

# **Вычислительная геометрия и алгоритмы компьютерной графики**

## **Лекция №5**

Рябинин Константин Валентинович

e-mail: [kostya.ryabinin@gmail.com](mailto:kostya.ryabinin@gmail.com)

Пермь, 2015

**Источник света – это объект или псевдообъект в трёхмерном пространстве, характеризующий положение и свойства осветителя**

**Модель освещения – конкретная схема определения интенсивности отражённого к наблюдателю света в каждой точке изображения**

**Виды моделей освещения:**

- Локальные – во внимание принимается только свет, падающий на поверхность объекта от источников**
- Глобальные – во внимание принимается свет, падающий на поверхность объекта от источников и отражённый от других объектов сцены**

**Критерий качества** модели освещения – не физическая точность, а **визуальный эффект**

Любая модель освещения должна учитывать кривизну поверхности. Учёт происходит при помощи **нормалей**

→ Чаще всего (в частности, в OpenGL) нормали задаются **в вершинах** поверхности

**Материал** – совокупность визуальных свойств поверхности

Модель освещения характеризуется:

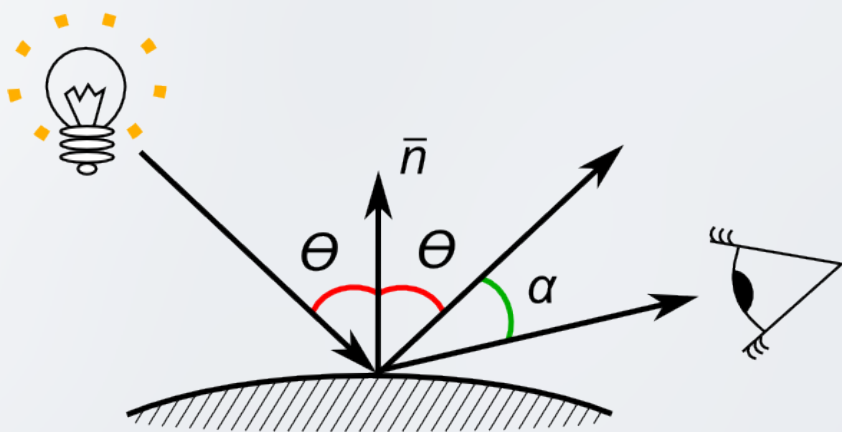
- Допустимыми свойствами источника света
- Допустимыми свойствами материала объекта
- Алгоритмом вычисления интенсивности отражённого к наблюдателю света

Все модели освещения, описанные в спецификации OpenGL, являются **локальными**, хотя и содержат средства учёта окружающего освещения

## Важные понятия модели освещения в OpenGL:

(являются важными в большинстве существующих простых моделей)

- Диффузное освещение (diffuse) – свет от источника, равномерно рассеянный поверхностью во всех направлениях (матовая поверхность)
- Зеркальный блик (specular) – свет от источника, отражённый от поверхности в конкретном направлении (зеркальная поверхность; конкретным является направление по оси зрения наблюдателя)
- Окружающее освещение (ambient) – свет «отражённый от окружающей обстановки», равномерно рассеянный поверхностью во всех направлениях
- Ослабевание света (attenuation) – уменьшение интенсивности света по мере удаления от источника



$$I = I_a \cdot K_a + \frac{I_d \cdot K_d \cdot \cos \theta + I_s \cdot K_s \cdot \cos^N \alpha}{C_s + C_l \cdot D + C_n \cdot D^2}$$

$I$  — итоговый цвет

$I_a$  — цвет окружающей подсветки источника света

$K_a$  — цвет окружающей подсветки материала

$I_d$  — цвет диффузного освещения источника света

$K_d$  — цвет диффузного освещения материала

$I_s$  — цвет зеркального блика источника света

$K_s$  — цвет зеркального блика материала

$N$  — показатель величины блика

$C_c$  — константное затухание

$C_l$  — коэффициент линейное затухание

$C_n$  — коэффициент квадратичного затухания

$D$  — расстояние от источника света до точки поверхности

## Основные функции работы с освещением:

- **Установка модели освещения**

`glLightModelfv(GLenum pname, const GLfloat *params)`

- **Установка параметров источника света**

`glLightfv(GLenum light, GLenum pname, const GLfloat *params)`

- **Установка параметров материала**

`glMaterialfv(GLenum face, GLenum pname, const GLfloat *params)`

- **Активация источника света**

`glEnable(GL_LIGHTING)`

`glEnable(GL_LIGHT0)` // Максимум 8 источников!

- **Задание нормали в вершине**

// `glEnable(GL_NORMALIZE);`

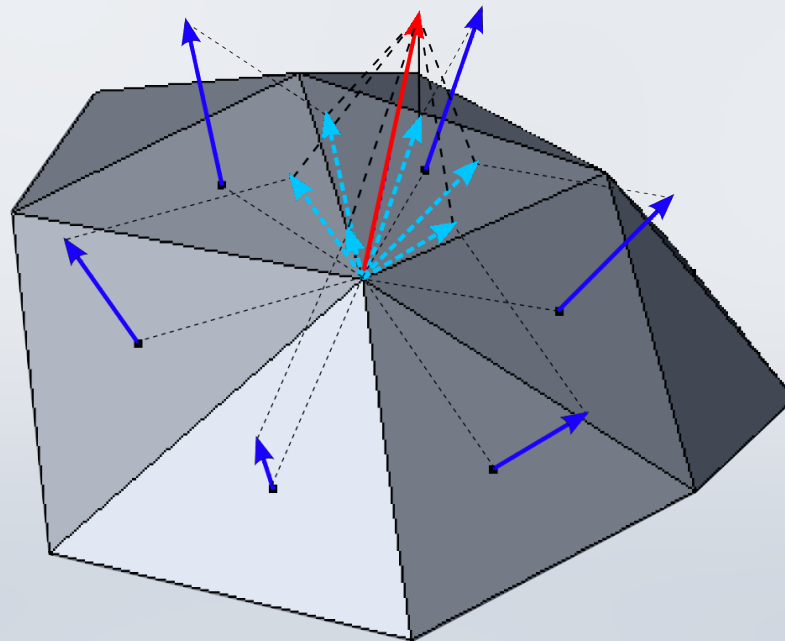
`glNormal3f(GLfloat nx, GLfloat ny, GLfloat nz)`

- **Установка способа закраски полигонов**

`glShadeModel(GLenum mode)` // `mode = GL_SMOOTH | GL_FLAT`

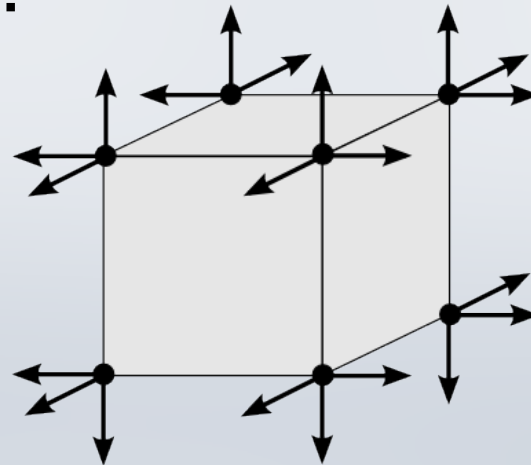
- **Плоская закрашка** – полигон закрашивается цветом, являющимся средним арифметическим цветов в его вершинах
- **Закрашка Гуро** – цвет в каждой точке полигона есть результат билинейной интерполяции цвета вдоль сканирующей строки
- **Закрашка Фонга** – цвет в каждой точке полигона перевычисляется на основе нормали, полученной билинейной интерполяцией вдоль сканирующей строки

- Если поверхность объекта задаётся **аналитически**, вектор нормали в каждой вершине является **градиентом** порождающей функции
- Если поверхность объекта задаётся множеством наперёд заданных многоугольников, у которых известны только координаты вершин, наиболее правильным способом вычисления нормали в каждой вершине является среднее арифметическое нормалей к многоугольникам, смежным с данной вершиной (**алгоритм сглаживающих групп**)






- В результате вычисления нормалей по алгоритму сглаживающих групп, светотень по поверхности распространяется плавно (что вызывает эффект гладкой поверхности)
- Данный эффект не всегда является желательным: иногда следует вывести «гранёную» поверхность
- Для этого может быть использована «плоская» закрашка (flat shading), но её использование не всегда возможно (в новых версиях OpenGL она не поддерживается)
- В этом случае необходимо дублировать данные о нормалях в вершинах:



- Нормаль принято задавать направлением (вектором)
- Перед расчётом освещённости, нормаль необходимо нормировать
- В процессе применения преобразований вершин, перпендикулярность этого направления плоскости грани, которой инцидентна вершина с данной нормалью, может быть нарушена
- При проецировании на плоскость экрана перпендикулярность нарушится в любом случае
- Для решения этих проблем:
  - Расчёт освещённости делают для вершины, только лишь размещённой на сцене, но ещё не спроектированной на экран (то есть трансформированной только матрицей `ModelView`)
  - Трансформацию нормали производят не матрицей `ModelView`, а особой матрицей, которая является инверсно-транспонированным первым главным минором 3-го порядка матрицы `ModelView`


$$\begin{pmatrix} m_0 & m_4 & m_8 & m_{12} \\ m_1 & m_5 & m_9 & m_{13} \\ m_2 & m_6 & m_{10} & m_{14} \\ m_3 & m_7 & m_{11} & m_{15} \end{pmatrix}$$
$$N = \left( \begin{pmatrix} m_0 & m_4 & m_8 \\ m_1 & m_5 & m_9 \\ m_2 & m_6 & m_{10} \end{pmatrix}^{-1} \right)^T$$
$$n' = N \cdot n$$