МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Институт №8 «Информационные технологии и прикладная математика»
Кафедра 806 «Вычислительная математика и программирование»

**Курсовая работа**
**по курсу «Параллельная обработка данных»**

# Обратная трассировка лучей (Ray Tracing) на GPU

Выполнил: Г.Н. Хренов
Группа: 8О-407Б
Преподаватели: К.Г. Крашенинников,
А.Ю. Морозов

Москва, 2021

## Условие

1. Цель работы: использование GPU для создания фотореалистической визуализации. Рендеринг полузеркальных и полупрозрачных правильных геометрических тел. Получение эффекта бесконечности. Создание анимации.
2. Вариант 10. Октаэдр, Додекаэдр, Икосаэдр.

## Программное и аппаратное обеспечение

GPU name: NVIDIA GeForce RTX 2060
compute capability 7:5
totalGlobalMem: 6442450944
sharedMemPerBlock: 49152
totalConstMem: 65536
regsPerBlock: 65536
maxThreadsDim: 1024 1024 64
maxGridSize: 2147483647 65535 65535
multiProcessorCount: 30
CPU name: AMD Ryzen 7 3750H with Radeon Vega Mobile Gfx
MaxClockSpeed: 2300
NumberOfCourse: 4
RAM: 8
SSD: 256, HDD: 1024
OS: Windows10
Compiler: nvcc

## Метод решения

Сцена состоит из 4 объектов – 3 фигуры и пол. Каждый объект строится из полигонов(треугольников), при этом важно указывать вершины полигонов в определенном порядке, чтобы сохранить направления нормалей. Освещение состоит из трех компонент: фоновое, диффузное и рассеянное, каждая компонента считается отдельно, а затем складываются. Для реализации отражения и преломления из точки пересечения луча и полигона необходимо заново запустить луч по физическим законам.

## Описание программы

int Closest_trig(const vec3 &pos, const vec3 &dir, float &ts_min, trig* trigs) { - нахождение ближайшего по направлению камеры полигона.
vec3 reflect(const vec3 &I, const vec3 &N) { - отражение, рассчитывается по углу падения и нормали
vec3 refract(const vec3 &I, const vec3 &N, const float eta_t, const float eta_i=1.0) – преломление, рассчитывается по углу падения, нормали и коэффициентам преломления сред
uchar4 get_texture_clr(uchar4 *floor, float x, float y, int w, int floor_w) { - наложение текстуры по пол, отображение точки текстуры на точку на полу

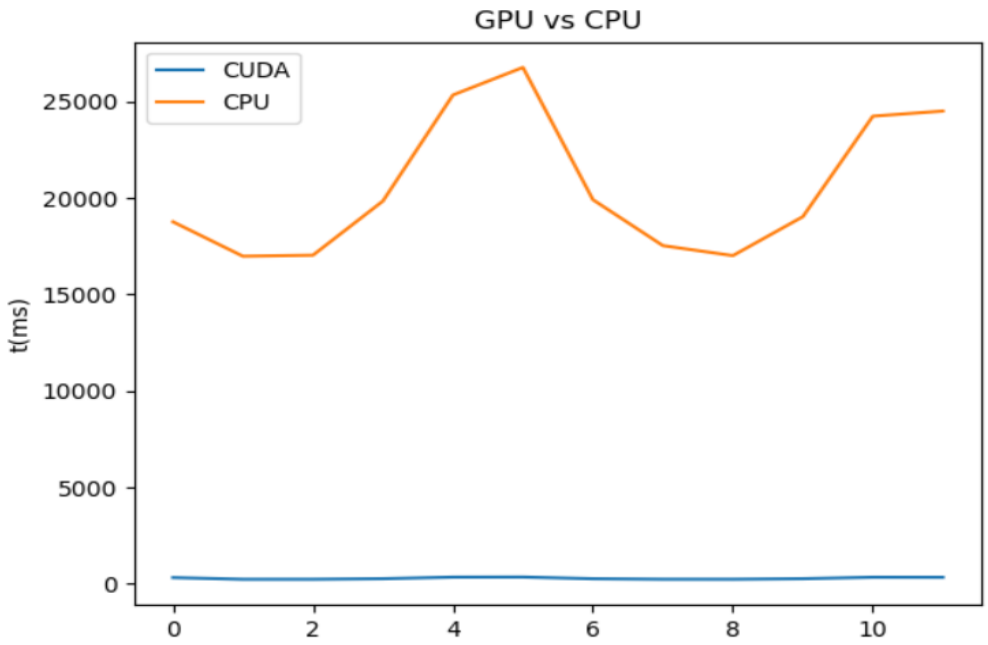
void build_space(trig* trigs, const vec3 &oct_c, …) { - построение сцены, отрисовка всех полигонов пола, 3 фигур, а также ребер
uchar4 ray(vec3 pos, vec3 dir, int depth…) – непосредственно расчет траектории заданного луча, в зависимости от параметров, возвращает цвет заданного пикселя.
__global__ void kernel_ssaa(uchar4* data, uchar4* out, int w, int h, int sqrt_ray_num) { - алгоритм ssaa для сглаживания, устранения эффекта зубчатости.

## Исследовательская часть

| Глубина рекурсии\конфигурация | dim3(8, 8), dim3(8, 8) | dim3(4, 16), dim3(4, 16) | dim3(16, 16), dim3(16, 16) | dim3(8, 32), dim3(8, 32) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 443.3ms | 446.3ms | 354.7ms | 307.8ms |
| 1 | 626.6ms | 625.6ms | 482.9ms | 471.6ms |
| 2 | 1101.4ms | 1140ms | 616.4ms | 587.2ms |

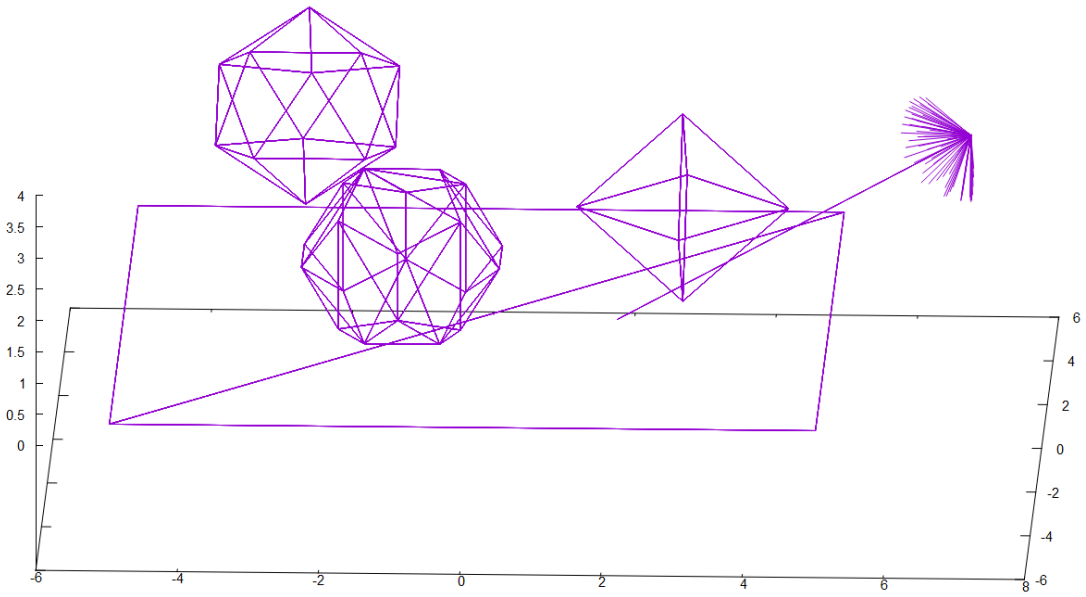
| Источники света\конфигурация | dim3(8, 8), dim3(8, 8) | dim3(4, 16), dim3(4, 16) | dim3(16, 16), dim3(16, 16) | dim3(8, 32), dim3(8, 32) |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 501.8ms | 499.9ms | 382.9ms | 378.9ms |
| 3 | 548.2ms | 568.8ms | 436.2ms | 428.6ms |
| 4 | 618.1ms | 643.9ms | 482.6ms | 477.7ms |

Покадровый рендринг сцены

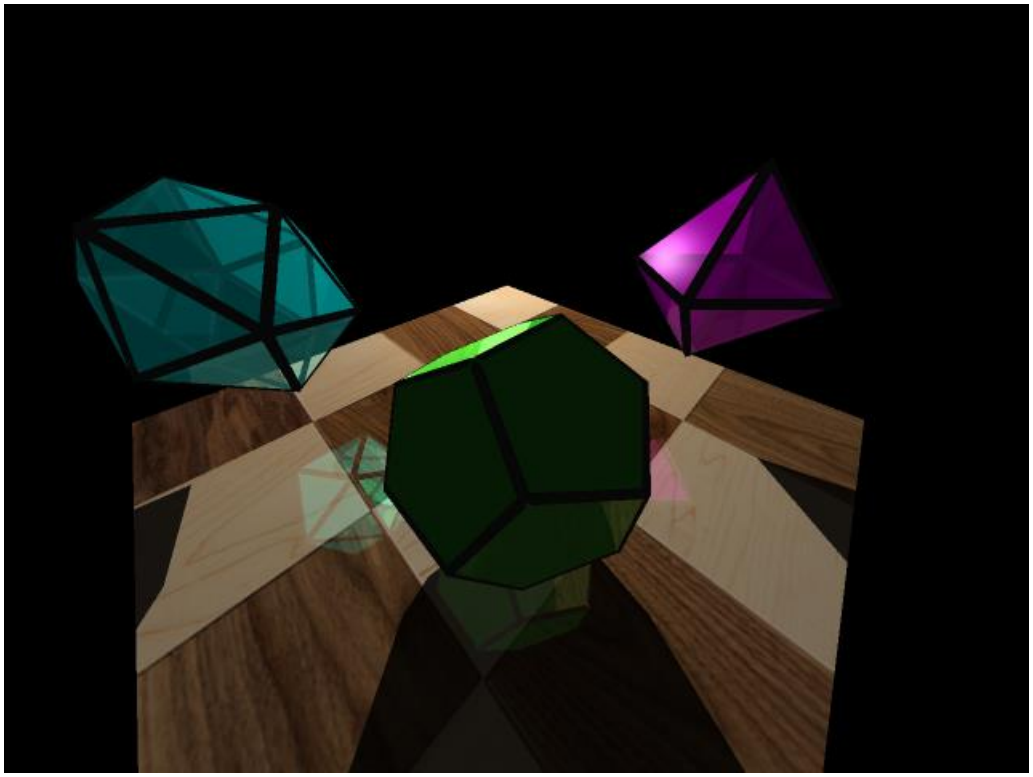


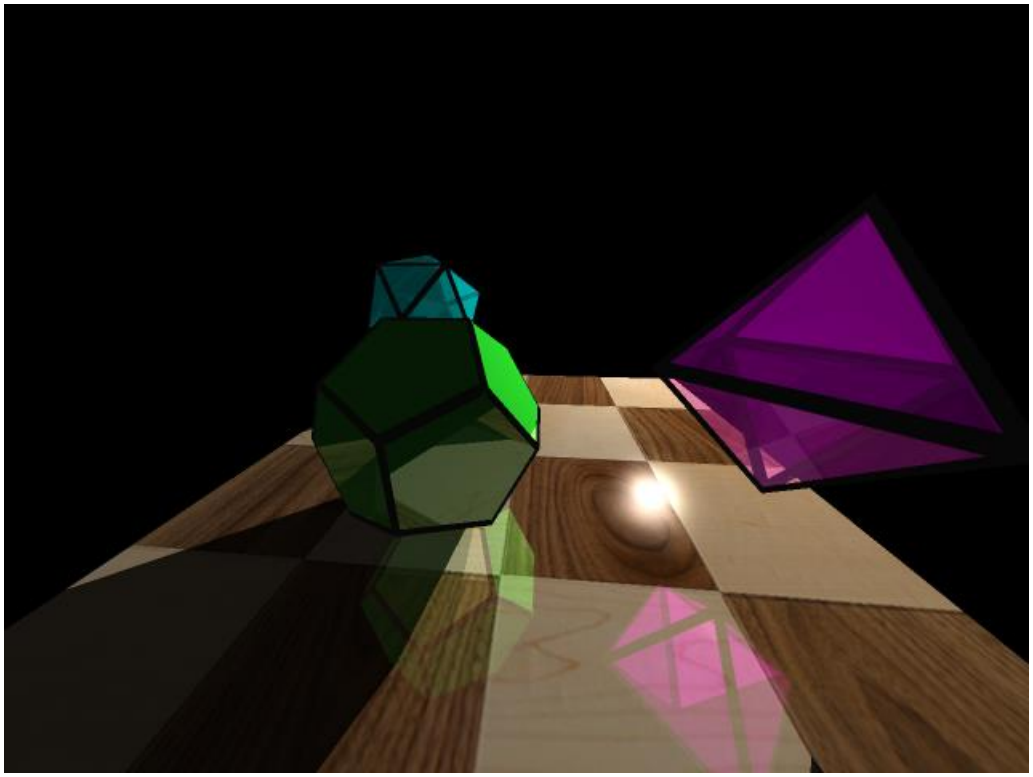

## Результаты

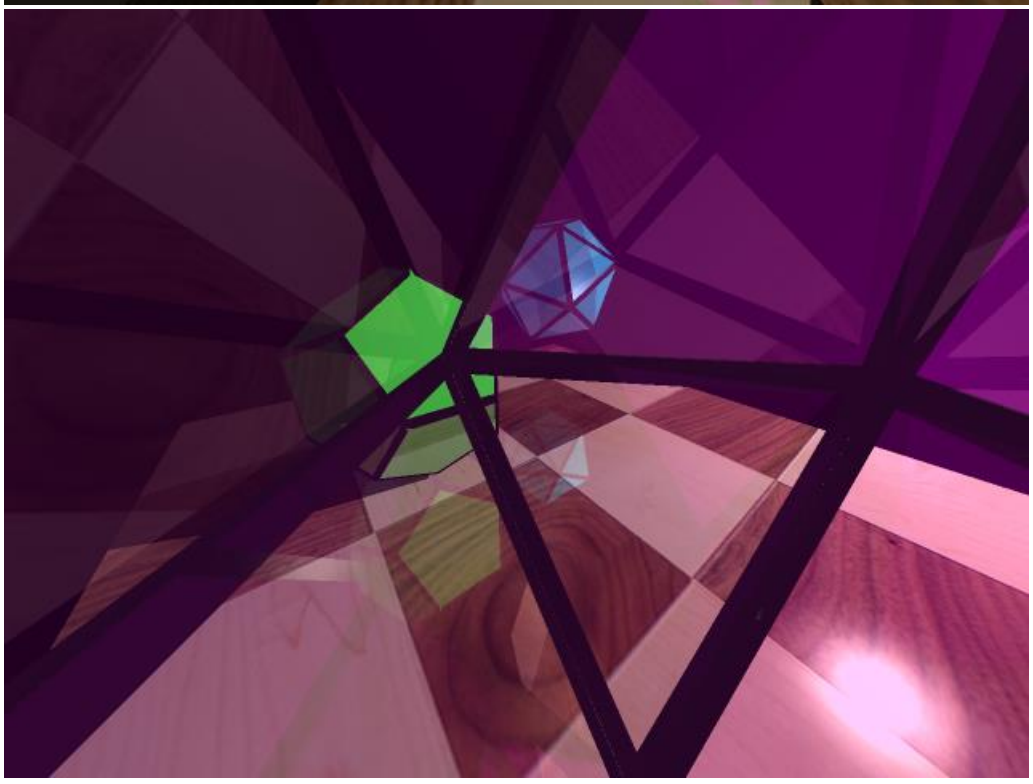
Отрисовка сцены

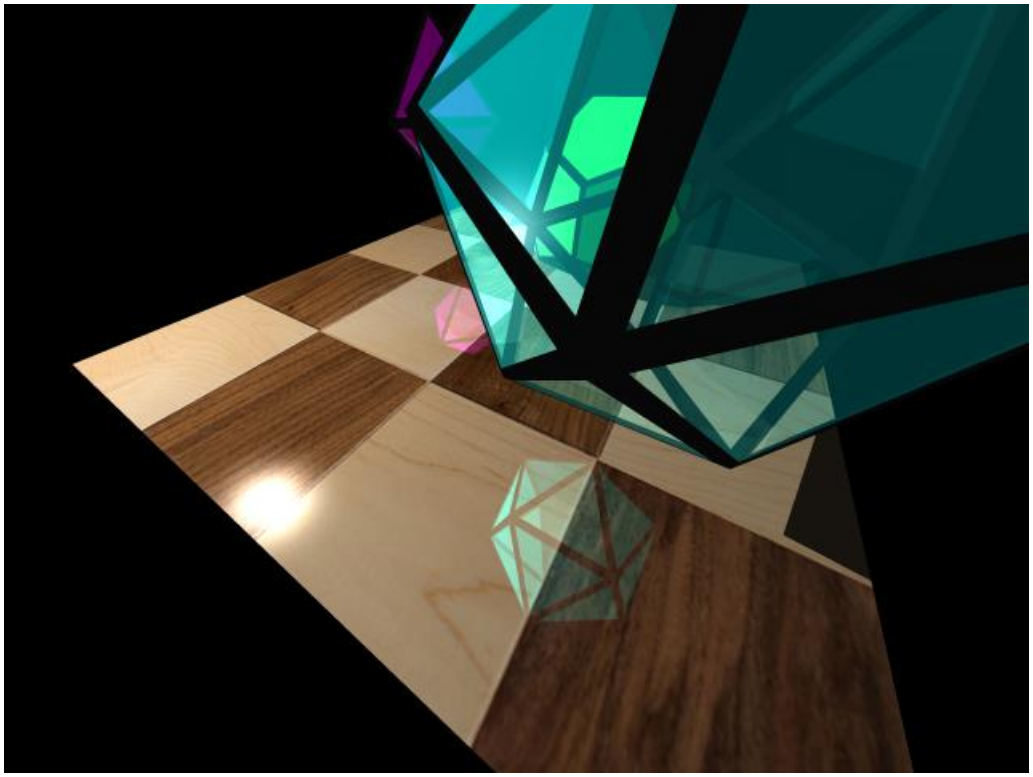


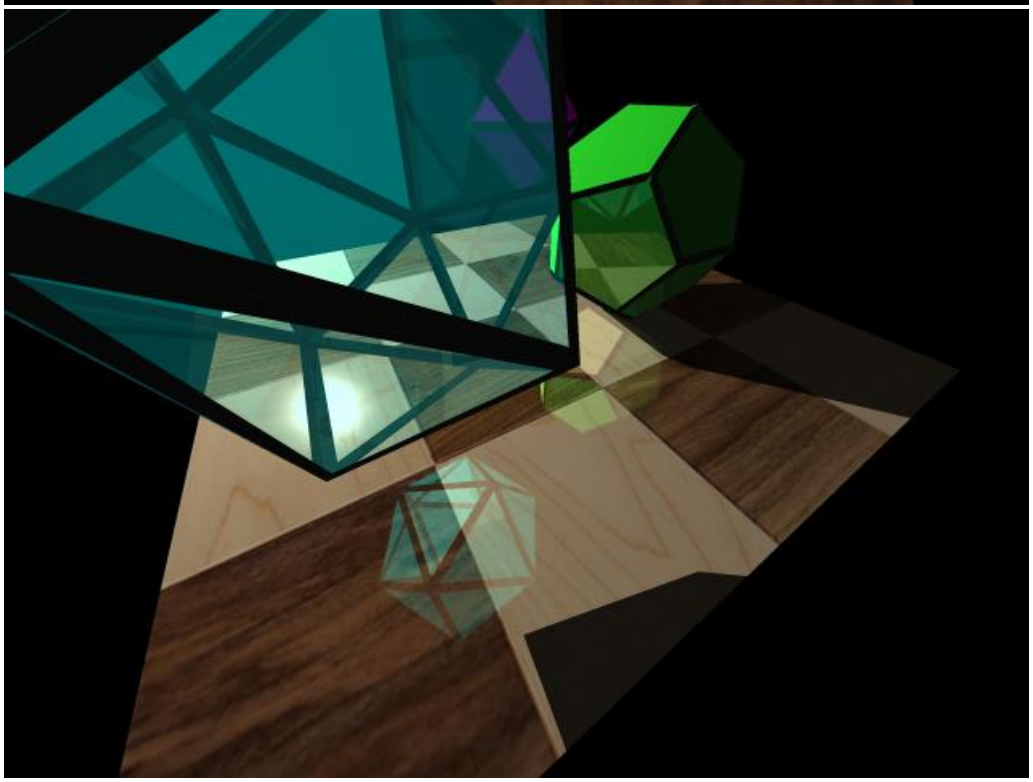

Скриншоты

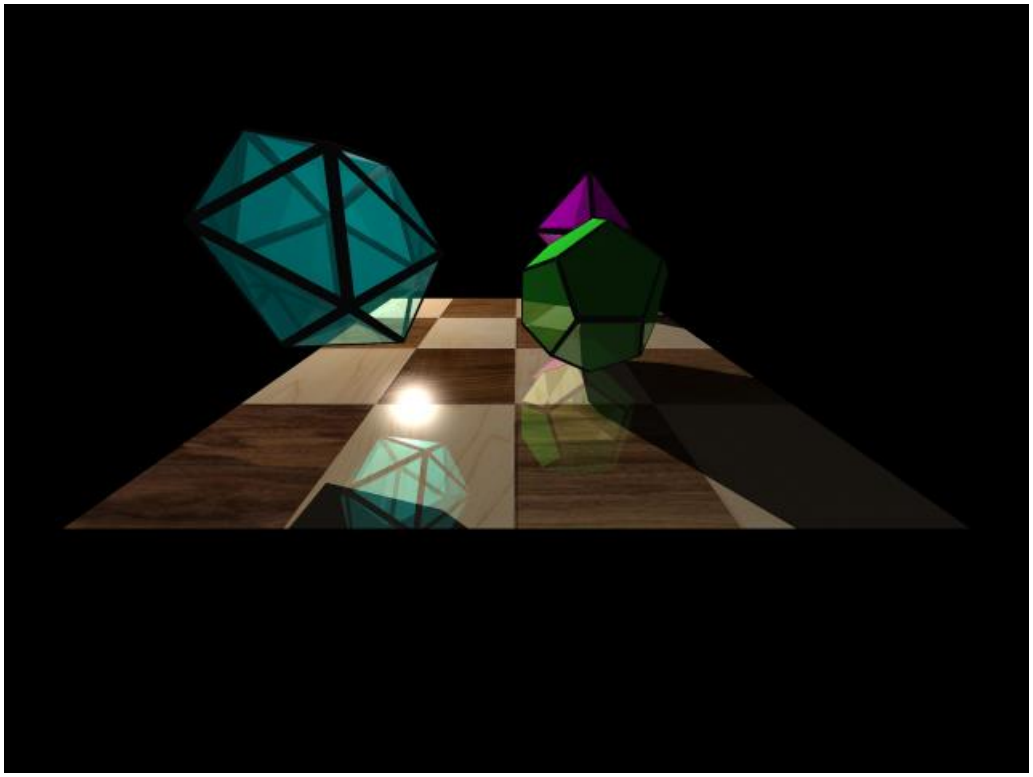


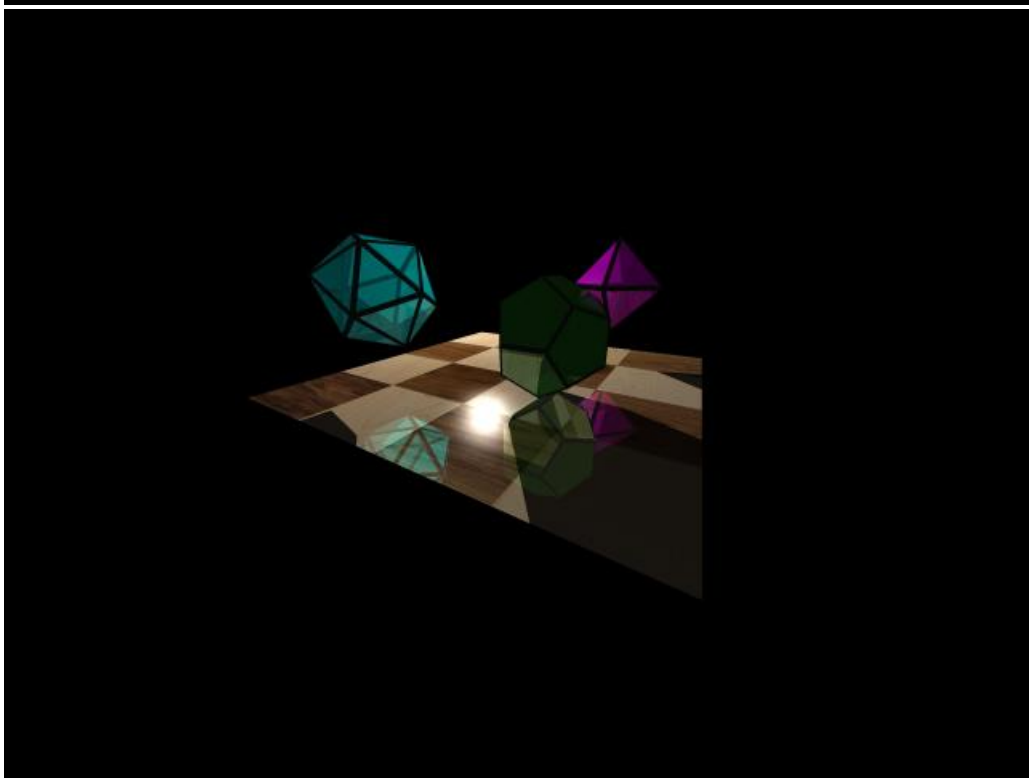


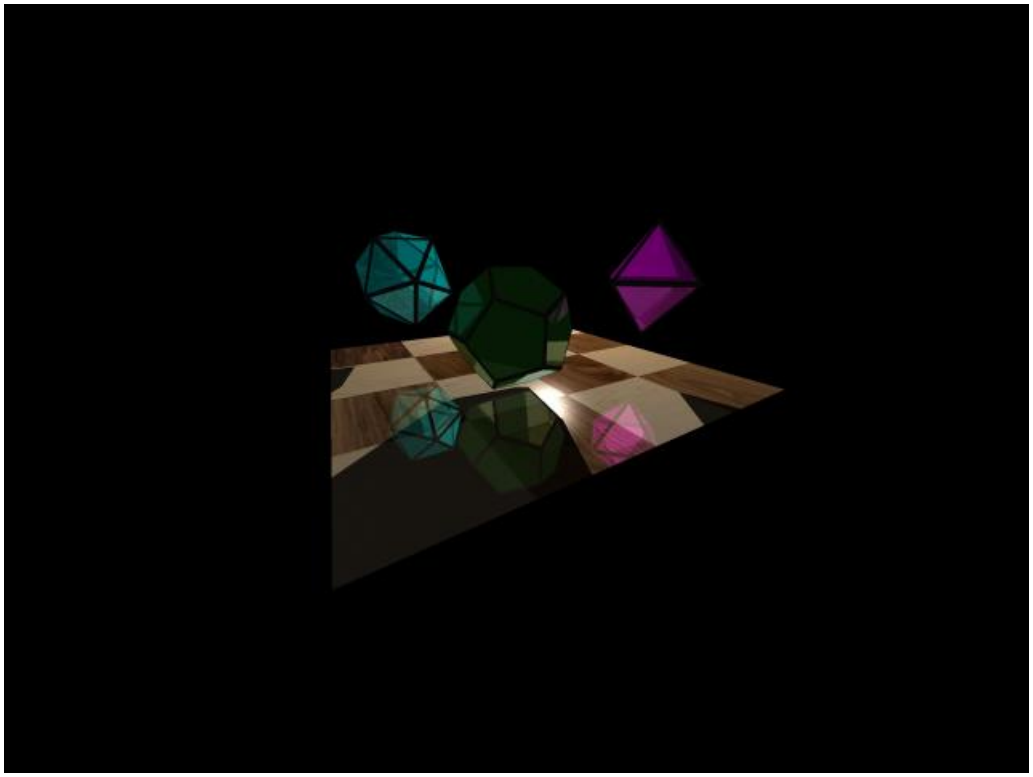


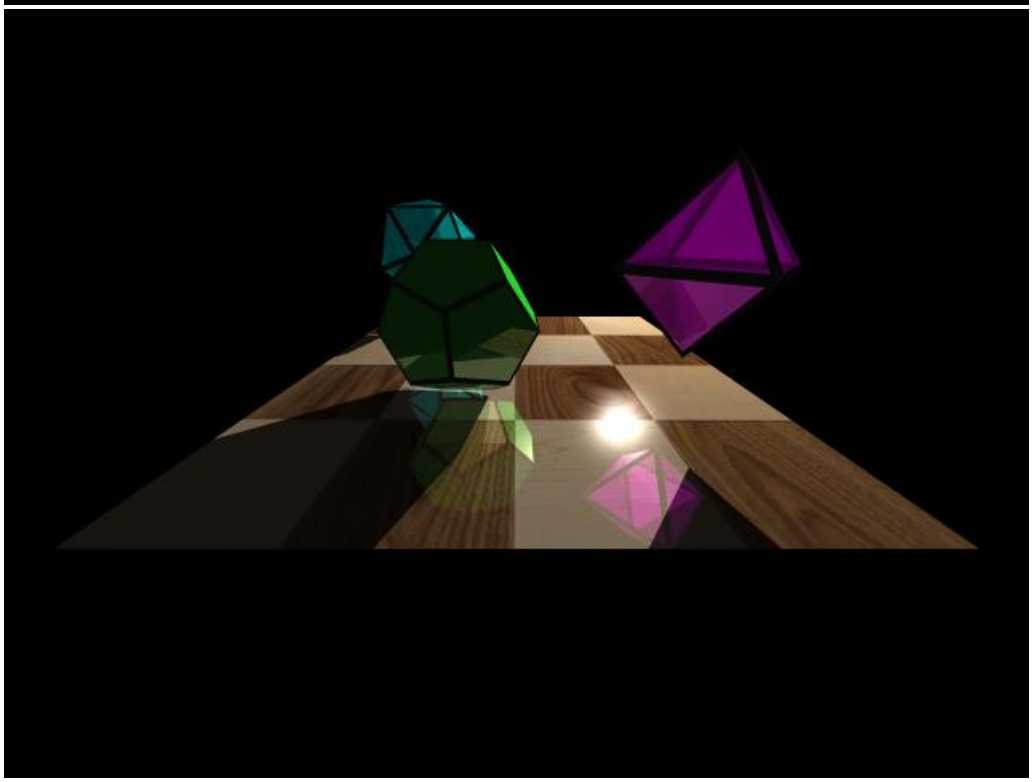


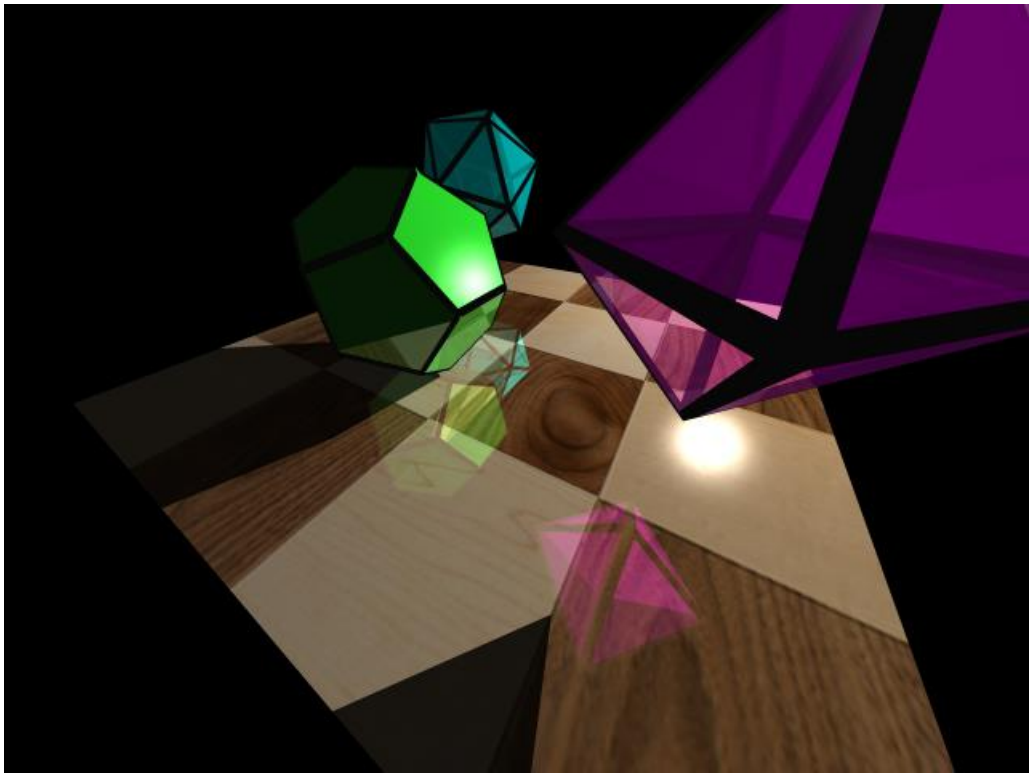












## Выводы

Ray tracing применяется везде, где нужно получить фотореалистичное изображение – в играх, кино и т.д. Его ключевая особенность - трудоемкость вычислений и возможность легкого распараллеливания, что делает эту задачу очень подходящей для GPU. При реализации основной упор здесь идет именно на физические законы и правильную их интерпретацию, основная сложность заключается в этом. Для меня оказались сложными этапы генерации полигонов, так как фигуры неэлементарные, и легко запутаться с соединением и направлением нормали, а также на этапе реализации преломления, где необходимо рассчитывать сразу несколько пересечений луча с полигонами. Программа может быть улучшена – во-первых, с помощью правильно развернутой рекурсии, необходимо учитывать, что при запуске рекурсии многие лучи обрабатывать нет смысла, во-вторых, можно более грамотно наложить текстуры, при этом используя текстурную память, а также на грани можно добавить источники света. Но если даже при такой реализации GPU дает солидный выигрыш в небольшой задаче, то в реальных задачах без GPU просто нельзя обойтись.

## Список литературы


1. Ray tracing http://www.ray-tracing.ru/
2. Трассировщик лучей с нуля https://habr.com/ru/post/436790/
3. Tracing in one weekend https://raytracing.github.io/books/RayTracingInOneWeekend.html