

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Алгоритмы компьютерной графики

Отчет по лабораторной работе №4

Выполнил:
Козлов Василий Сергеевич
Р3315

Проверил:
Меженин Александр Владимирович

Санкт-Петербург, 8 ноября 2025

Содержание

1	Задание	2
2	Описание алгоритма	3
2.1	Определение точек на сфере	3
2.2	Расчет нормали и векторов	3
2.3	Расчет компонент яркости по модели Блинн-Фонга	3
2.4	Формирование изображения	3
2.5	Расчет яркости в заданных точках	3
3	Результаты	5
4	Выводы	6

1 Задание

Исходные данные: Система координат, точечные источники света с Ламбертовской диаграммой излучения, прямоугольный экран, координаты наблюдателя, координаты центра сферы и ее радиус, свойства поверхности сферы (согласно модели Блинн-Фонга).

Цель работы: Овладеть навыками расчета и визуализации распределения яркости на диффузной сфере, освещенной точечными источниками света.

Задачи:

- Провести расчет распределения яркости на сфере в пределах заданной области.

Рекомендуемые пределы значений параметров для расчета:

- Размер прямоугольного экрана по высоте (H) и ширине (W) варьируются в диапазоне от 100 до 10000 миллиметров.
- Разрешение изображения по высоте (H_{res}) и ширине (W_{res}) варьируются в диапазоне от 200 до 800 пикселей. Разрешение должно обеспечивать квадратные пиксели.
- Координаты источников света (x_{Li} , y_{Li} , z_{Li}) [мм] по осям X и Y $X \pm 10000$, по оси Z от 100 до 10000.
- Координаты наблюдателя: $(0, 0, z_O)$ [мм].
- Координаты центра сферы (x_C , y_C , z_C) [мм] по осям X и Y ± 10000 , по оси Z от 100 до 10000. Сфера должна целиком помещаться в область видимости.
- Сила излучения I_0 варьируется от 0.01 до 10000 Вт/ср.
- Параметры модели Блинн-Фонга. Выбираются так, чтобы на изображении был виден ярко выраженный пик.
- Написать приложение на Python, формирующее изображение рассчитанного распределения яркости для заданного разрешения с нормировкой (0-255) на максимальное значение яркости.
- Записать сформированное изображение в файл.
- Визуализировать изображение на мониторе.

2 Описание алгоритма

Алгоритм расчета распределения яркости на сфере основан на модели освещения Блинн-Фонга. Расчет проводится для проекции сферы на прямоугольный экран в системе координат, где экран расположен в плоскости $z=0$, наблюдатель находится в точке $(0, 0, zO)$, центр сферы — в (xC, yC, zC) с радиусом R . Источники света заданы координатами (xL, yL, zL) и интенсивностью I_0 (Вт/ср). Параметры модели: коэффициенты диффузного отражения k_diff , зеркального отражения k_spec и показатель блеска $shininess$.

2.1 Определение точек на сфере

Для каждого пикселя экрана с координатами (x, y) в миллиметрах (x от $-W/2$ до $W/2$, y от $-H/2$ до $H/2$, дискретизированные по разрешению $Wres \times Hres$) проверяется принадлежность проекции к сфере в ортографической проекции:

Рассчитывается смещение $dx = x - xC$, $dy = y - yC$.

Если $dx^2 + dy^2 > R^2$, то точка не лежит на сфере, яркость равна 0.

Иначе рассчитывается координата z сферы: $z = zC + \sqrt{R^2 - dx^2 - dy^2}$.

Точка на сфере $P = (x, y, z)$.

2.2 Расчет нормали и векторов

Нормаль N в точке P рассчитывается как:

$$N = \left(\frac{x-xC}{R}, \frac{y-yC}{R}, \frac{z-zC}{R} \right).$$

Вектор взгляда V от точки P к наблюдателю: $V = (0 - x, 0 - y, zO - z)$, нормализованный делением на его длину $|V|$.

Для каждого источника света рассчитывается:

Вектор L от P к источнику: $L = (xL - x, yL - y, zL - z)$, нормализованный $L_{dir} = \frac{L}{|L|}$.

Полувектор $H = \frac{L_{dir} + V}{|L_{dir} + V|}$.

2.3 Расчет компонент яркости по модели Блинн-Фонга

Диффузная компонента: $diff = \max(0, N \cdot L_{dir})$, где \cdot — скалярное произведение.

Зеркальная компонента: $spec = \max(0, N \cdot H)^{shininess}$.

Яркость от одного источника: $I_0 \cdot (k_{diff} \cdot diff + k_{spec} \cdot spec)$.

Общая яркость I в точке — сумма по всем источникам.

Если точка не на сфере, $I = 0$.

2.4 Формирование изображения

Массив яркостей нормализуется: значение пикселя = $\frac{I}{I_{max}} \cdot 255$, где I_{max} — максимальная яркость на сфере. Результат преобразуется в целочисленный тип от 0 до 255 для градаций серого.

Изображение сохраняется в файл формата PNG.

2.5 Расчет яркости в заданных точках

Для заданных точек на экране (x, y) в мм рассчитывается соответствующий индекс пикселя:

$$u = \text{round}((x + W/2) / W) * (Wres - 1)$$

$$v = \text{round}((H/2 - y) / H) * (Hres - 1)$$

Если индекс в пределах и яркость > 0 , возвращается абсолютное значение I , иначе — сообщение об ошибке.

3 Результаты

Расчет проведен для следующих параметров:

- $H = 500$ мм, $W = 500$ мм
- $H_{res} = 360$ пикс, $W_{res} = 360$ пикс
- $I_0 = 10$ Вт/ср
- $k_{diff} = 0.8$, $k_{spec} = 0.5$, $shininess = 20$
- Источник света: $(2000, 0, 2000)$ мм
- Центр сферы: $(0, 0, 1000)$ мм, радиус $R = 300$ мм
- Положение наблюдателя: $z_O = 1500$ мм

Максимальная яркость на сфере: 11.7475 Вт/ср

Минимальная яркость на сфере (ненулевая): $1e-45$ Вт/ср (учитывая числовую точность, минимальное значимое значение близко к нулю на границах)

Расчетные значения яркости в трех точках на экране (соответствующих точкам на сфере):

- Точка P1 $(0.0, 0.0)$ мм: 2.7488 Вт/ср
- Точка P2 $(150.0, 0.0)$ мм: 11.0240 Вт/ср
- Точка P3 $(-150.0, 0.0)$ мм: $1.1835e-07$ Вт/ср

Результирующее изображение (нормализованное распределение яркости):

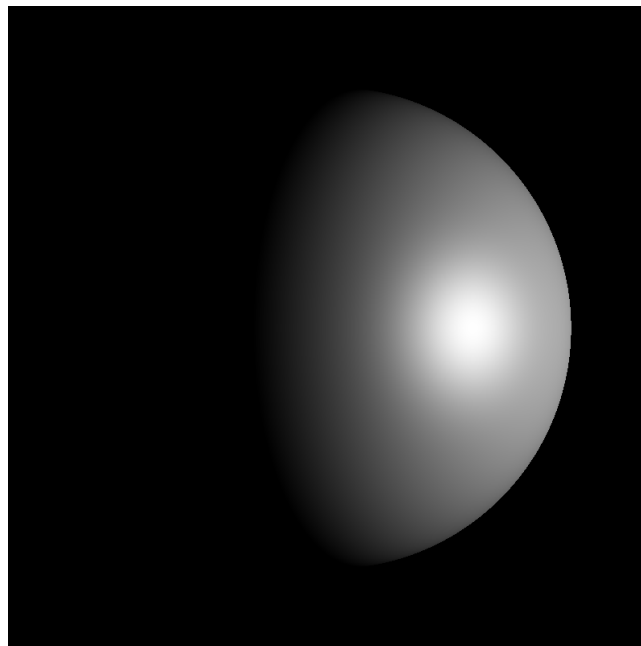


Рис. 1: Распределение яркости на сфере

4 Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы был разработан алгоритм расчета распределения яркости на сфере, освещенной точечными источниками света, на основе модели Блинн-Фонга. Алгоритм позволяет определять точки на сфере, рассчитывать нормали и вектора, а также компоненты диффузного и зеркального отражения без учета затухания с расстоянием.

Полученные результаты демонстрируют градиент яркости от максимума в области, близкой к источнику света и блику, до минимума на противоположной стороне. Максимум яркости соответствует области с сильным зеркальным отражением, а минимум — затененным участкам.

Работа позволила овладеть принципами расчета освещения в компьютерной графике, пониманием модели Блинн-Фонга и методами проекции объектов на экран.