выводы и перспективы

Итоги:

В ходе проделанной работы удалось создать программное обеспечение, способное создавать модели эффекта для различных сред, при различных настройках и в различных режимах на одном компьютере.

Будущее проекта:

- Дальнейшая работа над проектом позволит разработать интерфейс для программы, который позволит моделировать эффект при различных заданных параметрах.
- Перспективной задачей считается добавление двумерной дифракционной решетки и визуализация эффекта на ней.
- Для более наглядного визуального представления будет смоделирована 3D модель эффекта.
- Также перспективным является разработка эффект Талбота на электронах.