

# *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).

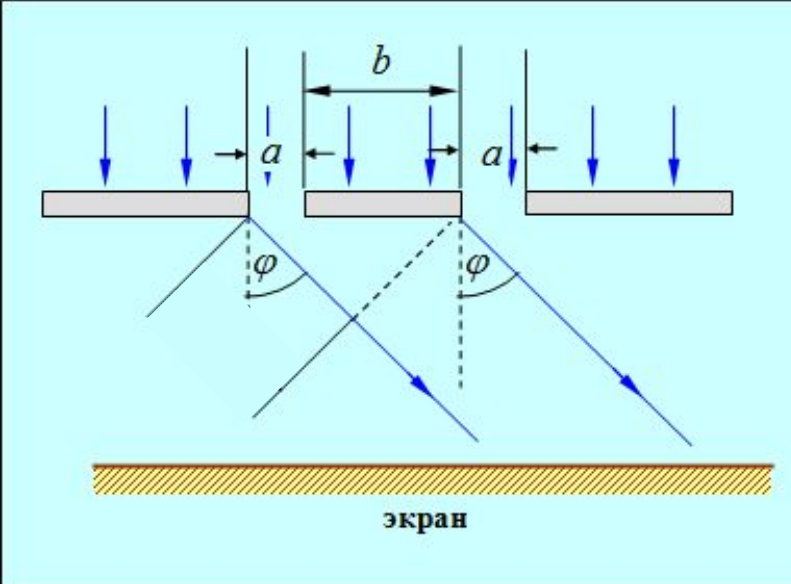
# Актуальность

---

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.

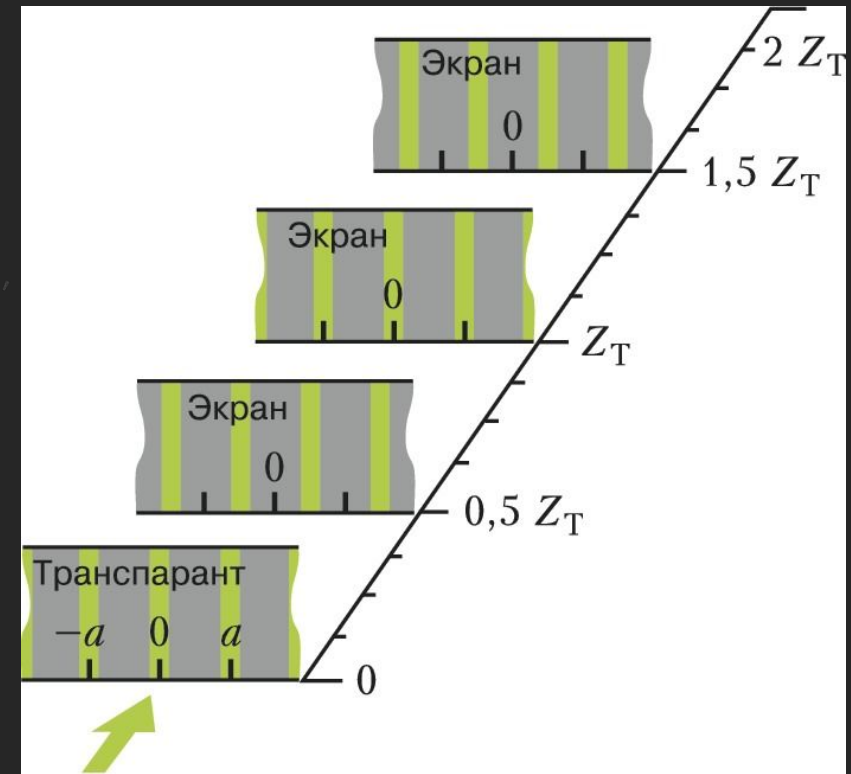
# Оптический Талбота



Физический смысл:

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

- где  $Z_T$  – длина Талбота,  
 $\lambda$  – длина волны падающего света,  
 $d$  – период дифракционной решетки,  
 $d = a + b$ , где  $a$  – открытая часть,  
 $b$  – закрытая часть  
 $\varphi$  – 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

---

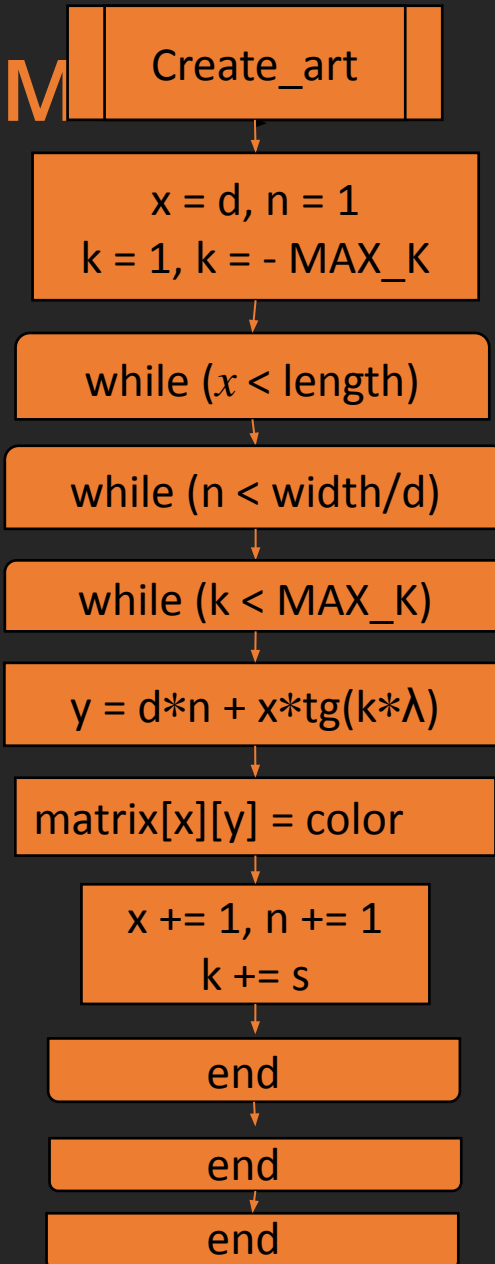
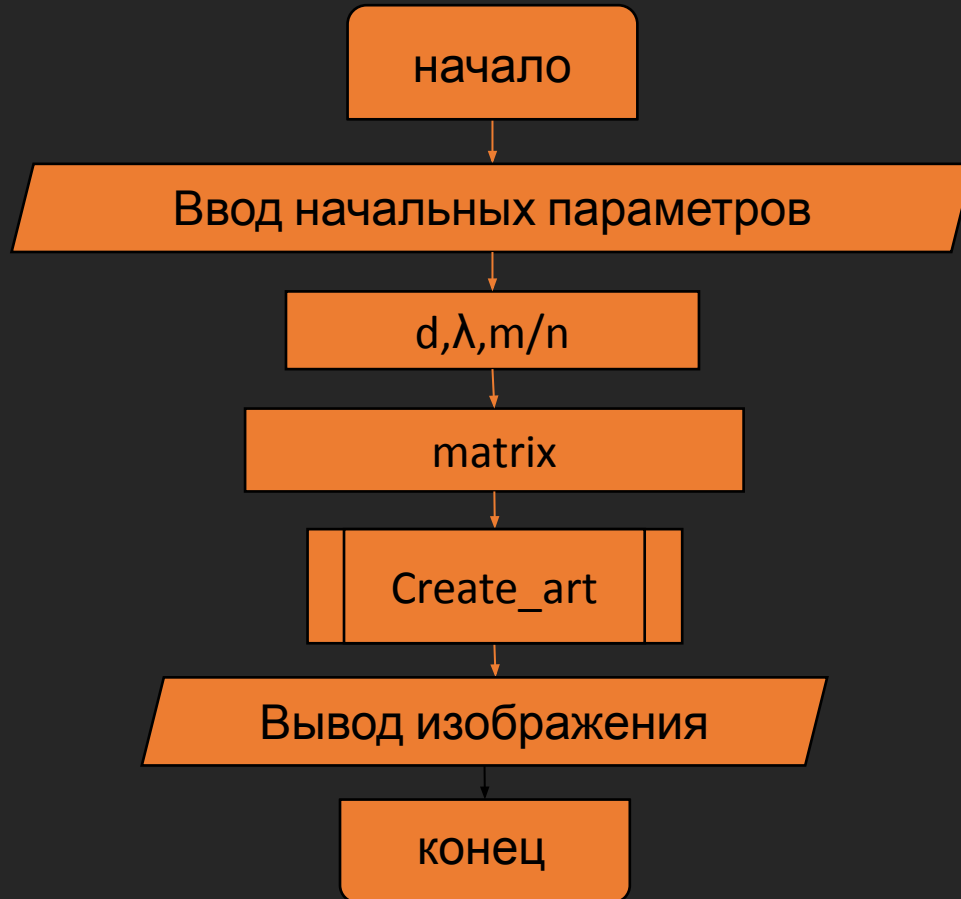
*Алгоритм создания изображения:*

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
- $\lambda$  – 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

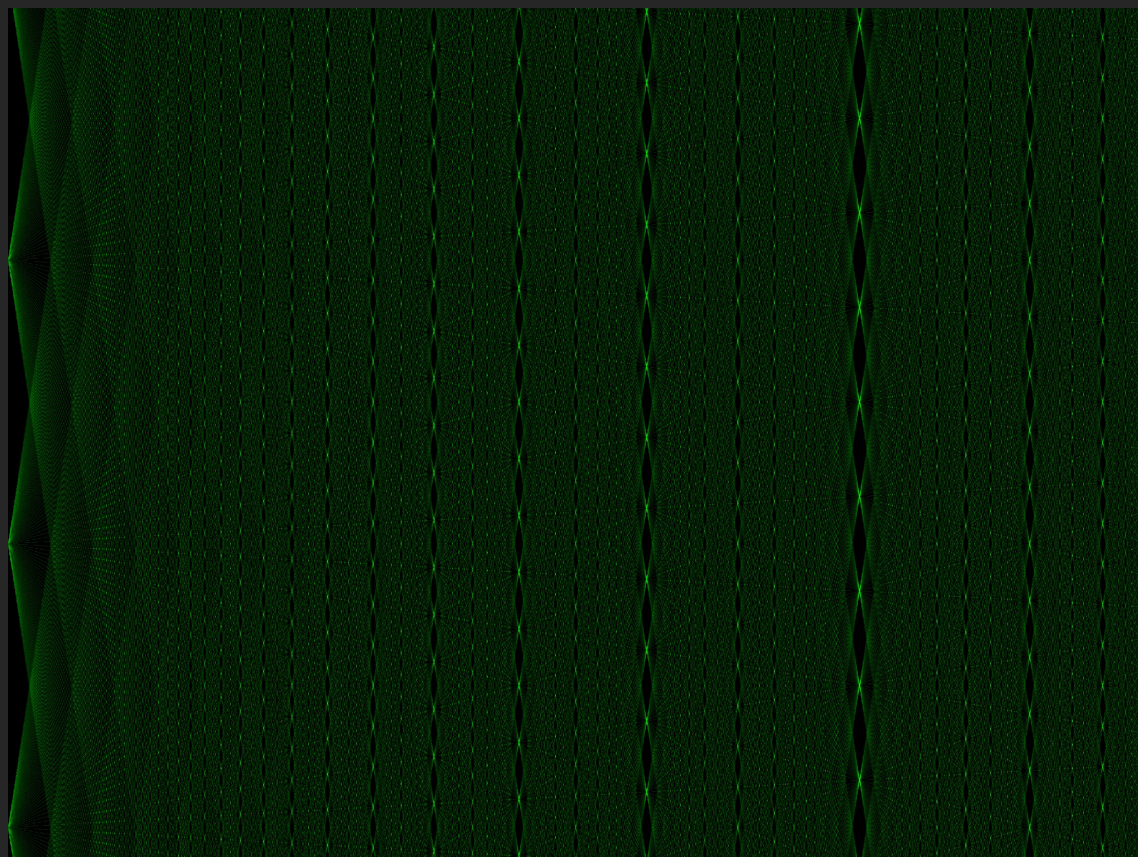


# Оптический Талбот - результаты

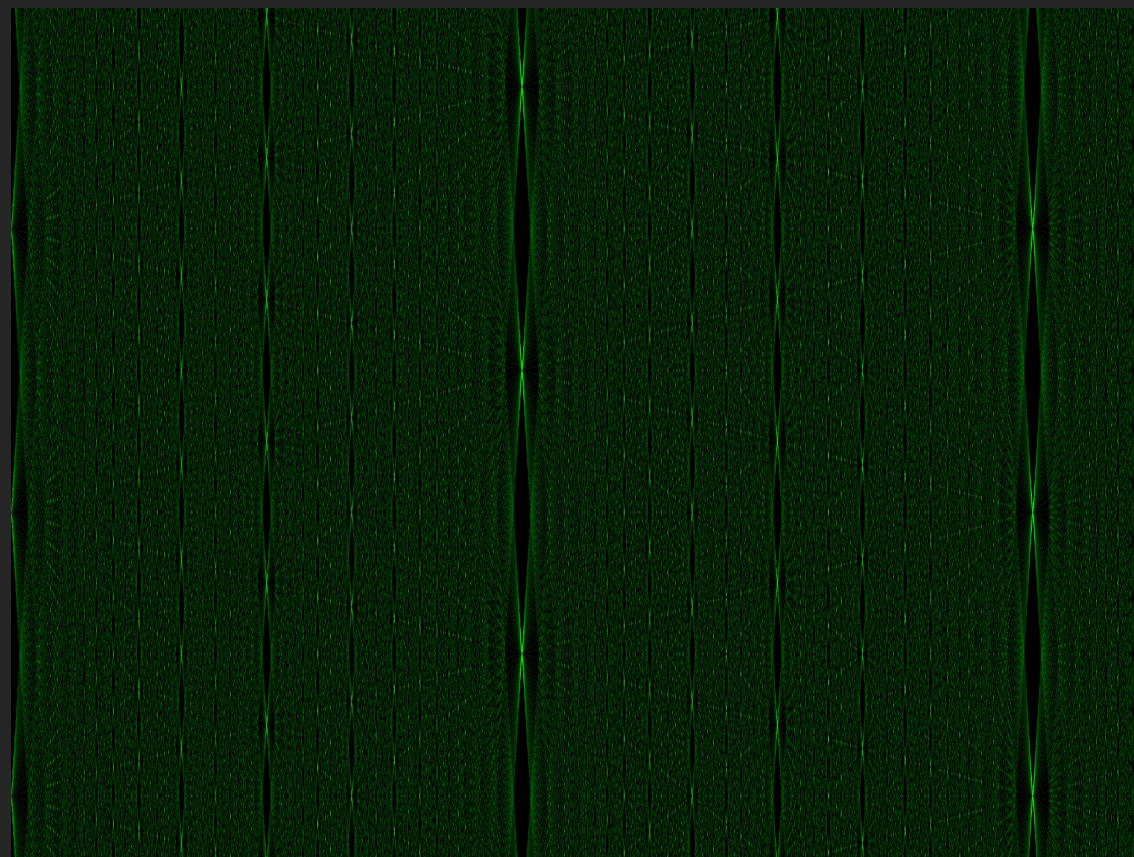
---

---

*Результаты:*



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



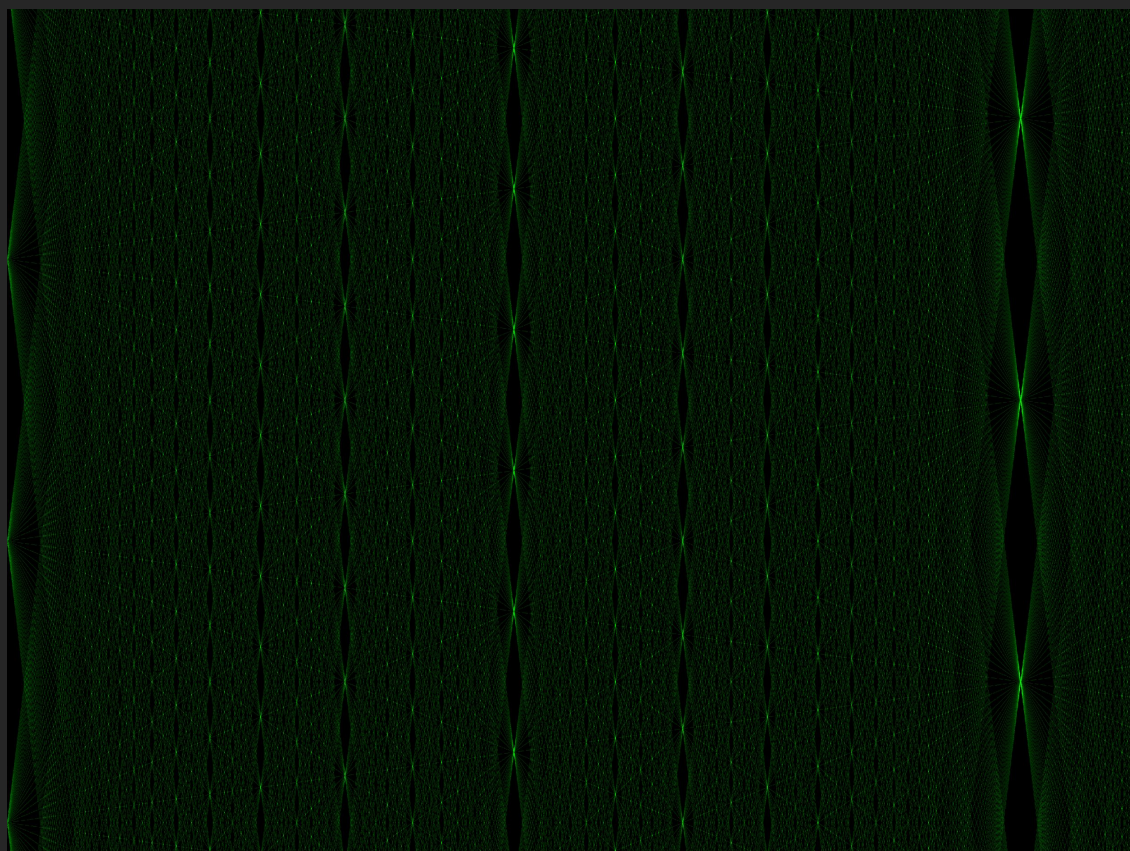
*Ковёр Талбота на отрезке  $[0; Z_T]$*



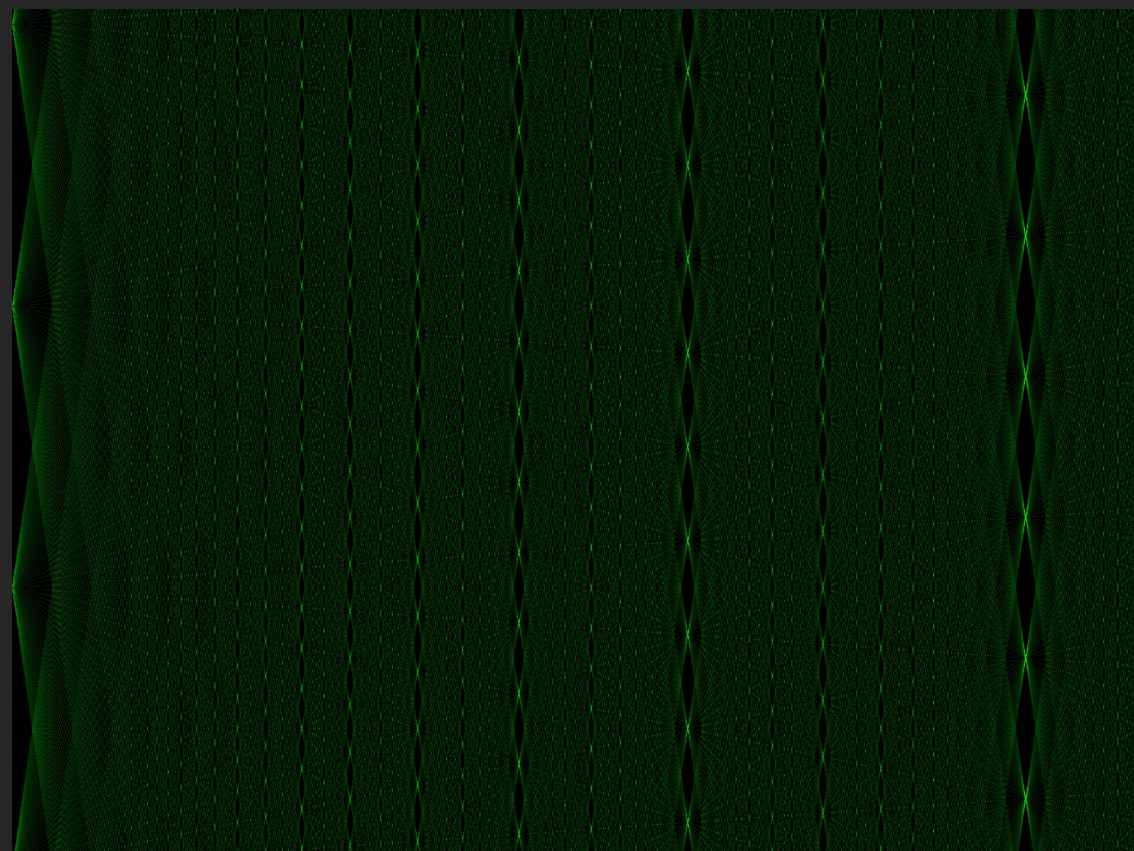
# Оптический Талбот - результаты

---

*Результаты:*

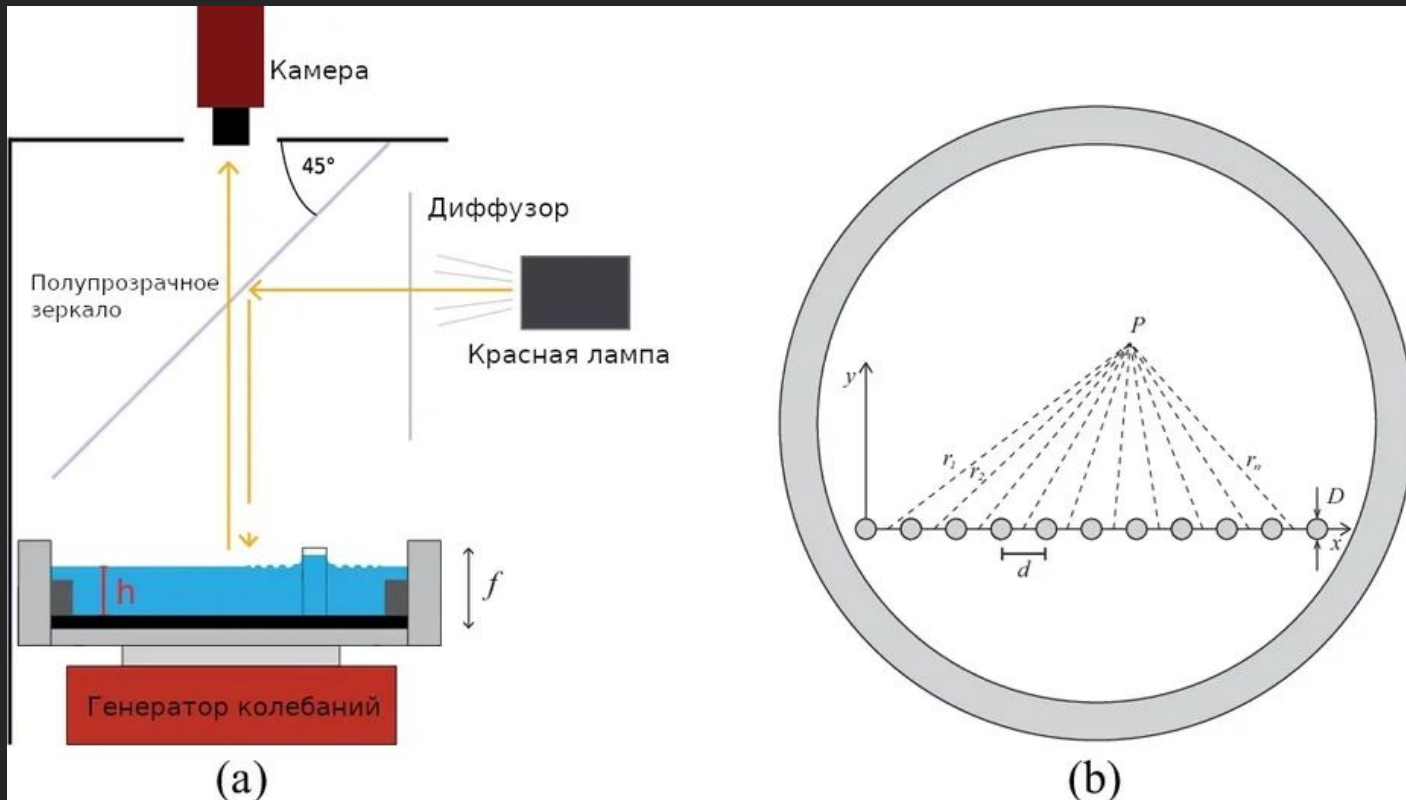


*Ковёр Талбота на отрезке  $[0; 0.5 * Z_T]$*



*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

---

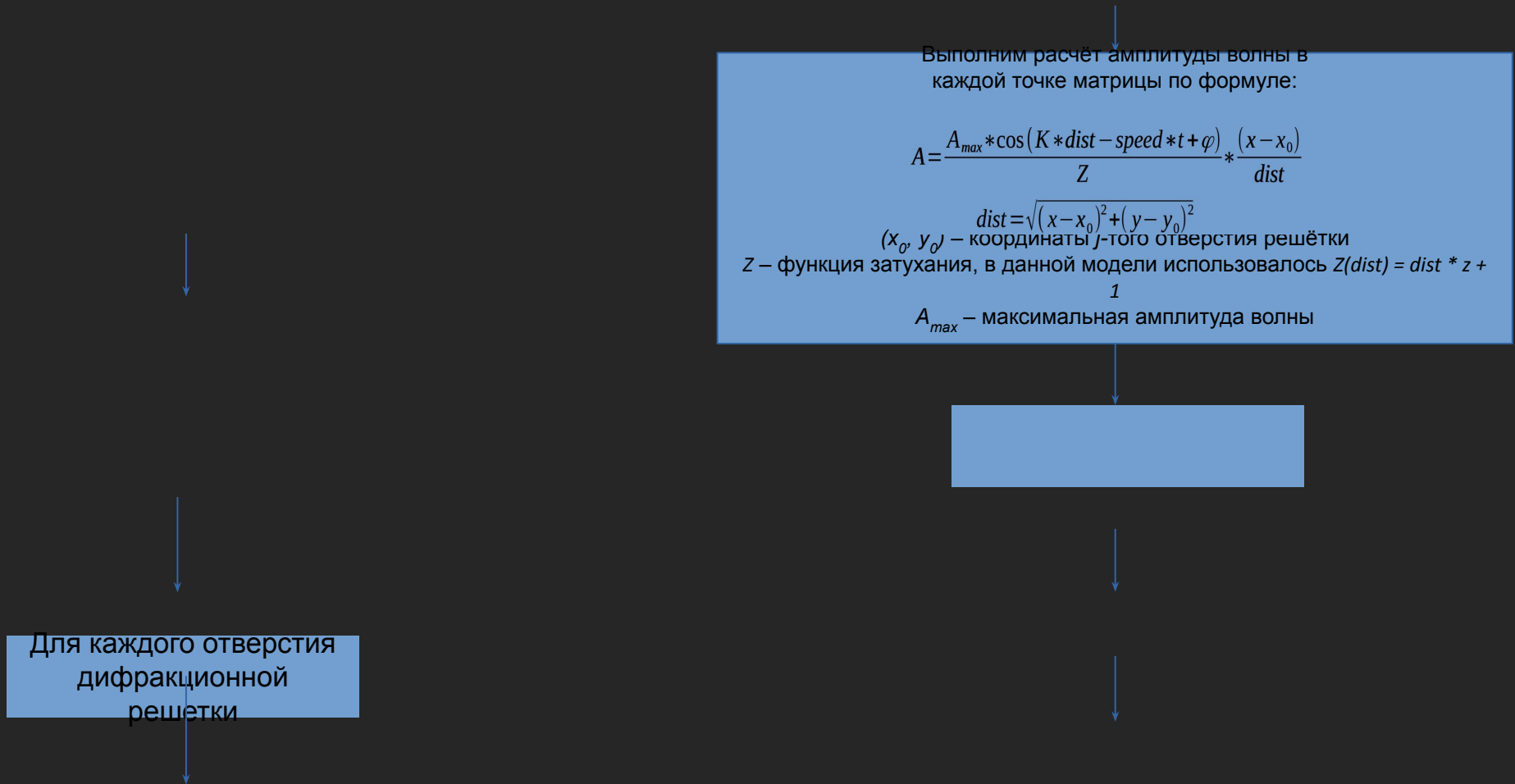
---

## ► *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.

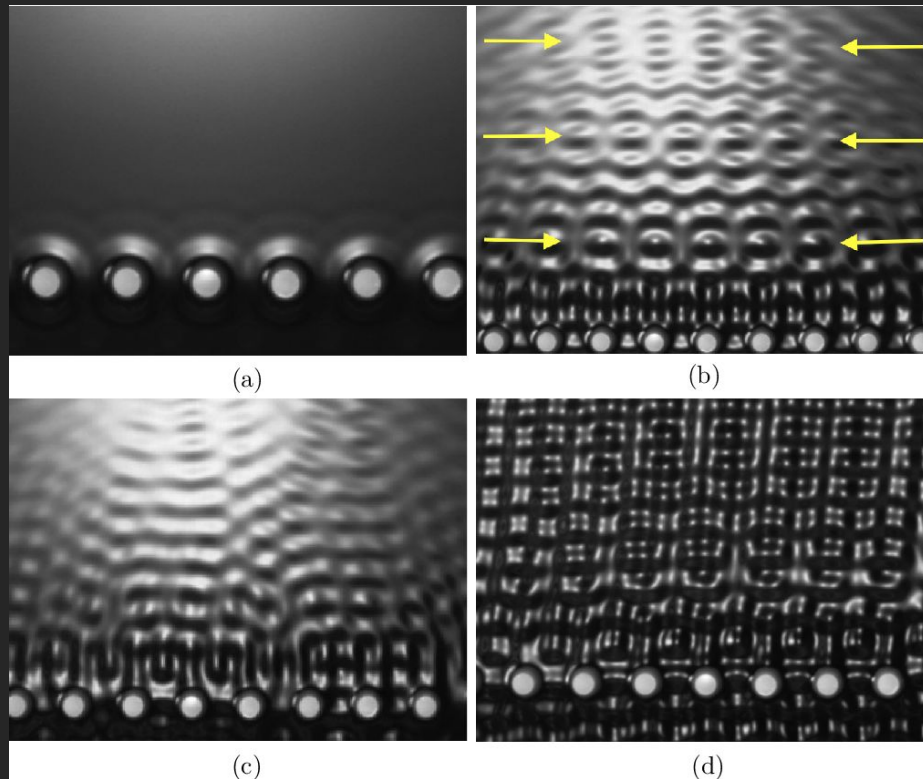
# Талбот на воде

## Схема алгоритма



# Талбот на воде

## Обоснование эксперимента



Фотографии эксперимента

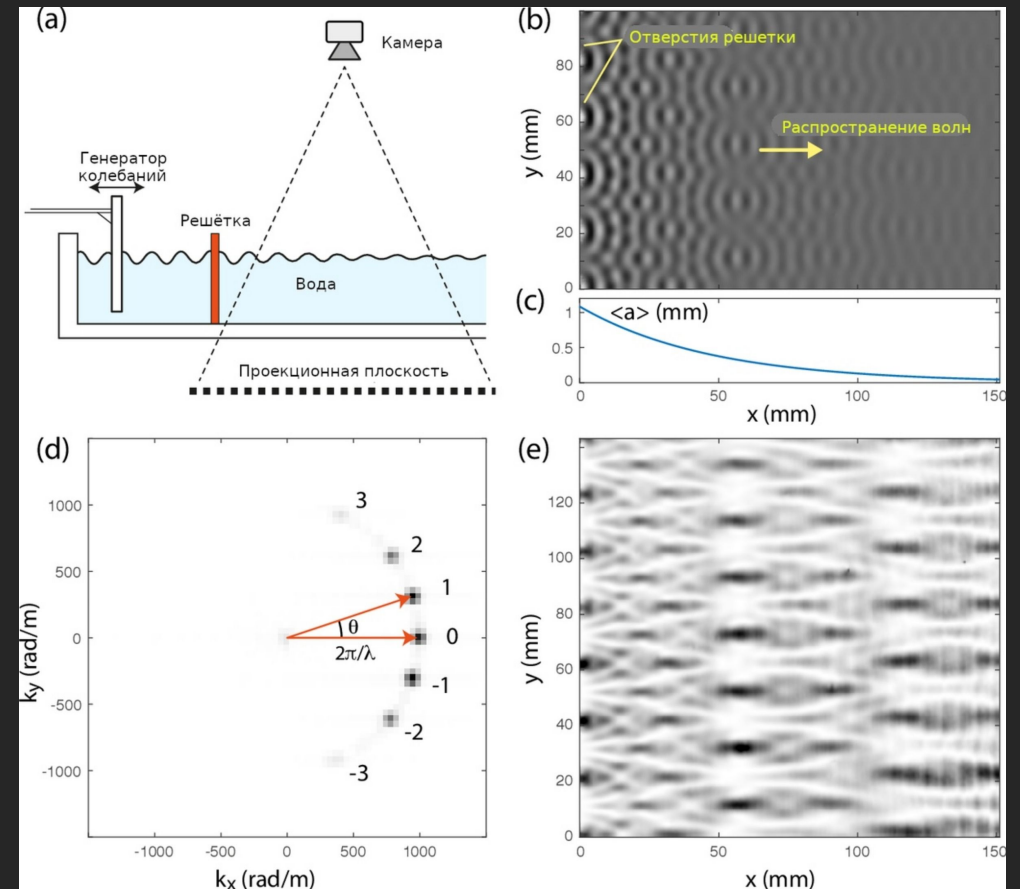
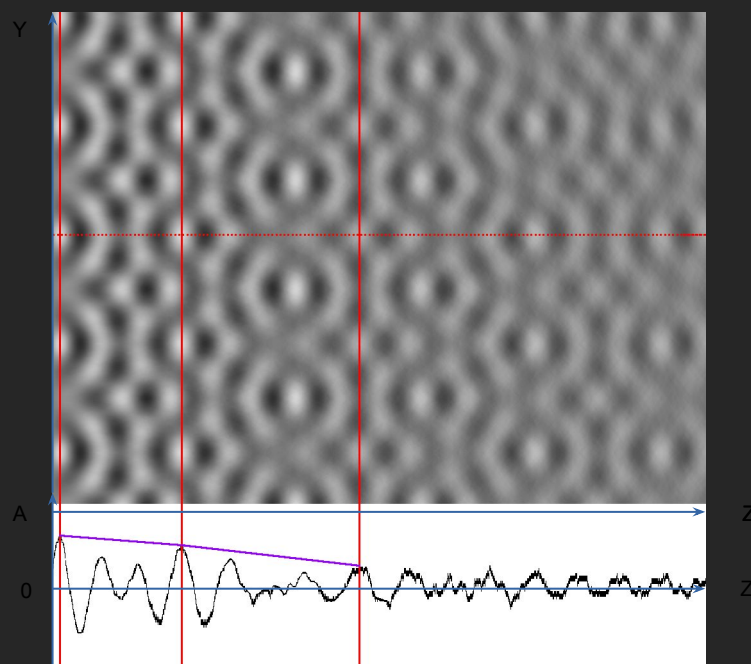


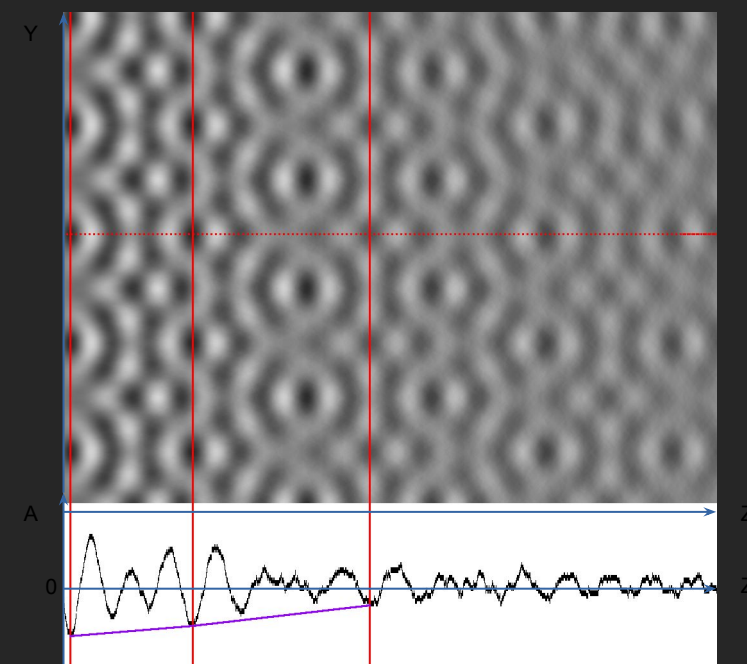
Схема распространения волн

# Талбот на воде

Результат эксперимента



Эффект Талбота. Фаза волны =  $\pi$



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.