

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Отчет по лабораторной работе №2

по курсу «Компьютерная графика»

«Моделирование дисперсии света при преломлении
при построении фотореалистичных изображений трёхмерных сцен
методом обратной трассировки лучей»

Студент:	Руцкий В. В.
Группа:	4057/2
Преподаватель:	Ильин Ю. П.

Санкт-Петербург 2010

1 Задание

Требуется модифицировать базовый пакет для создания фотореалистичных изображений трёхмерных сцен методом обратной трассировки лучей из [1] (в дальнейшем именуемый «пакет»), и добавить в него эффект дисперсии света при преломлении.

2 Описание метода

Рассмотрим физическую основу цвета.

Луч света представляет собой композицию волн разных длин. Распределение количества волн по их длинам задаёт то, как этот луч света будет восприниматься наблюдателем, каким *цветом* он будет видеть этот луч. Диффузные или полупрозрачные объекты отражают или пропускают через себя волны лишь определённых длин, в результате, наблюдатель видит объект определённого цвета, а не цвета источника света.

В используемой модели можно считать, что световые волны распространяются независимо друг от друга, поэтому можно разбить исходный диапазон длин волн источников на несколько непересекающихся групп диапазонов g_1, \dots, g_n , осветить сцену по отдельности лучами из диапазонов разбиения — полученный набор изображений I_1, \dots, I_n будет содержать только цвета, соответствующие длинам волн g_1, \dots, g_n , затем объединить изображения I_1, \dots, I_n в результирующее изображение.

Дисперсия света — явление зависимости абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света. В результате дисперсии света волны разной длины исходящие вдоль одного луча от источника света распространяются по разному.

Идея моделирования эффекта дисперсии света состоит в следующем. Ограничим исходный набор длин волн источников тремя составляющими r , g и b — волнами, соответствующими красному, синему и зеленому цветам. Построим три изображения сцены I_r, I_g, I_b , соответствующие освещению только лучами с длинами волн взятых составляющих r , g и b . Так как изображения сцены I_r, I_g, I_b строятся для определённых длин волн, при их построении для объектов сцены можно использовать показатели преломления соответствующие длинам проходящих через них волн. Тогда после объединения I_r, I_g, I_b результирующее изображение будет учитывать дисперсию света для основных составляющих r , g и b .

2.1 Детали реализации

В исходной реализации метода трассировки лучей для каждого светопропускающего материала указывается величина абсолютного показателя преломления вещества, которая используется для расчета угла преломления.

Для реализации эффекта дисперсии света, для каждого светопропускающего материала была указана величина абсолютного показателя преломления вещества для волн, соответствующих взятым компонентам r , g и b . При первом преломлении производится разделение исходного луча на три луча, соответствующие r , g и b . При запуске луча, преломлённого полупрозрачным объектом, направление преломления выбирается в зависимости от обрабатываемой в данный момент компоненты.

Для увеличения реалистичности получаемых изображения был дополнительно реализован эффект полного внутреннего отражения.

Внесённые изменения Исходный пакет был написан в 1995 году для ОС *DOS* и для сборки в компиляторе *Turbo C++*. Для удобства разработки и отладки пакет был портирован в современные ОС.

Для сборки в среде GNU/Linux использовались средства *GCC*¹ (использовалась версия 4.4.3) вместе с *SCons*² (версии 1.2.0) и *Eclipse*³ (версии 3.5.2) с плагином для разработки приложений на C++ *Eclipse CDT*⁴ (версии 6.0.2); для сборки в среде Windows — *Microsoft Visual Studio*⁵ (исполь-

¹*GNU Compiler Collection*, <http://gcc.gnu.org/>

²свободный инструмент для автоматизации сборки программных пакетов, <http://scons.org/>

³свободная интегрированная среда разработки, <http://eclipse.org/>

⁴*Eclipse CDT (C/C++ Development Tooling)*, <http://www.eclipse.org/cdt/>

⁵<http://www.microsoft.com/visualstudio>

зовалась бесплатная версия *Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition* с SP1).

Были внесены следующие существенные изменения:

1. Удалён модуль, отвечающий за отрисовку изображения на экране во время построения изображения (*draw.cpp*, *draw.h*), ввиду отсутствия необходимости в нём и невозможности работы исходной версии для DOS в GNU/Linux.
2. Ввод/вывод изображений был переписан с использованием свободной библиотеки *Boost.GIL*⁶ (удалены модули *bmp.cpp*, *bmp.h*, *targa.cpp*, *targa.h*; добавлены модули *image.cpp*, *image.h*, *rgb.h*)
3. Исправлены конструкции языка C++ недопустимые в новом стандарте языка.
4. Добавлен заголовочный файл для предварительной компиляции *precompiled.h*.
5. Разбит модуль *tracer.cpp* на несколько модулей согласно выполняемым функциям: *gobject.cpp*, *gobject.h*, *lightsource.h*, *mapping.h*, *medium.cpp*, *medium.h*, *surfacedata.h*.
6. Глобальные переменные, описывающие сцену, были инкапсулированы в класс *Environment* (*tracer.cpp*).
7. Обработка преломления света была вынесена в отдельную функцию *Environment::handleRefraction* (*tracer.cpp*).
8. В функцию вычисления освещённости точки *shadeImpl* (в оригинальном пакете она называлась *Shade*) были внесены описанные выше изменения по поддержке эффекта дисперсии света и эффекта полного внутреннего отражения.

Полная история изменений доступна в виде лога системы контроля версий *git*⁷ на сайте проекта по адресу <http://sourceforge.net/p/braytracing/git/ref/master%3A/log/>.

2.2 Проверка корректности

Для проверки корректности работы программы одна и та же сцена была построена в разрабатываемой программе и трёхмерном редакторе *Blender*⁸. В качестве тестовой сцены была взята

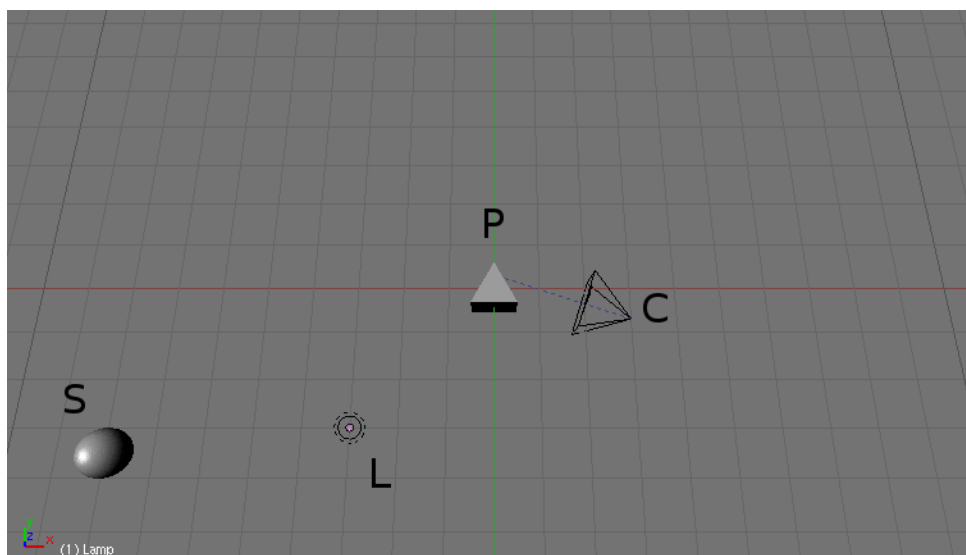


Рис. 1: Модель тестовой сцены

сцена, изображенная на рис. 1: наблюдатель *C* справа смотрит на прозрачную треугольную призму

⁶Generic Image Library, http://www.boost.org/doc/libs/1_44_0/libs/gil/doc/index.html

⁷свободная распределённая система управления версиями файлов, <http://git-scm.com/>

⁸*Blender* — свободный пакет для создания трёхмерной компьютерной графики, <http://www.blender.org/>

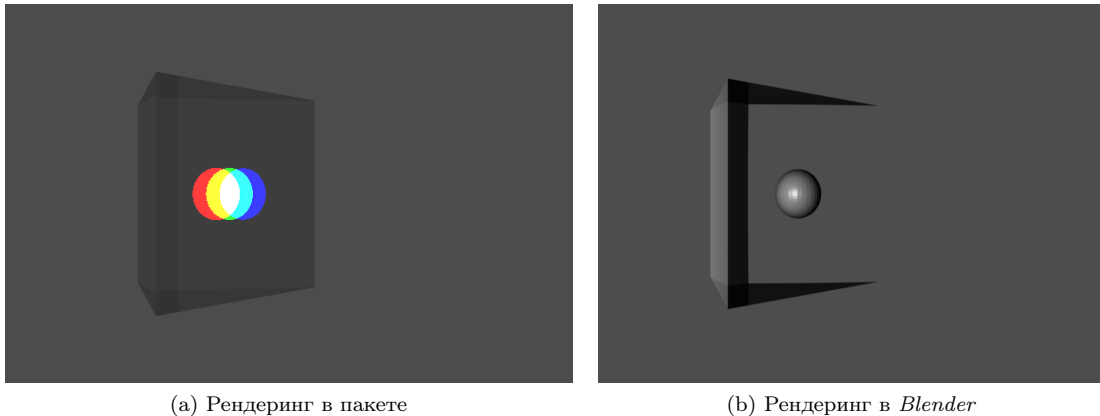


Рис. 2: Рендеринг тестовой сцены

P в центре сцены, через призму, в результате преломления к основанию, видна сфера S , освещённая источником света L .

Из-за особенностей реализации исходного пакета, не получится наблюдать через призму источник света напрямую — требуется, чтобы была освещаемая поверхность, для этого и была введена освещённая сфера S .

Результат моделирования сцены в модифицированном пакете приведён на рис. 2а, а результат моделирования в *Blender* на рис. 2b (в стандартной комплектации *Blender* нет поддержки эффекта дисперсии света при преломлении).

На изображениях видно, что преломлённая сфера находится примерно в одном месте, что показывает корректность расчета величины преломления.

Так как наблюдается неточечный источник света через призму, а не результат разложения узкого пучка света в призме, на результирующем изображении должна получиться «радуга» с обратным порядком цветов, что наблюдается на рис. 2а.

3 Результат работы

Рендеринг модели алмаза в пакете и *Blender* приведён на рис. 3а и 3b соответственно. На изображениях виден результат множественного внутреннего отражения и изменение цвета в результате эффекта дисперсии.

С разрешения автора⁹ оригинальные и модифицированные исходные коды пакета распространяются под свободной лицензией — GNU GPL¹⁰ версии 3. Проект расположен на хостинге для открытого ПО SourceForge.net¹¹ по адресу <http://sourceforge.net/p/braytracing/>.

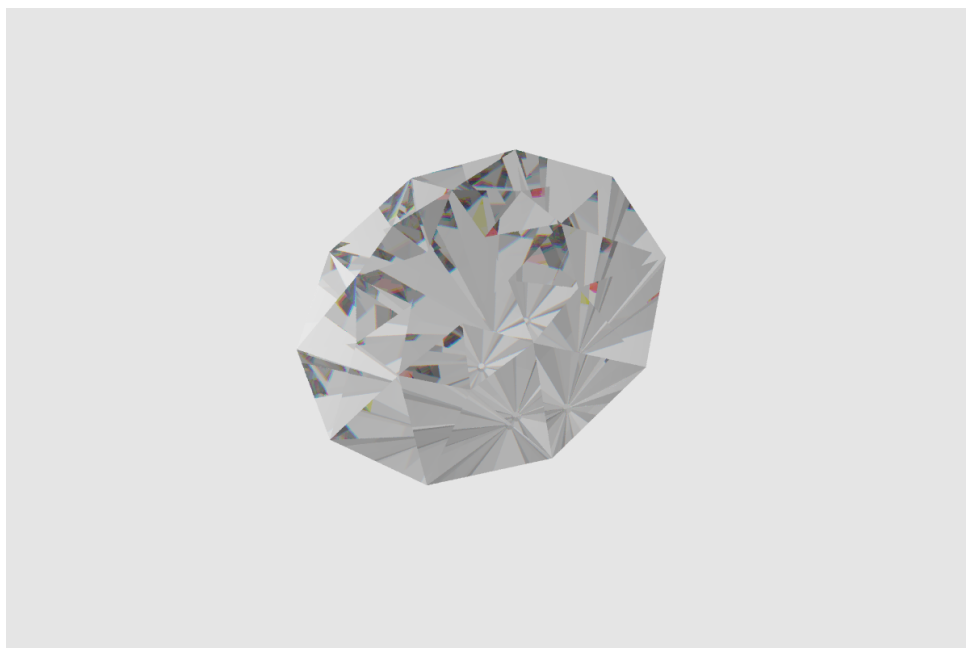
Список литературы

- [1] Е.В. Шикин and А.В. Боресков. *Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения*. М.: Диалог-МИФИ, 1995.

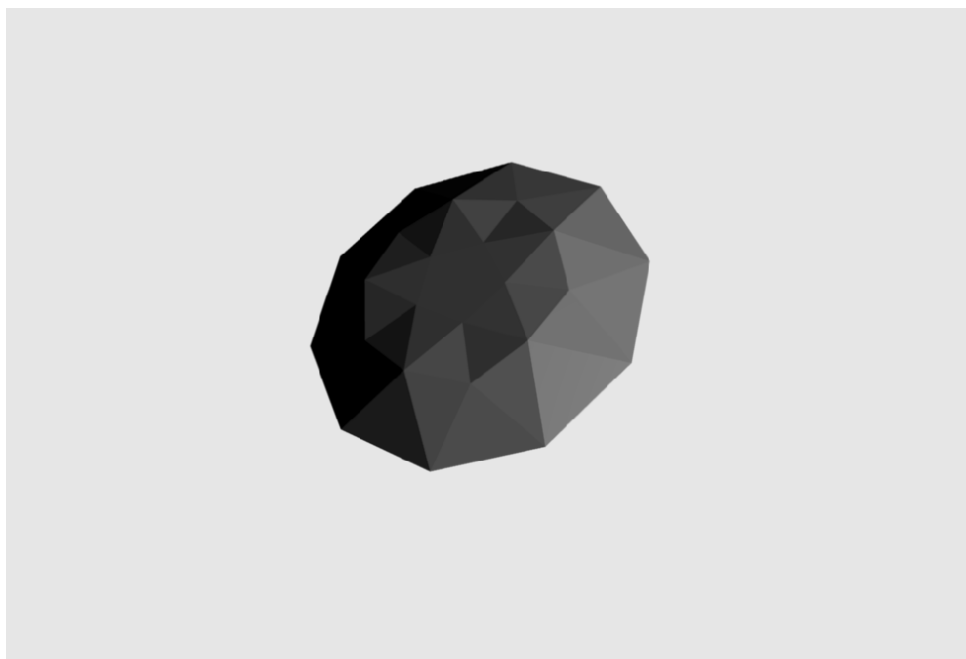
⁹ Алексей В. Боресков steps3d@narod.ru, steps3d@gmail.com

¹⁰ GNU General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

¹¹ <http://sourceforge.net>



(a) Рендеринг в пакете



(b) Рендеринг в *Blender*

Рис. 3: Рендеринг модели алмаза