

# Лабораторная работа №8

## «Освещение объектов»

### Оглавление

Подготовка геометрических данных.....	2
8.1 Задание для самостоятельной работы .....	2
Определение параметров источника света .....	2
Определение бесконечно удаленного источника света .....	2
8.2 Задание для самостоятельной работы (по вариантам) .....	2
Определение материала из которого состоит тело .....	3
8.3 Задание для самостоятельной работы (по вариантам) .....	3
Диффузное отражение .....	3
8.4 Задание для самостоятельной работы .....	3
Диффузное и фоновое отражение .....	4
8.5 Задание для самостоятельной работы .....	4
Зеркальное отражение .....	4
8.6 Задание для самостоятельной работы .....	5
Определение точечного источника света.....	6
8.7 Задание для самостоятельной работы (по вариантам) .....	6
Радиальное затухание интенсивности.....	6
8.8 Задание для самостоятельной работы (необязательное) .....	6
Имитация узконаправленного источника света.....	7
8.9 Задание для самостоятельной работы (необязательное) .....	7
Реализация закраски по методу Фонга.....	8
8.10 Задание для самостоятельной работы .....	8
8.11 Задание для самостоятельной работы .....	8
Реализация двухстороннего отображения.....	9
8.12 Задание для самостоятельной работы (необязательное) .....	9
Имитация тумана.....	9
8.13 Задание для самостоятельной работы (необязательное) .....	9
8.14 Задание для самостоятельной работы (необязательное) .....	10
Дополнительная литература .....	11

## Подготовка геометрических данных

Различные эффекты, связанные с освещением, наиболее наглядно будут проявляться на гладких поверхностях, например, на поверхности цилиндра, конуса, сферы или тора, поэтому рекомендуется выбрать и построить одно из этих тел. Для этого постройте цилиндрическую или коническую поверхности, дополненные верхним и нижним основаниями, или замкнутые по углу поверхности такие как сфера или тор.

В случае затруднения с построением этих поверхностей, разрешается использовать в качестве замкнутой фигуры куб или любой другой многогранник.

При построении поверхностей, вместе с расчетом координат вершин, нужно рассчитывать значения координат векторов нормалей. Для некоторых фигур возможна ситуация, когда в одной вершине сходятся несколько граней, каждая из которых имеет свою нормаль. Например, в каждой вершине куба сходятся 3 грани. Соответственно, каждая вершина имеет три различные нормали. Если построение фигуры осуществляется на основе индексов без дублирования информации о координатах вершин, то из нескольких нормалей, заданных в вершине, нужно записать только одну. Будем рассчитывать ее значение путем суммирования всех векторов нормалей, заданных в вершине. При этом не стоит забывать, что полученный таким образом вектор уже может не иметь единичную длину.

### 8.1 Задание для самостоятельной работы

Рассчитайте значения нормалей в вершинах изображаемой фигуры и передайте их в вершинный шейдер.

## Определение параметров источника света

Геометрические параметры, определяющие источник света, т.е. его координаты или направление лучей, могут задаваться как в мировой (внешней) системе координат, так и в системе координат, связанной с камерой (система координат наблюдения). Задайте геометрические параметры источника света в одной из этих систем координат в зависимости от вашего варианта.

## Определение бесконечно удаленного источника света

Начнем с рассмотрения освещения от бесконечно удаленного источника света, поскольку оно рассчитывается чуть проще чем от точечного.

### 8.2 Задание для самостоятельной работы (по вариантам)

Нужно выполнить только **один** вариант, соответствующий вашему номеру в журнале.

**Вариант 1.** Задайте в программе параметры, описывающие бесконечно удаленный источник **белого** света в *мировой* системе координат, и передайте их в вершинный шейдер.

**Вариант 2.** Задайте в программе параметры, описывающие бесконечно удаленный источник **белого** света в системе координат *наблюдения*, и передайте их в вершинный шейдер.

## Определение материала из которого состоит тело

В табл. 1 приведены значения коэффициентов отражения и показателя зеркального отражения (степени шероховатости) для некоторых материалов.

Табл. 1. Значения коэффициентов отражения и степени шероховатости для некоторых материалов

№ вар.	Материал	$k_{aR}$	$k_{aG}$	$k_{aB}$	$k_{dR}$	$k_{dG}$	$k_{dB}$	$k_{sR}$	$k_{sG}$	$k_{sB}$	$m$
1	Латунь	0.3294	0.2235	0.0275	0.7804	0.5687	0.1137	0.9922	0.9412	0.8078	28
2	Бронза	0.2125	0.1275	0.0540	0.7140	0.4284	0.1814	0.3935	0.2719	0.1667	26
3	Хром	0.25	0.25	0.25	0.4	0.4	0.4	0.7746	0.7746	0.7746	77
4	Медь	0.1913	0.0735	0.0225	0.7038	0.2705	0.0828	0.2568	0.1376	0.0860	13
5	Золото	0.2473	0.1995	0.0745	0.7516	0.6065	0.2265	0.6283	0.5558	0.3661	51
6	Олово	0.1059	0.0588	0.1137	0.4275	0.4706	0.5412	0.3333	0.3333	0.5216	10
7	Серебро	0.1923	0.1923	0.1923	0.5075	0.5075	0.5075	0.5083	0.5083	0.5083	51
8	Полированное серебро	0.2313	0.2313	0.2313	0.2775	0.2775	0.2775	0.7739	0.7739	0.7739	90

### 8.3 Задание для самостоятельной работы (по вариантам)

Выберите из таблицы материал поверхности, соответствующий вашему варианту, и передайте его отражательные характеристики в вершинный шейдер.

## Диффузное отражение

Реализуем расчет диффузного отражения с закраской по методу Гуро, то есть в вершинном шейдере (рис. 1).

### 8.4 Задание для самостоятельной работы

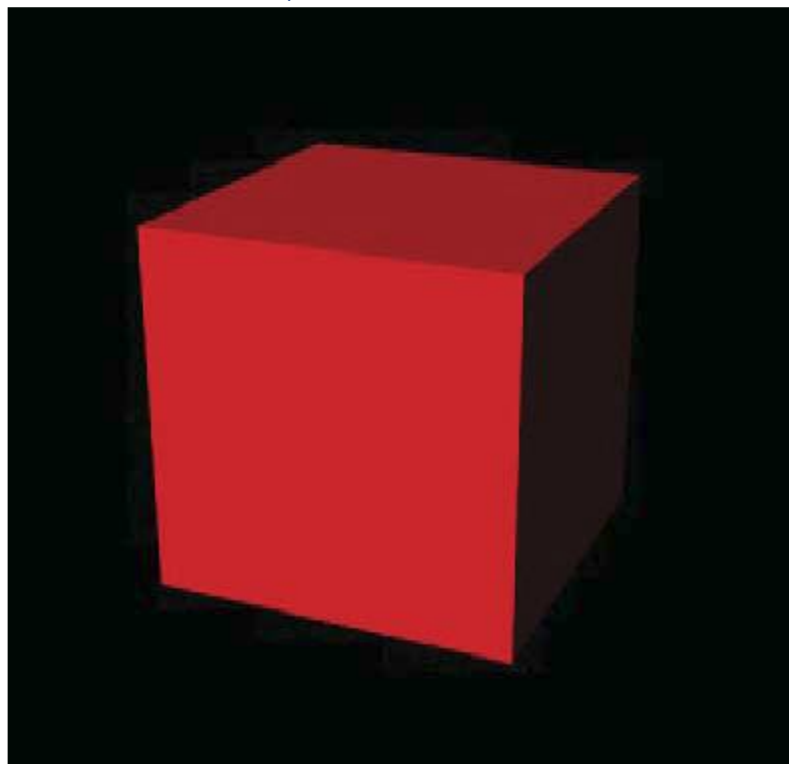


Рис. 1. Изображение куба, дающего диффузное отражение

В вершинном шейдере для каждой вершины рассчитайте значение ее цвета с помощью формул диффузного отражения. Передайте полученные значения цветов вершин во фрагментный шейдер.

Подсказка: Для реализации формулы (7) из лекции 11 можно воспользоваться функцией `max`.

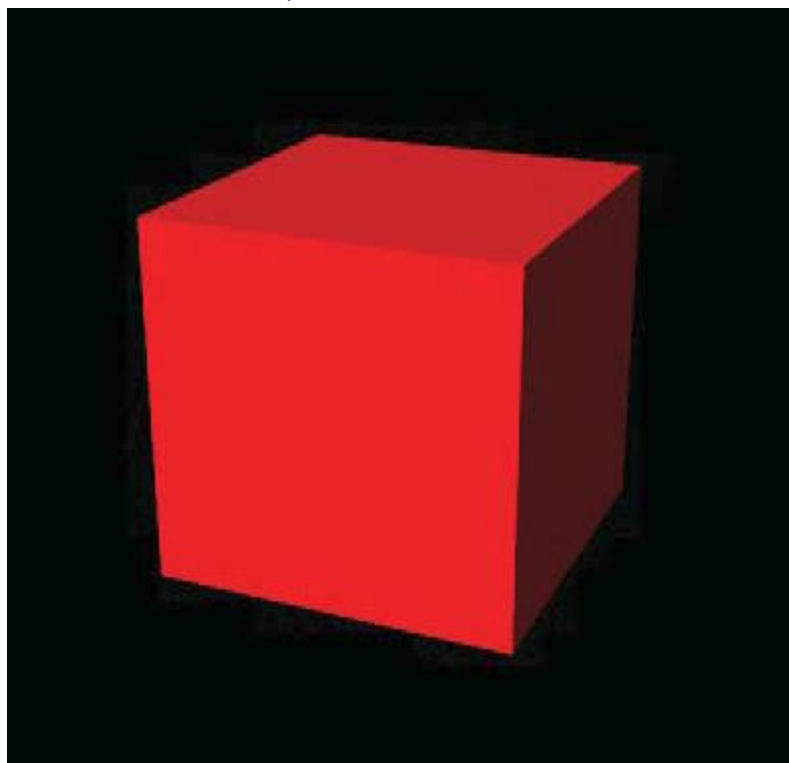
Подсказка: Все необходимые функции для работы с векторами уже присутствуют в языке шейдеров. Смотрите лекцию 5, слайд 39.

Подсказка: Если параметры источника света задаются в системе координат наблюдения, то матрица преобразования нормали считается как транспонированная обратная матрица, полученная на основе подматрицы  $3 \times 3$  от произведения матриц вида и модели (см. лекцию 8, слайд 64).

## Диффузное и фоновое отражение

Реализуем расчет диффузного и фонового отражения с закраской по методу Гуро, то есть в вершинном шейдере.

### 8.5 Задание для самостоятельной работы



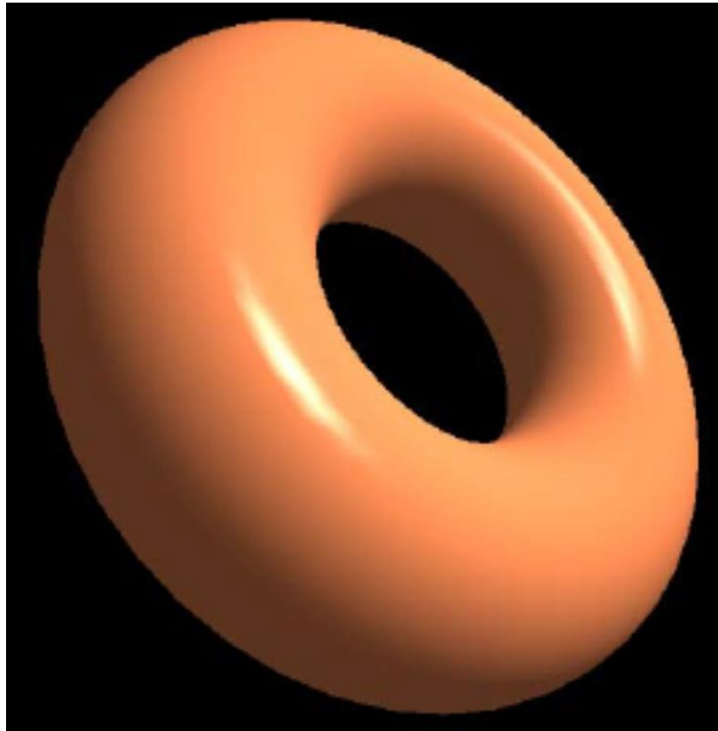
**Рис. 2.** Изображение куба, дающего диффузное и фоновое отражение

Определите рассеянный свет интенсивностью  $I_a = [0.2, 0.2, 0.2]$ . Добавьте его учет в модель диффузного отражения (рис. 2).

## Зеркальное отражение

Реализуем расчет зеркального отражения с закраской по методу Гуро, то есть в вершинном шейдере.

## 8.6 Задание для самостоятельной работы

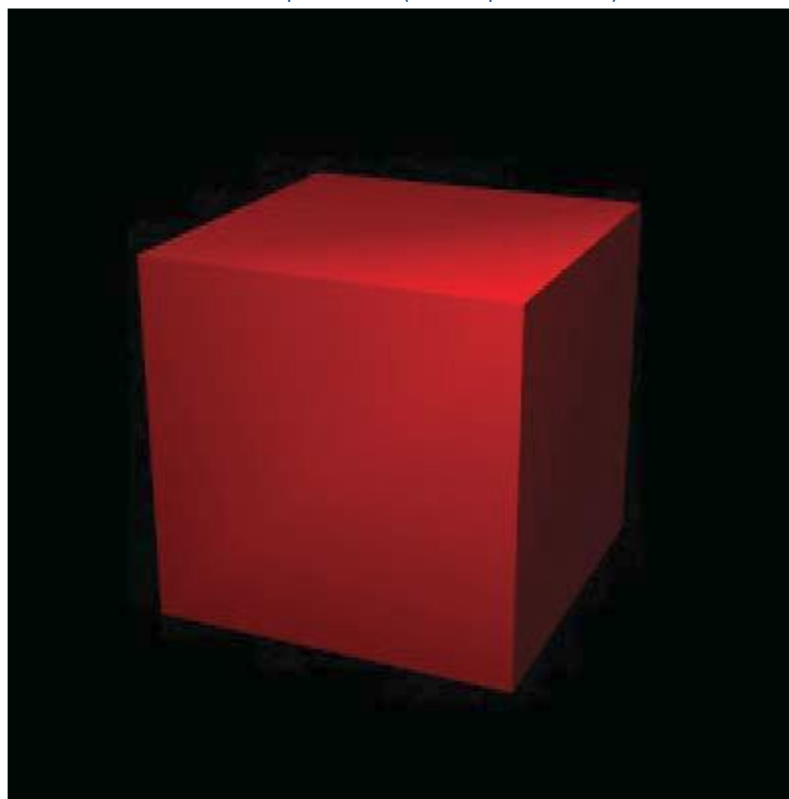


**Рис. 3.** Изображение тора, дающего зеркальное, диффузное и фоновое отражение

В формулу расчета освещения в вершине добавьте зеркальное отражение (рис. 3). Для нахождения координат вектора  $\mathbf{r}$  в языке шейдеров уже существует функция `reflect(-l, n)` в первый аргумент которой следует передать значение вектора падающего света (т.е. вектор:  $-\mathbf{l}$ ), а во второй – вектор нормали  $\mathbf{n}$ .

## Определение точечного источника света

### 8.7 Задание для самостоятельной работы (по вариантам)



**Рис. 4.** Освещение куба с помощью точечного источника света

**Вариант 1.** Вместо бесконечно удаленного источника света, задайте в программе параметры, описывающие точечный источник белого света в системе координат *наблюдения*, и передайте их в вершинный шейдер. Дополните формулы расчета отражений с использованием новых данных.

**Вариант 2.** Вместо бесконечно удаленного источника света, задайте в программе параметры, описывающие точечный источник белого света в *мировой* системе координат, и передайте их в вершинный шейдер. Дополните формулы расчета отражений с использованием новых данных.

## Радиальное затухание интенсивности

### 8.8 Задание для самостоятельной работы (необязательное)

Задайте в программе параметры, определяющие радиальное затухание интенсивности точечного источника света и передайте их в вершинный шейдер.

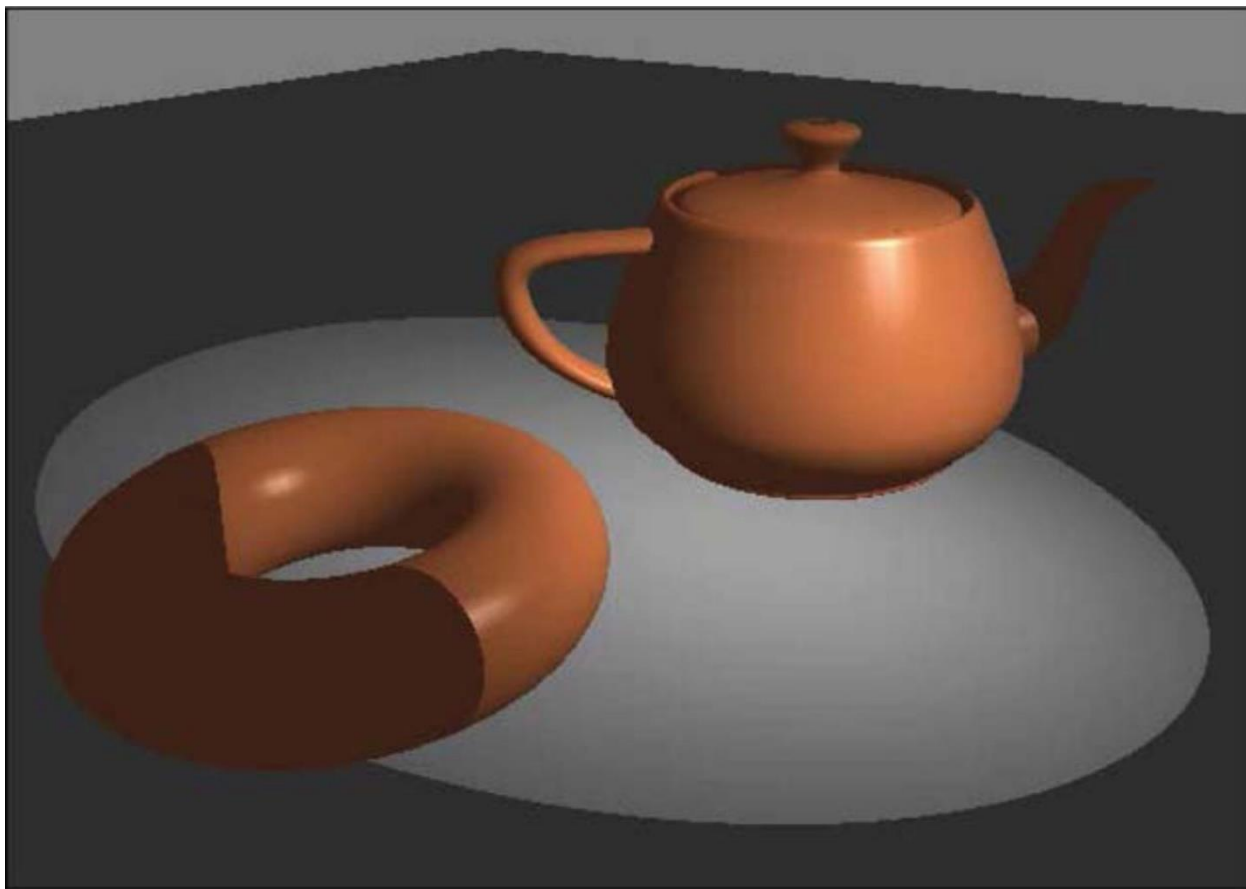
Нарисуйте еще одну такую же фигуру, переместив ее с помощью матрицы модели подальше от источника света по отношению к первой фигуре. Покажите различие в освещении этих фигур с использованием радиального затухания интенсивности и без него.

После демонстрации, радиальное затухание интенсивности и рисование второй фигуры можно отключить.

## Имитация узконаправленного источника света

### 8.9 Задание для самостоятельной работы (необязательное)

Задайте в программе параметры, определяющие угловое затухание интенсивности точечного источника света и передайте их в вершинный шейдер.

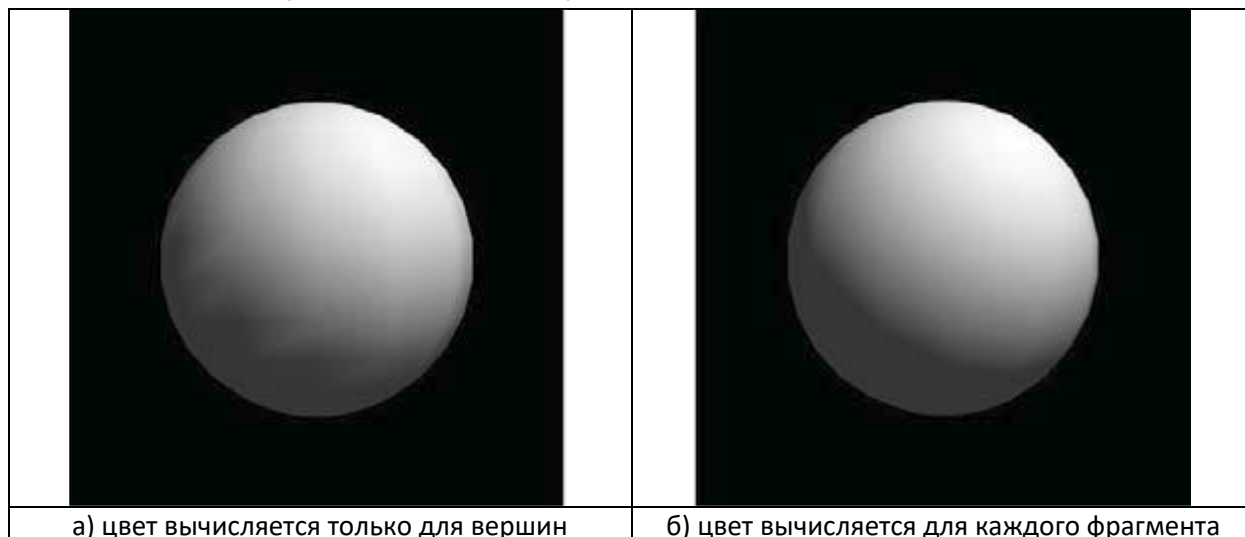


**Рис. 5.** Сцена, освещаемая единственным источником узконаправленного света

Реализуйте в вершинном шейдере угловое затухание интенсивности точечного источника света (имитация прожекторного эффекта как на рис. 5).

После демонстрации, угловое затухание интенсивности точечного источника света можно отключить.

## Реализация закраски по методу Фонга



**Рис. 6.** Сферы, освещаемые точечным источником света

Несмотря на неплохую реалистичность получаемых изображений (см. рис. 4 и 6-а), при ближайшем рассмотрении на них все же можно заметить некоторые недостатки: например, линия тени на поверхности куба выглядит недостаточно естественно (рис. 4). Эта неестественность будет более заметна, если поворачивать куб. На рис. 6-а граница между освещенной и неосвещенной частями также выглядит неестественной.

Этот недостаток обусловлен выполнением графической библиотекой интерполяции значений цвета вершин при расчетах цвета фрагментов. Однако, из-за того, что во всех фрагментах поверхности направление на источник света и на наблюдателя разное, для более естественного затенения цвет нужно вычислять для каждого фрагмента, а не только в вершинах.

Чтобы вычислить цвет для каждого фрагмента, необходимо знать местоположение фрагмента и направление нормали в позиции фрагмента. Для получения этих значений требуется их вычислять для вершин в вершинном шейдере и далее использовать стандартную процедуру интерполяции при передаче данных из вершинного шейдера во фрагментный.

### 8.10 Задание для самостоятельной работы

Перенесите передачу параметров источника света и отражательных свойств поверхности во фрагментный шейдер.

В вершинном шейдере вычислите координаты вершин и нормалей в них в той же самой системе координат, в которой задается положение источника света. Передайте их во фрагментный шейдер.

Перенесите все вычисления фонового, диффузного и зеркального отражений во фрагментный шейдер.

### 8.11 Задание для самостоятельной работы

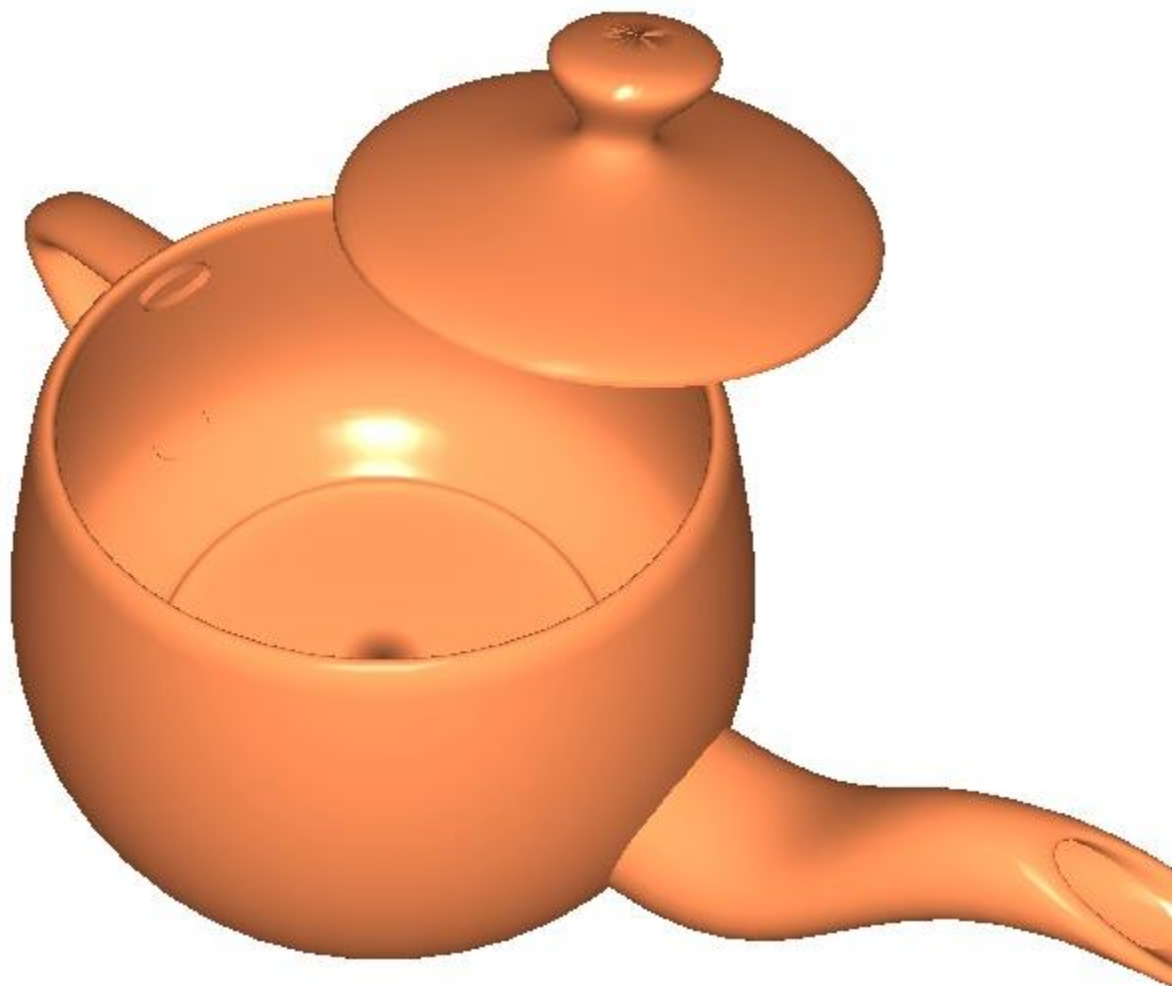
Оформите код вычисления фонового, диффузного и зеркального отражений в виде отдельной функции `vec3 phongModel(const in vec3 position, const in vec3 normal)`, принимающей на вход координаты точки и нормаль в ней. Остальные параметры можно брать из глобальной области видимости. Функция должна возвращать найденный цвет поверхности.



## Реализация двухстороннего отображения

### 8.12 Задание для самостоятельной работы (необязательное)

Создайте незамкнутую поверхность. Для этого выключите отображение одной из видимых граней куба или оснований у цилиндра или у конуса. В случае визуализации поверхности сферы или тора, отобразите только ее часть, например, половину по одной из угловых координат. Как отображается внутренняя часть поверхности?



**Рис. 7.** Двухстороннее освещение поверхности чайника из Юты

С помощью метода, приведенного на слайдах 31-32 лекции 11, реализуйте правильную закраску внутренней части поверхности.

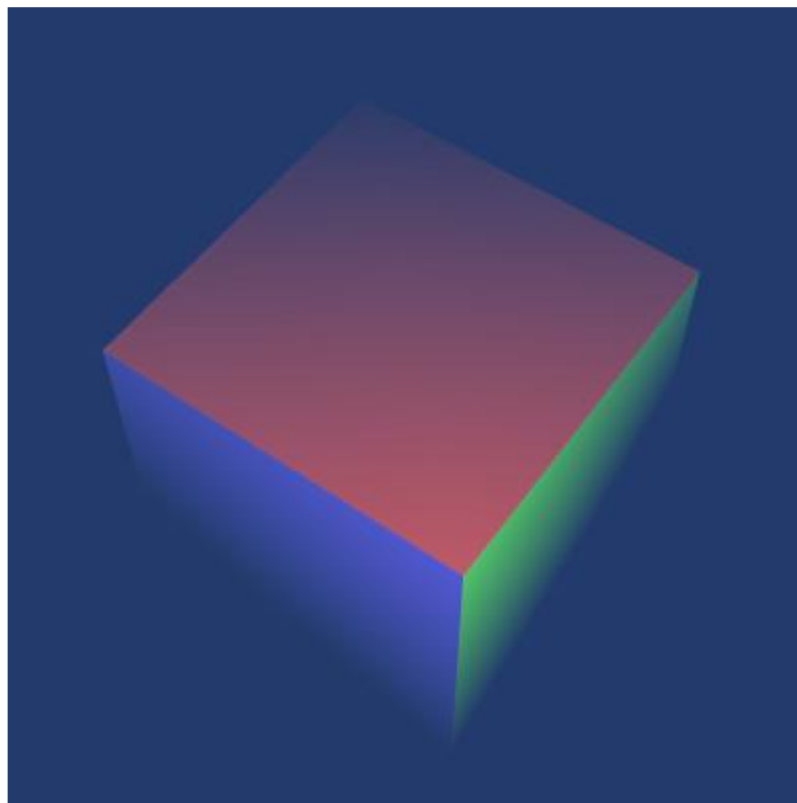
## Имитация тумана

### 8.13 Задание для самостоятельной работы (необязательное)

1. Выберите линейную функцию атмосферного поглощения. Задайте необходимые параметры и передайте их в шейдер, который рассчитывает освещение. С помощью умножения функции атмосферного поглощения на рассчитанное значение цвета фрагмента, осуществите имитацию тумана (рис. 8).

2. Выберите экспоненциальную линейную функцию атмосферного поглощения. Задайте необходимые параметры и передайте их в шейдер, который рассчитывает освещение. С помощью умножения функции атмосферного поглощения на рассчитанное значение цвета фрагмента, осуществите имитацию тумана (рис. 8).

3. Выберите экспоненциальную квадратичную функцию атмосферного поглощения. Задайте необходимые параметры и передайте их в шейдер, который рассчитывает освещение. С помощью умножения функции атмосферного поглощения на рассчитанное значение цвета фрагмента, осуществите имитацию тумана (рис. 8).



**Рис. 8.** Эффект тумана

#### 8.14 Задание для самостоятельной работы (необязательное)

Задайте цвет атмосферы, передайте это значение в шейдер, который рассчитывает освещение.

По формуле (17) лекции 11 осуществите имитацию не полностью прозрачной (цветной) атмосферы.

## Дополнительная литература



Вольф Д. OpenGL 4. Язык шейдеров. Книга рецептов. М.: ДМК Пресс, 2015. 368 с.

<https://e.lanbook.com/reader/book/73071/#1>

(ссылка доступна из внутренней сети МГТУ им. Н.Э. Баумана)