

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования "Национальный исследовательский университет  
ИТМО" Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Отчёт по лабораторной работе №5**  
**«Визуализация распределения яркости на сферах с  
учётом тени и цвета»**

Выполнил: Захарченко Роман  
Группы: Р3331

Преподаватель: Игорь Станиславович Потёмин

2025 г.

# Задание

Цель работы — освоить методы вычисления и визуализации распределения яркости на сферических поверхностях с учётом:

- Ламбертовской модели освещения;
- цветных и нецветных точечных источников света;
- модели Блинна–Фонга (диффузная и зеркальная компоненты);
- самозатенения и взаимного затенения сфер.

Необходимо разработать приложение на Python с использованием библиотеки Taichi, выполняющее трассировку лучей от камеры через экран с вычислением освещённости в точках пересечения лучей со сферами. Приложение должно визуализировать результат и сохранять изображение.

## Описание алгоритма

Алгоритм реализует упрощённый рэйкастинг (ray casting) с проверкой пересечения лучей со сферами и вычислением освещения:

### 1. Формирование лучей

Пусть камера расположена в точке:

$$\mathbf{O} = (x_O, y_O, z_O)$$

Каждому пикселю соответствует точка на экране:

$$\mathbf{P}_s = (x_s, y_s, z_s)$$

Вектор направления луча:

$$\mathbf{d} = \mathbf{P}_s - \mathbf{O}$$

Нормированное направление:

$$\hat{\mathbf{d}} = \frac{\mathbf{d}}{\|\mathbf{d}\|}$$

### 2. Пересечение луча со сферой

Сфера:

$$\|\mathbf{P} - \mathbf{C}\|^2 = R^2$$

Луч:

$$\mathbf{P}(t) = \mathbf{O} + t\hat{\mathbf{d}}, \quad t > 0$$

Подставляем:

$$\|\mathbf{O} + t\hat{\mathbf{d}} - \mathbf{C}\|^2 = R^2$$

Получаем квадратное уравнение:

$$at^2 + bt + c = 0$$

где:

$$a = \hat{\mathbf{d}} \cdot \hat{\mathbf{d}} = 1,$$

$$b = 2\hat{\mathbf{d}} \cdot (\mathbf{O} - \mathbf{C}),$$

$$c = \|\mathbf{O} - \mathbf{C}\|^2 - R^2$$

Решение:

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Берём минимальный положительный корень.

### 3. Нормаль и векторы освещения

Нормаль:

$$\mathbf{N} = \frac{\mathbf{P} - \mathbf{C}}{\|\mathbf{P} - \mathbf{C}\|}$$

Вектор на камеру:

$$\mathbf{V} = \frac{\mathbf{O} - \mathbf{P}}{\|\mathbf{O} - \mathbf{P}\|}$$

Вектор на источник света:

$$\mathbf{L}_d = \frac{\mathbf{L} - \mathbf{P}}{\|\mathbf{L} - \mathbf{P}\|}$$

### 4. Модель Блинна–Фонга

Диффузное освещение:

$$I_d = k_d \cdot \max(0, \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}_d)$$

Полувектор:

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{L}_d + \mathbf{V}}{\|\mathbf{L}_d + \mathbf{V}\|}$$

Зеркальная компонента:

$$I_s = k_s \cdot (\max(0, \mathbf{N} \cdot \mathbf{H}))^n$$

Затухание:

$$A = \frac{I_0}{r^2 + \varepsilon}$$

Итоговый свет:

$$I = A(I_d \cdot \mathbf{C}_{surf} + I_s \cdot \mathbf{C}_{light})$$

### 6. Финальное изображение

Значения нормируются в диапазон 0–255 и сохраняются в PNG.

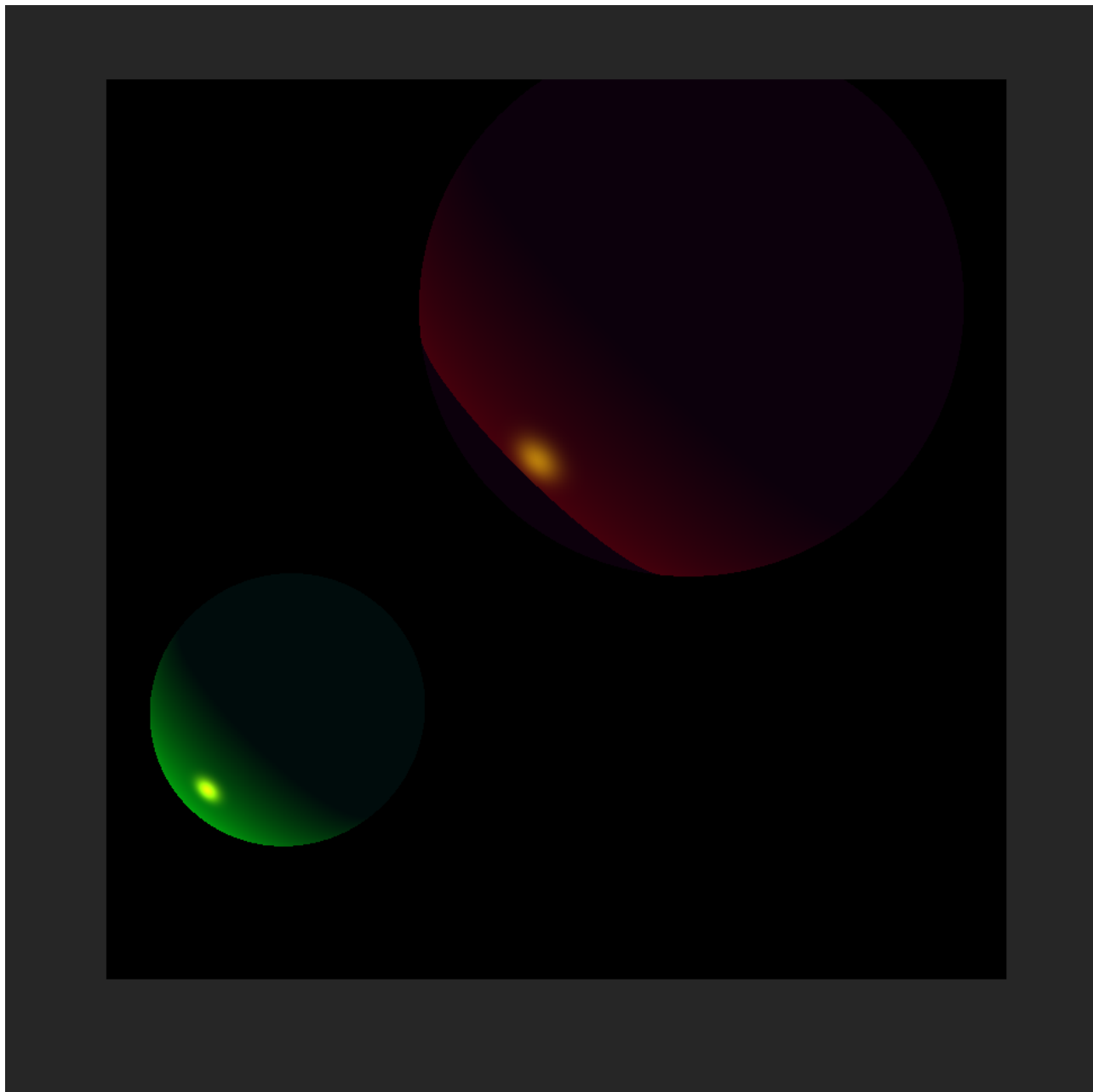
Пользователь может изменять:

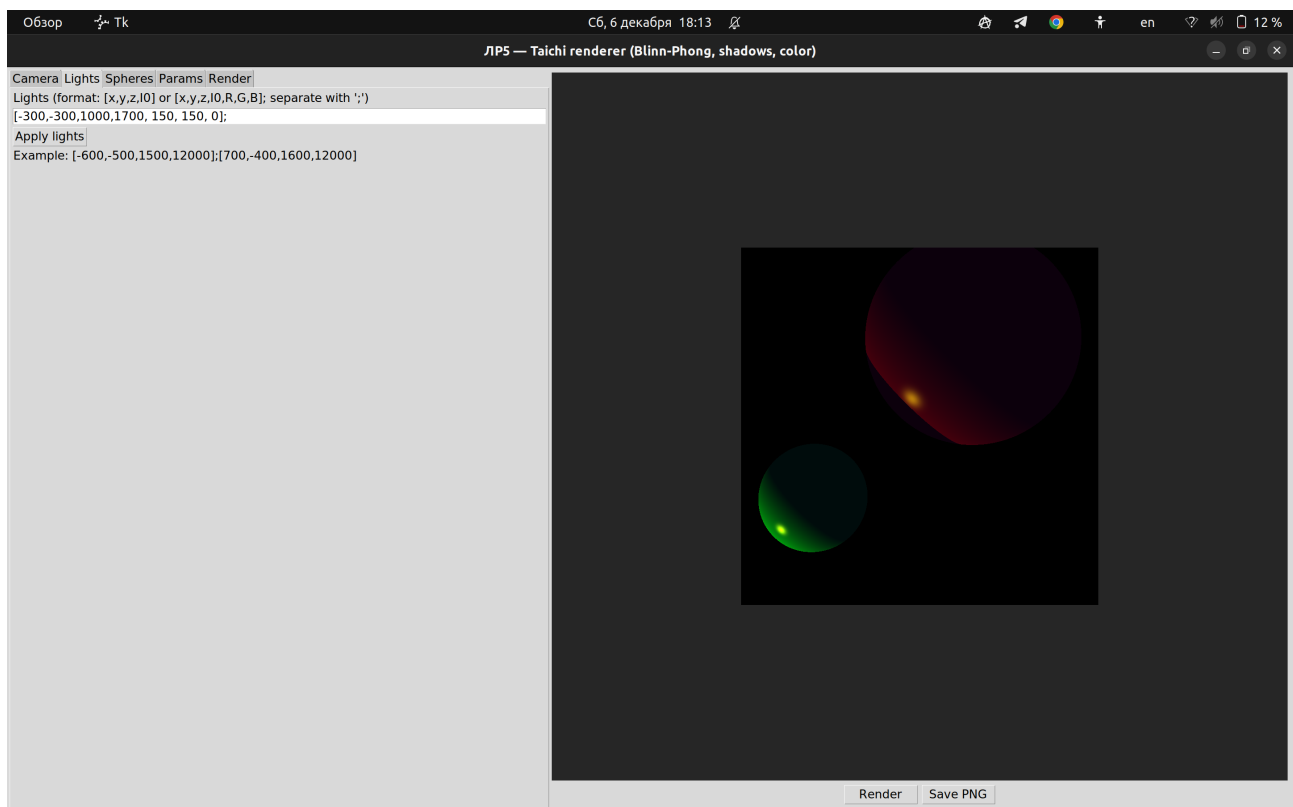
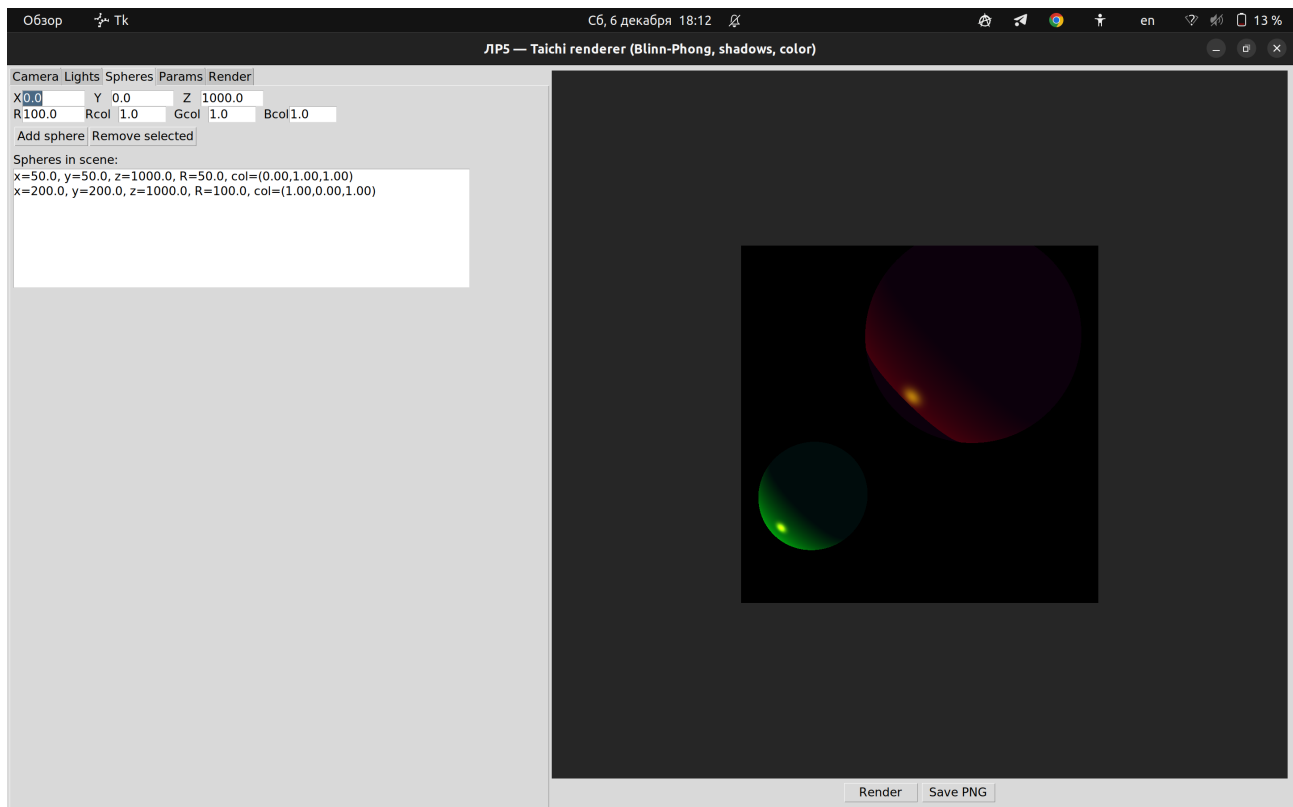
- параметры камеры;
- параметры освещения (цвет, интенсивность, координаты);
- параметры сфер (координаты, радиус, цвет);
- параметры модели Блинна–Фонга;
- разрешение изображения.

## Результаты работы

В ходе выполнения лабораторной работы было разработано приложение, позволяющее интерактивно визуализировать несколько сфер с цветными источниками света, корректной диффузной и зеркальной моделью освещения и затенением.

Ниже приведены примеры изображений сцены:





## Выводы

В результате выполнения лабораторной работы было:

- изучено вычисление освещения по модели Блинна–Фонга;
- реализовано затенение объектов на основе трассировки теневых лучей;

- создано приложение для визуализации сфер с цветными источниками света;

Работа продемонстрировала принципы физически корректной визуализации и методологию построения рендерера на основе рэйкастинга.