



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

«Разработка программы для визуализации оптического преломления через линзы, заданные математическими уравнениями»

Студент: Городский Юрий Николаевич

Группа: ИУ7-52Б

Научный руководитель: Кузнецова Ольга Владимировна

2024

Цель и задачи

Целью курсовой работы является разработка программы для визуализации процесса преломления света через аналитически заданные линзы.

Задачи:

- изучение явления преломления света и законов оптики с физической точки зрения;
- анализ существующих алгоритмов визуализации оптических эффектов;
- выбор алгоритма для решения поставленной задачи;
- проектирование архитектуры программы и графического интерфейса;
- реализация структур данных и алгоритмов;
- описание структуры программного обеспечения;
- реализация программы;
- исследование производительности программы.

Физическая модель преломления света

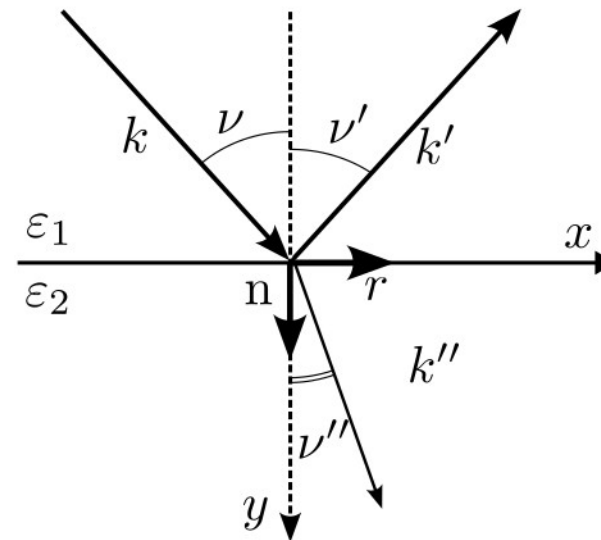
Исходный луч — k

Отраженный луч — k'

Преломленный луч — k''

$$n_1 \sin \nu = n_2 \sin \nu''$$

$$\nu = \nu'$$



Модель глобального освещения

Учитывает взаимное
расположение объектов.

$$I = k_{\alpha}I_{\alpha} + \sum_j I_j(\overline{N} \cdot \overline{L}_j) + k_r I_r + k_s I_s$$

где:

k_{α} – коэффициент фонового освещения;

k_r – коэффициент пропускания;

k_s – коэффициент отражения;

I_j – интенсивность j-го источника света;

I_r – интенсивность преломленного луча;

I_s – интенсивность отраженного луча;

\overline{N} – нормаль к поверхности в точке;

\overline{L}_j – вектор, направленный к j-му источнику.

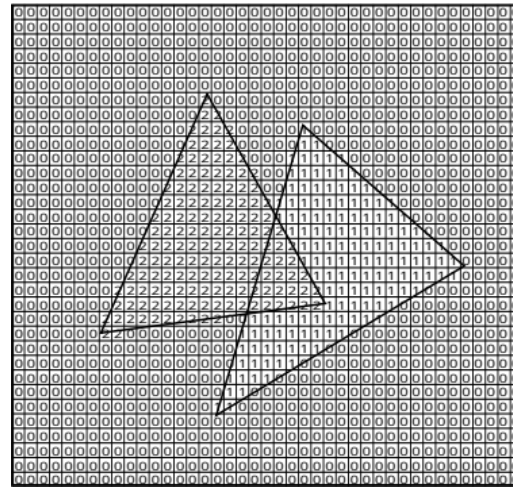
Составляющие:

- 1) a – фоновая (ambient);
- 2) s – зеркальная (specular);
- 3) r – преломлённая (refract).

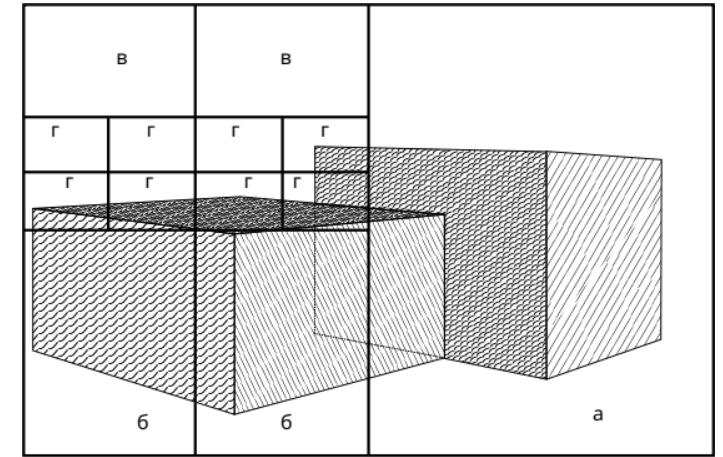
Анализ и выбор алгоритмов

Алгоритмы удаления невидимых ребер и поверхностей:

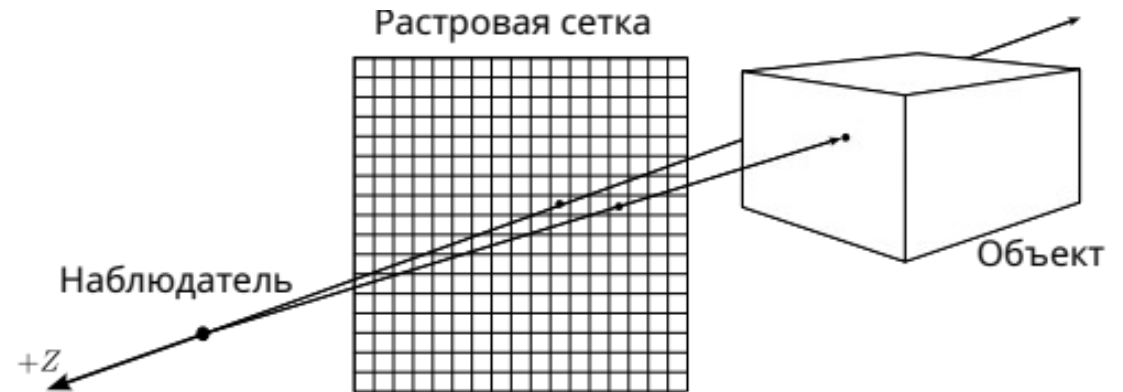
- алгоритм Робертса;
- алгоритм, использующий z-буфер;
- алгоритм Варнока;
- алгоритм обратной трассировки лучей.



Пример работы
z-буфера



Пример работы
алгоритма Варнока

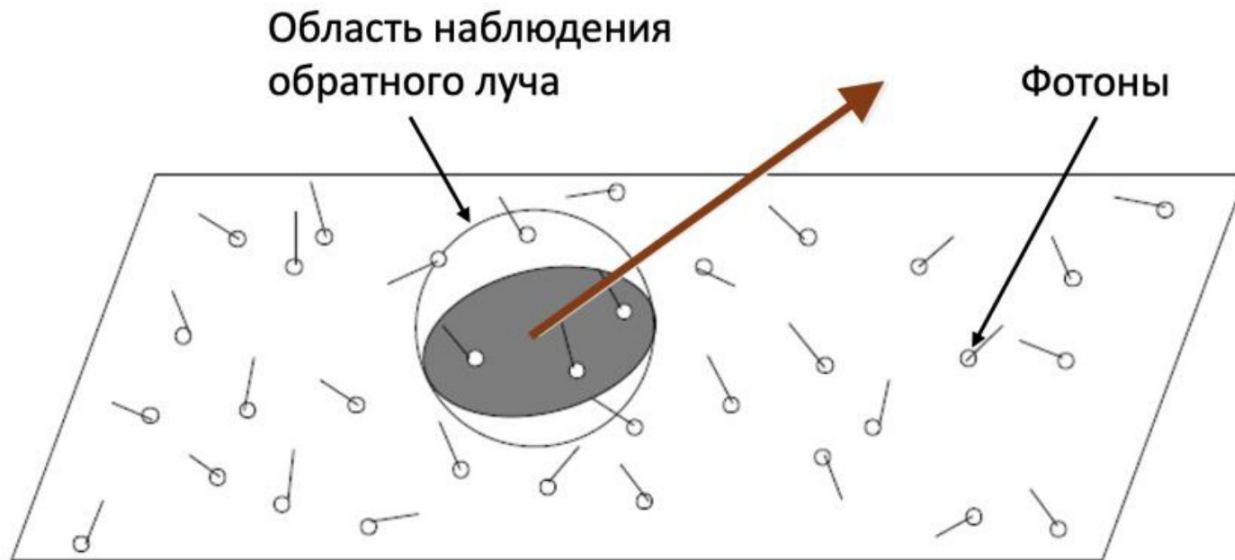


Пример работы обратной трассировки
лучей

Анализ и выбор алгоритмов

Алгоритмы создания глобального освещения

- алгоритм обратной трассировки лучей;
- алгоритм с использованием фотонных карт.

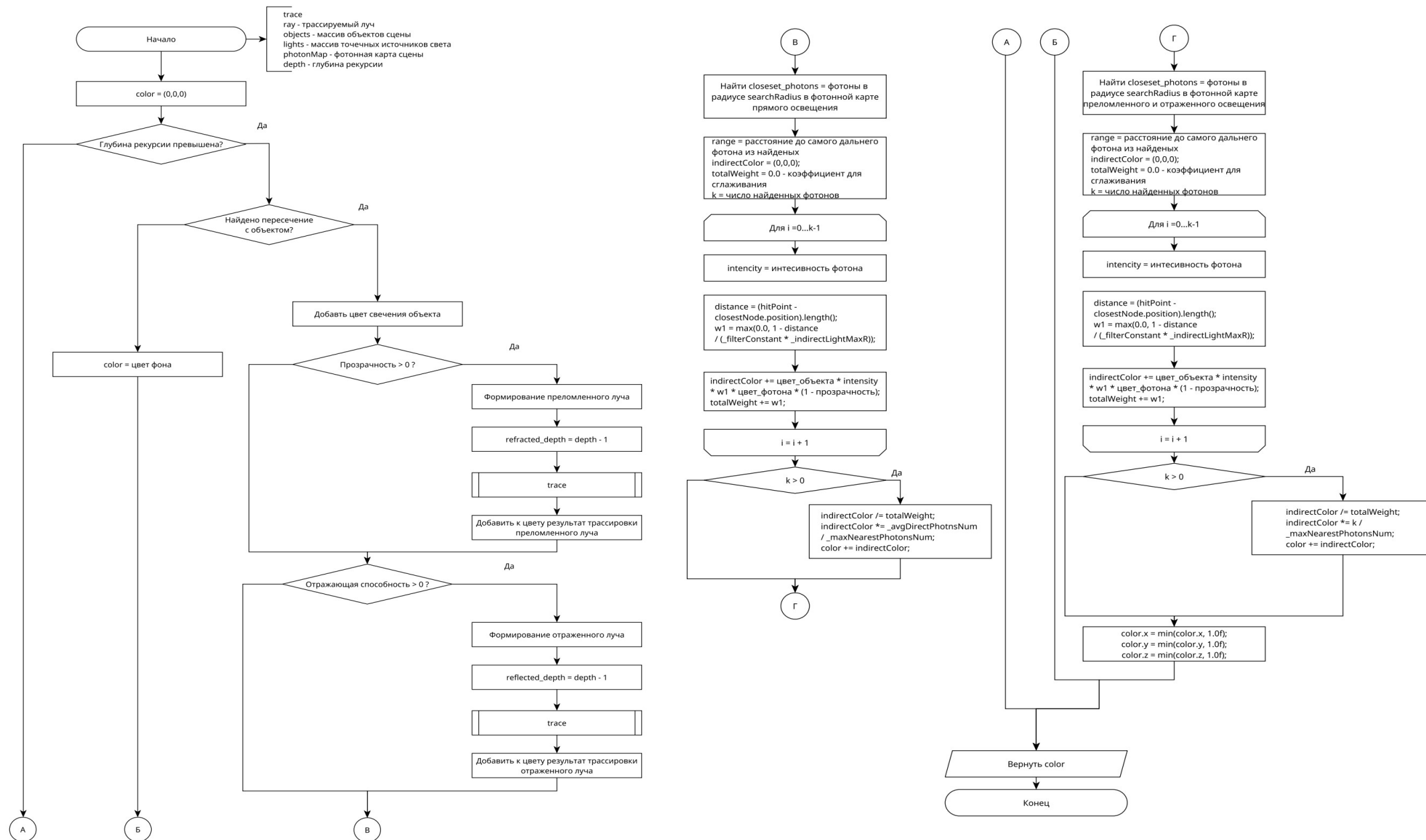


В результате анализа методов для отрисовки выбран алгоритм обратной трассировки лучей, а для создания глобального освещения — метод с использованием фотонных карт.

Формализация задачи



Алгоритм обратной трассировки лучей



Алгоритм построения фотонных карт

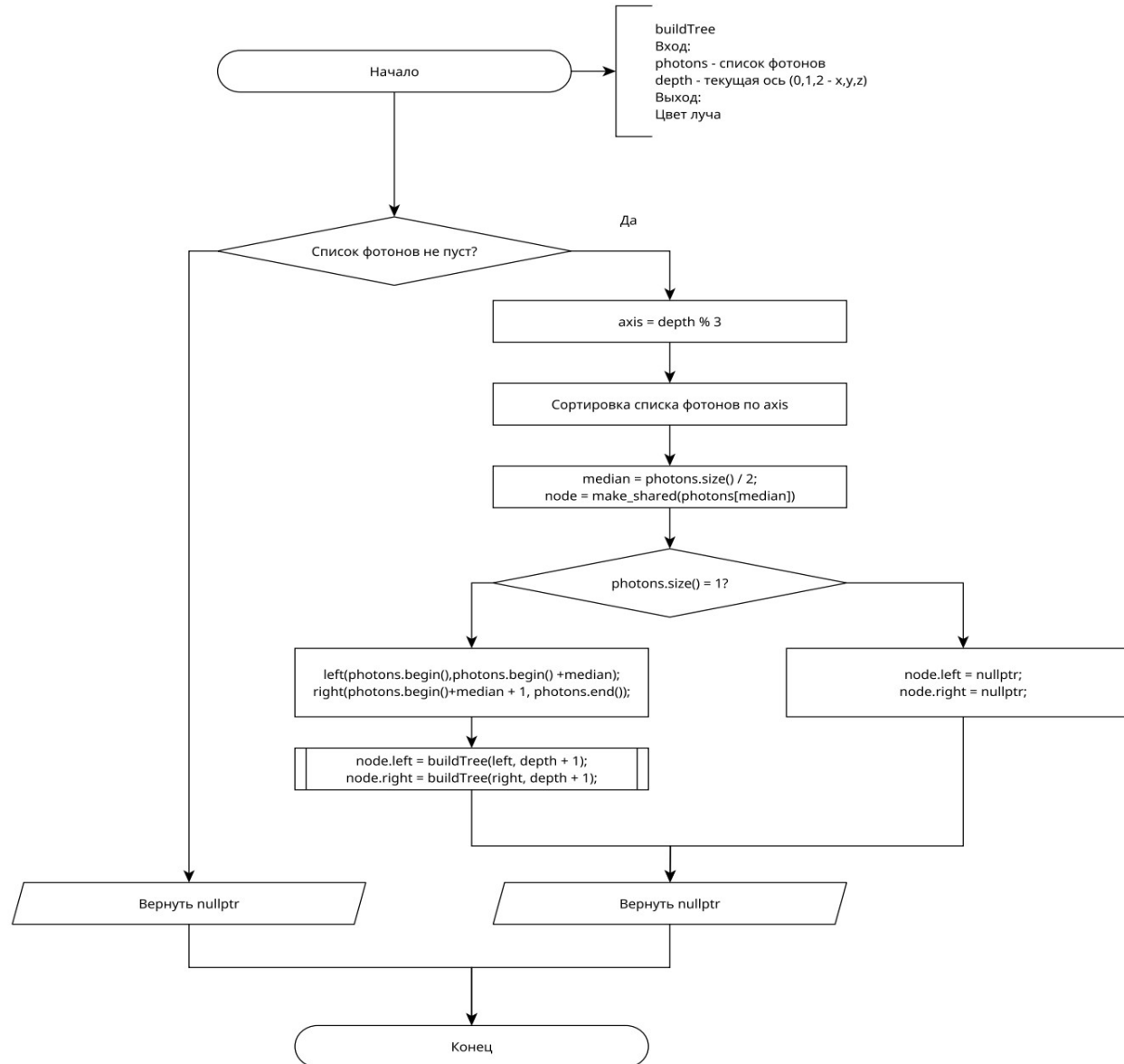
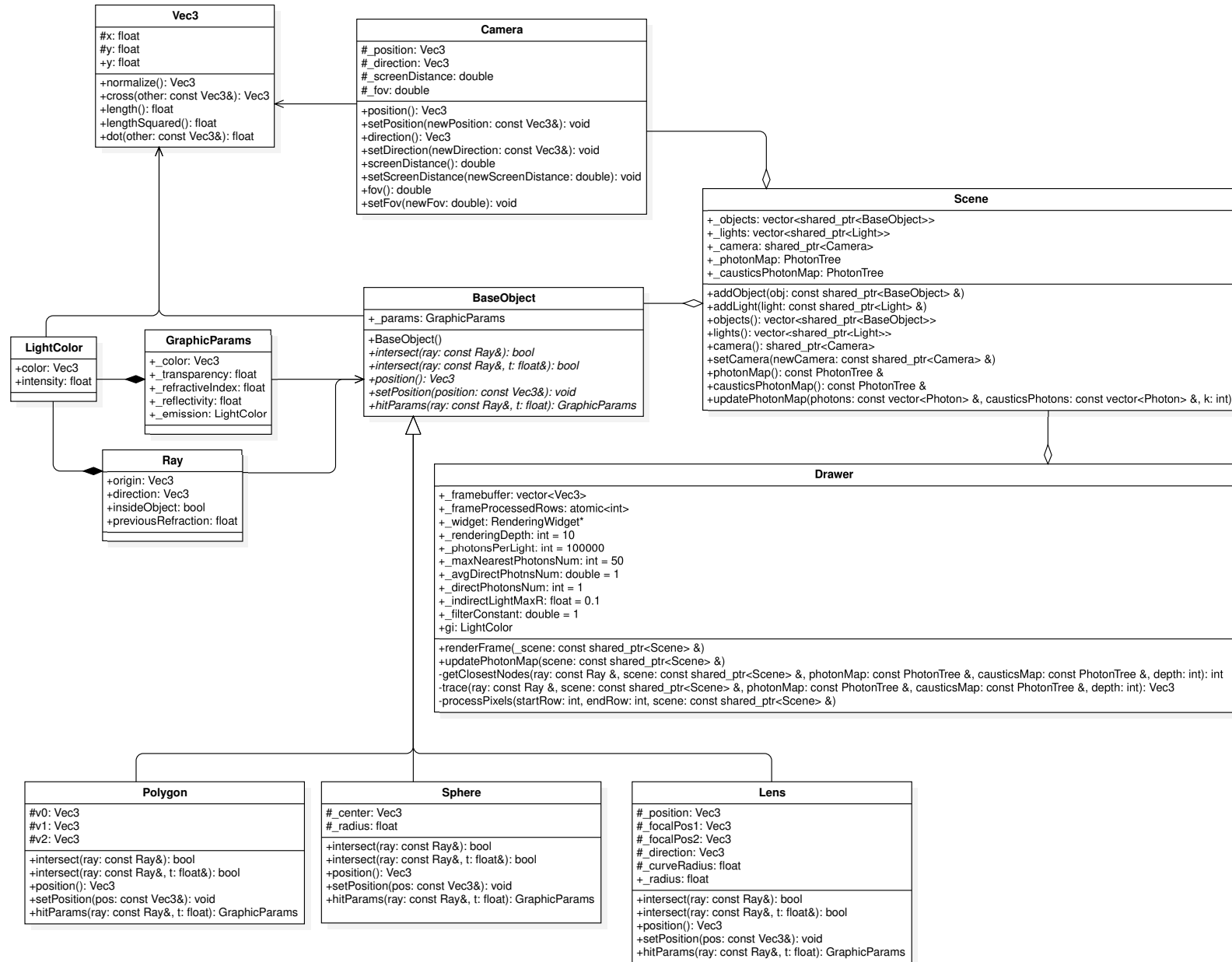


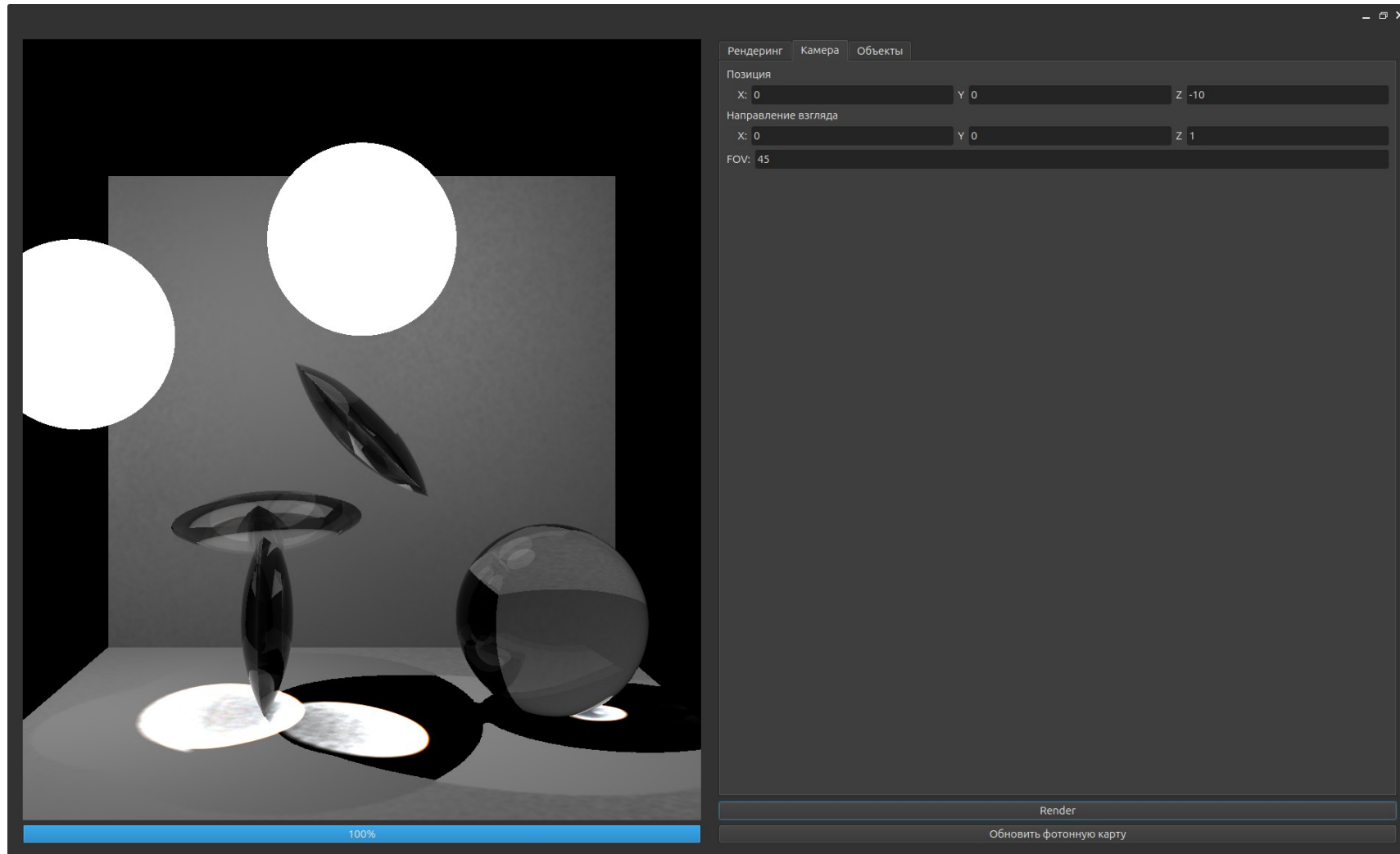
Схема программного обеспечения



Средства реализации

- Язык: C++;
- Среда разработки: Qt Creator;
- Модульное тестирование: Qt Test

Пример работы программы



Модульное тестирование

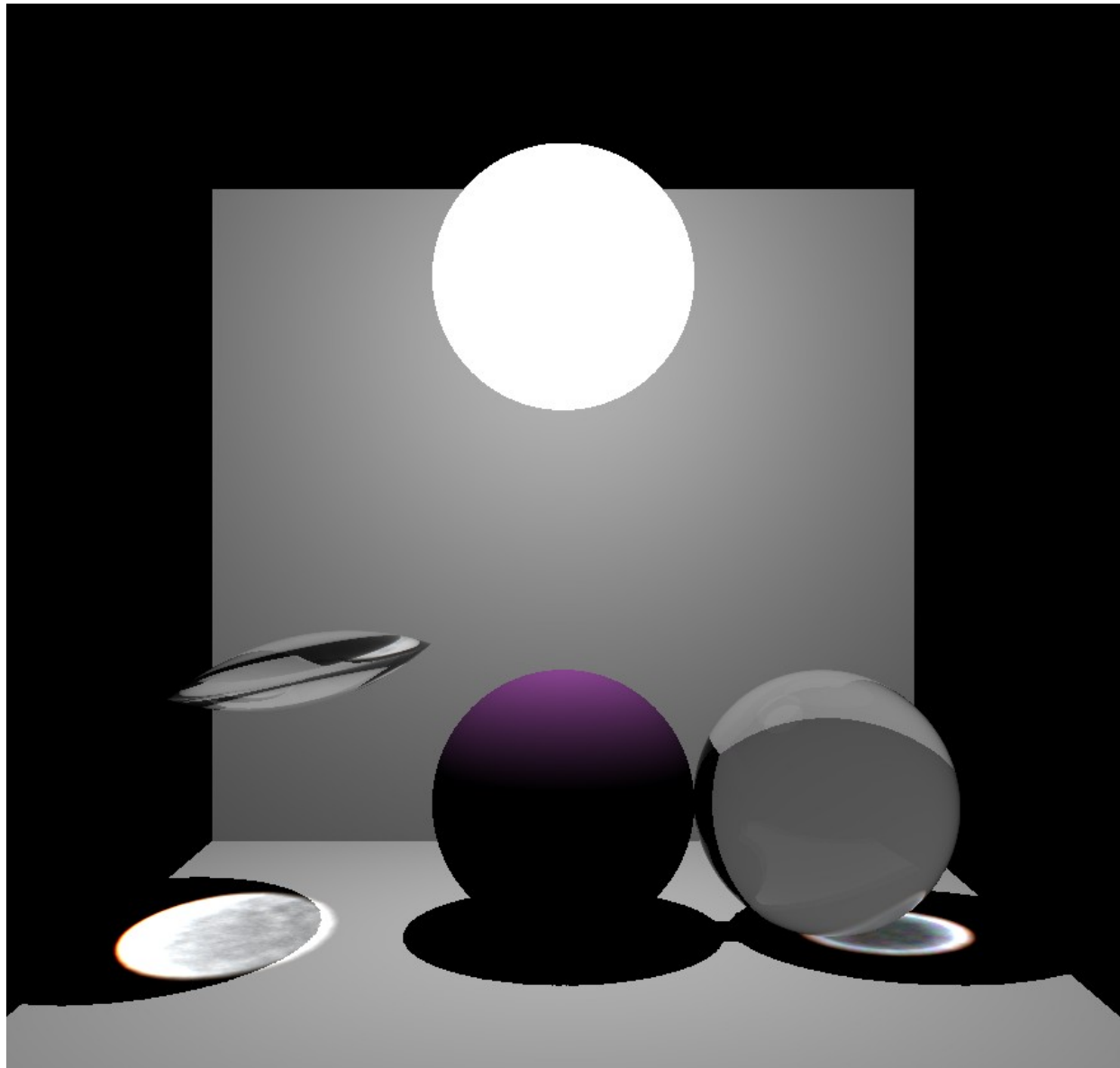
Созданы наборы тестов для:

- 1) методов объекта класса Sphere, Lens, Polygon;
- 2) методов объекта класса Ray, Vec3;

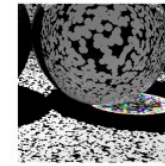
В качестве меры оценки полноты тестирования был выбран процент покрытия:
 $F = N / K * 100\%$, где N – количество строк, покрытых тестами, K – общее количество строк кода.

Процент покрытия для созданного набора тестов: 20%.

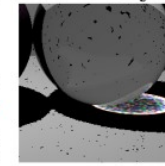
Сцена эксперимента



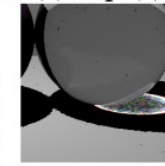
Рисунки для радиуса 0.025



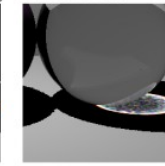
(a) Число фотонов: 100000.



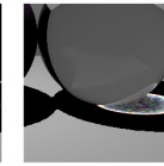
(b) Число фотонов: 350000.



(c) Число фотонов: 600000.

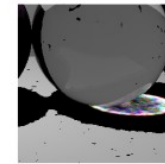


(d) Число фотонов: 850000.

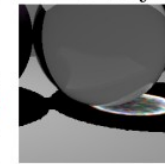


(e) Число фотонов: 1100000.

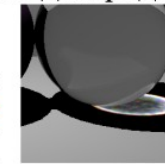
Рисунки для радиуса 0.050



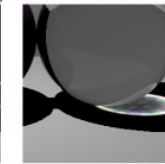
(f) Число фотонов: 100000.



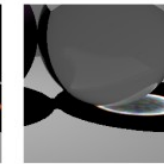
(g) Число фотонов: 350000.



(h) Число фотонов: 600000.

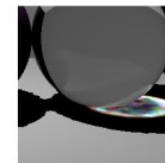


(i) Число фотонов: 850000.

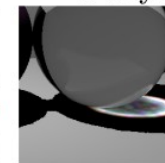


(j) Число фотонов: 1100000.

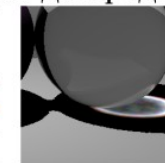
Рисунки для радиуса 0.075



(k) Число фотонов: 100000.



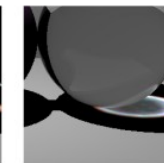
(l) Число фотонов: 350000.



(m) Число фотонов: 600000.



(n) Число фотонов: 850000.

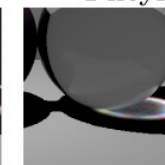


(o) Число фотонов: 1100000.

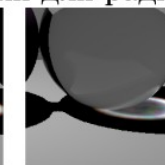
Рисунки для радиуса 0.100



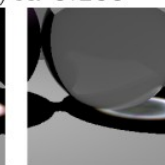
(p) Число фотонов: 100000.



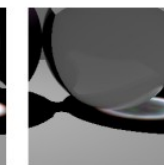
(q) Число фотонов: 350000.



(r) Число фотонов: 600000.



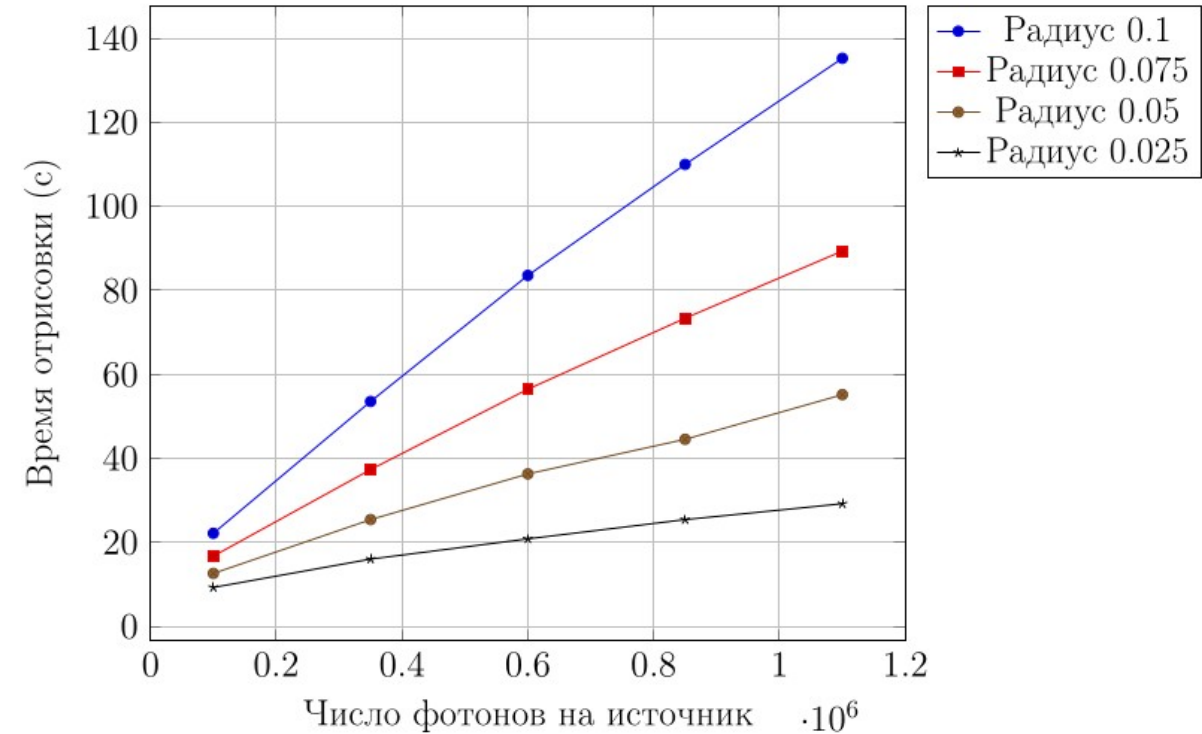
(s) Число фотонов: 850000.



(t) Число фотонов: 1100000.

Зависимость времени отрисовки от числа фотонов и радиуса сбора освещенности

Радиус сбора	Число фотонов	Время (с)	Изображение
0.025	100000	9.264	Рисунок 4.4a
	350000	16.019	Рисунок 4.4b
	600000	20.838	Рисунок 4.4c
	850000	25.42	Рисунок 4.4d
	1100000	29.201	Рисунок 4.4e
0.050	100000	12.602	Рисунок 4.4f
	350000	25.423	Рисунок 4.4g
	600000	36.297	Рисунок 4.4h
	850000	44.543	Рисунок 4.4i
	1100000	55.177	Рисунок 4.4j
0.075	100000	16.722	Рисунок 4.4k
	350000	37.342	Рисунок 4.4l
	600000	56.473	Рисунок 4.4m
	850000	73.379	Рисунок 4.4n
	1100000	89.379	Рисунок 4.4o
0.100	100000	22.153	Рисунок 4.4p
	350000	53.549	Рисунок 4.4q
	600000	83.571	Рисунок 4.4r
	850000	110.001	Рисунок 4.4s
	1100000	135.275	Рисунок 4.4t



Заключение

В ходе выполнения курсовой работы была достигнута поставленная цель: разработано программное обеспечение для визуализации преломлений через линзы.

Также были решены все задачи:

- рассмотрены физические основы явления;
- проанализированы и выбраны модели представления трехмерных объектов;
- выбран оптимальный алгоритм для решения поставленной задачи;
- спроектирована архитектура программы и пользовательского интерфейса;
- реализованы необходимые структуры данных и алгоритмы;
- описана структура разработанного программного обеспечения;
- продемонстрирована работоспособность программы;
- проведено исследование производительности созданного ПО.