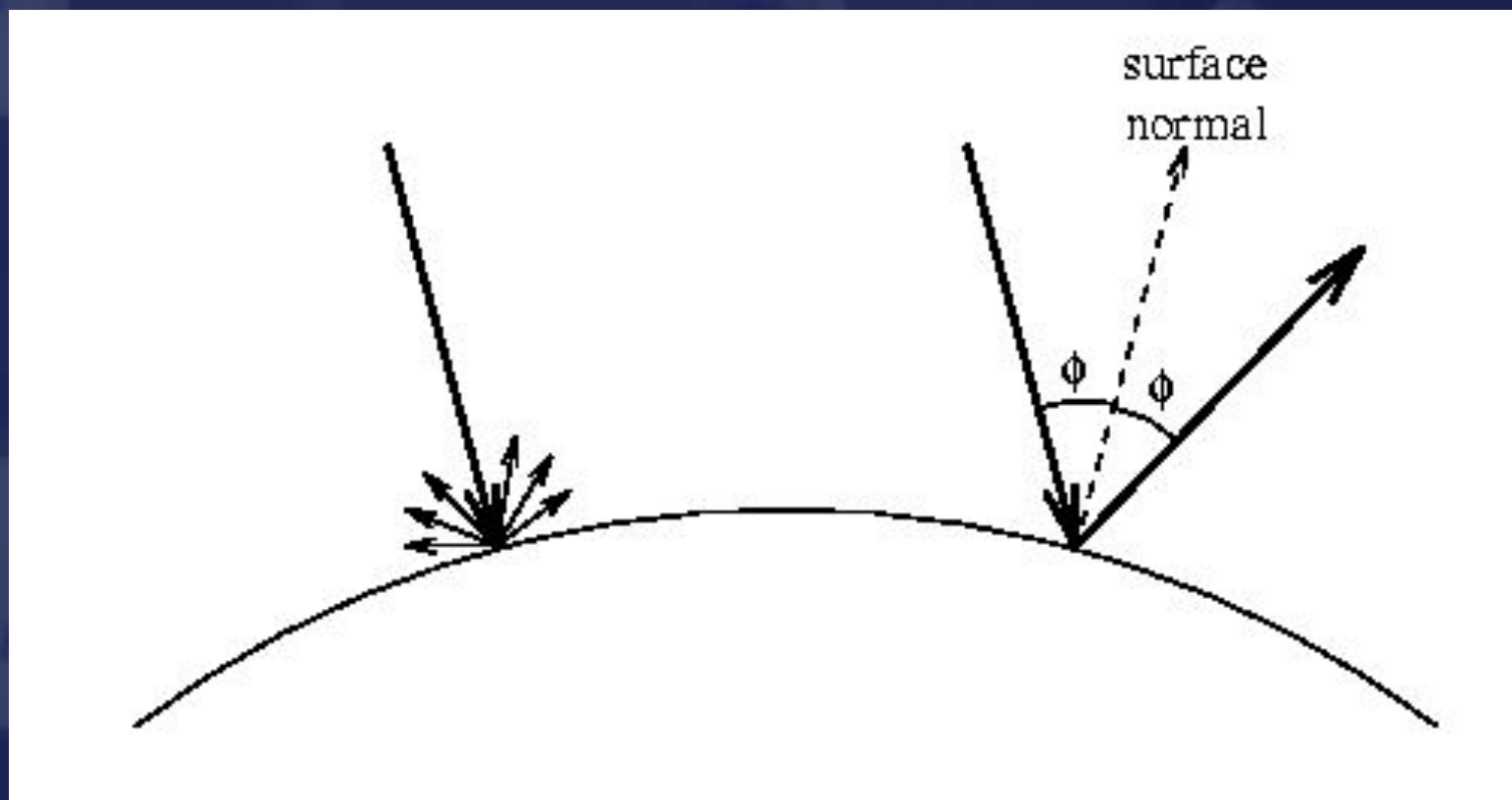


# Освещение и текстурирование в OpenGL

## Лекция 10

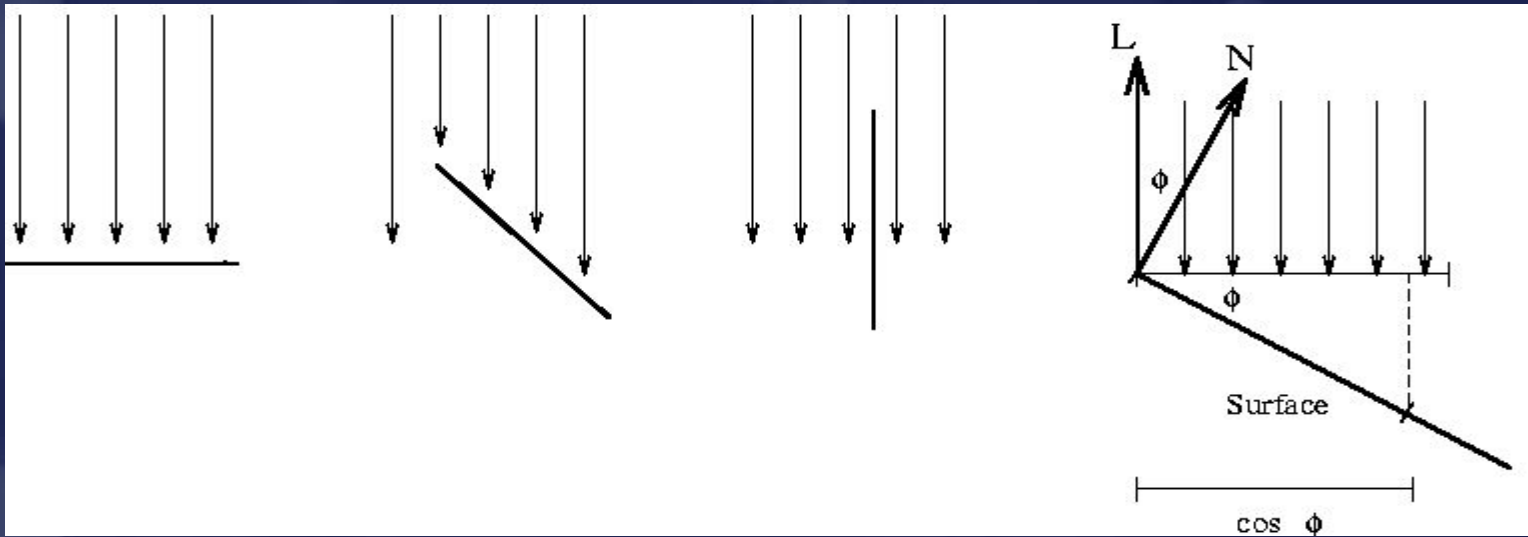
Астана 2004

# Диффузное и зеркальное отражение



# Диффузное отражение

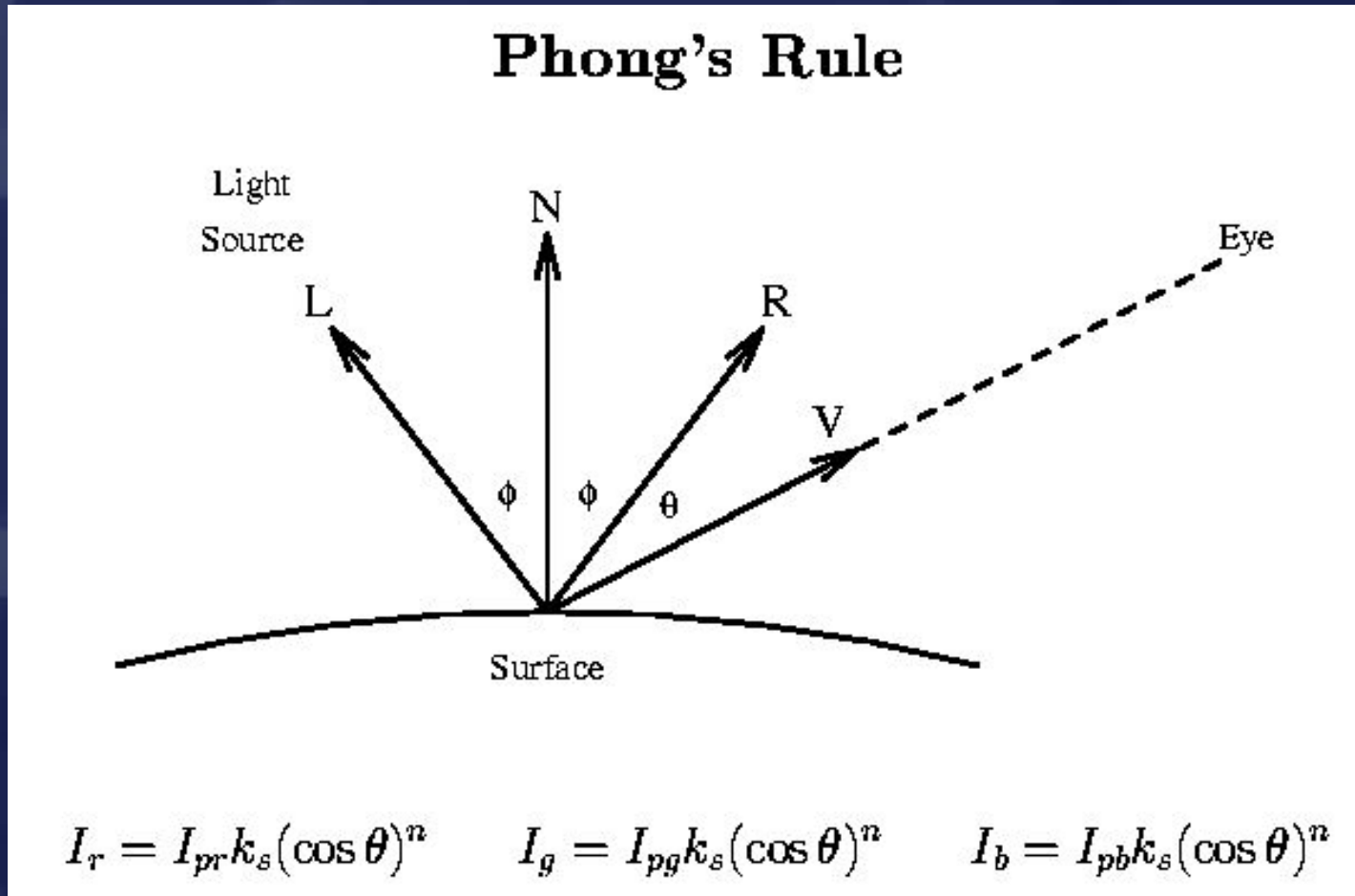
- Интенсивность освещения рассчитывается отдельно для каждой компонент R, G и B.



$$I_r = k_{dr} \frac{I_{pr}}{d} \cos \phi \quad I_g = k_{dg} \frac{I_{pg}}{d} \cos \phi \quad I_b = k_{db} \frac{I_{pb}}{d} \cos \phi$$

# Зеркальное отражение

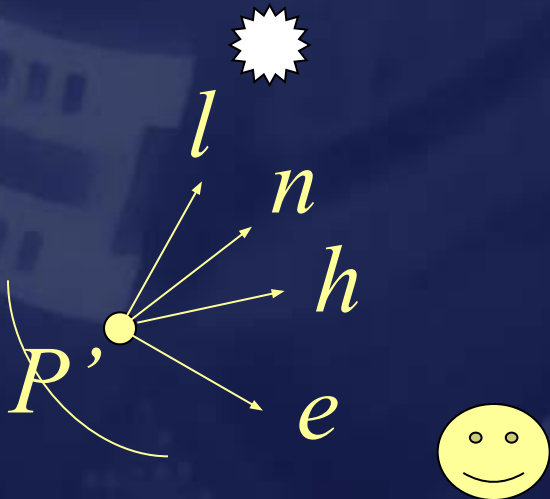
- Зеркальное отражение рассчитывается по закону Фонга



# Уравнение освещенности

$$I = a_m a_l + d_m d_l (n \cdot l) + s_m s_l (n \cdot h)^{h_s}$$

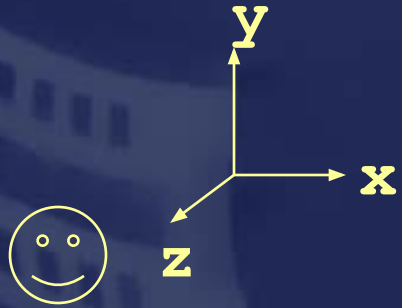
- ❑ Фоновое освещение не имеет источника и зависит только от сцены
- ❑ При диффузном освещении свет от источника равномерно рассеивается во всех направлениях.
- ❑ При зеркальном освещении свет от источника отражается от поверхности в одном направлении. Зеркальная освещенность дополнительно зависит от положения наблюдателя.



$$(a \cdot b) = \begin{cases} (a, b), & (a, b) \geq 0 \\ 0, & (a, b) < 0 \end{cases}$$

$$h = \frac{l + e}{\|l + e\|}$$

# Рисуем тор

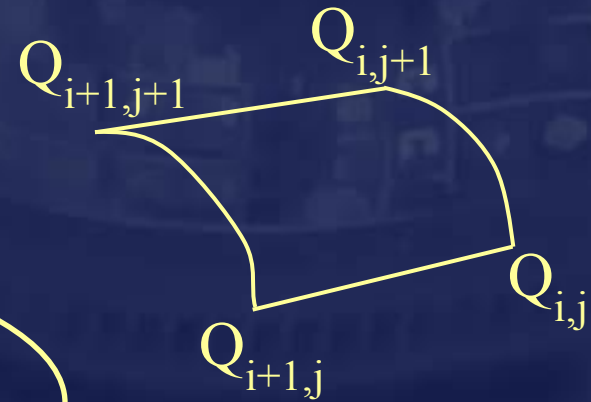
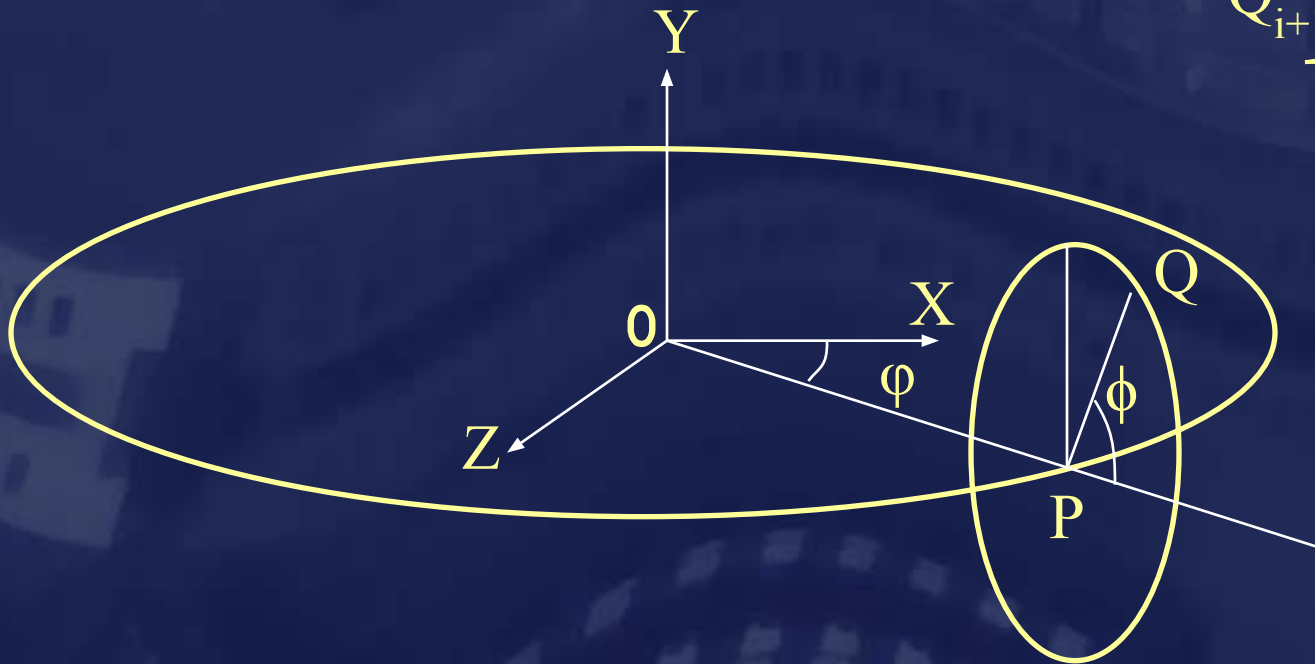


$$P(\phi) = (R_1 \cos \phi, 0, R_1 \sin \phi)$$

$$\bar{n}(\phi, \varphi) = (\cos \phi \cos \varphi, \sin \varphi, \sin \phi \cos \varphi)$$

$$Q(\phi, \varphi) = P(\phi) + R_2 \bar{n}(\phi, \varphi)$$

$$\phi, \varphi \in [0, 2\pi]$$



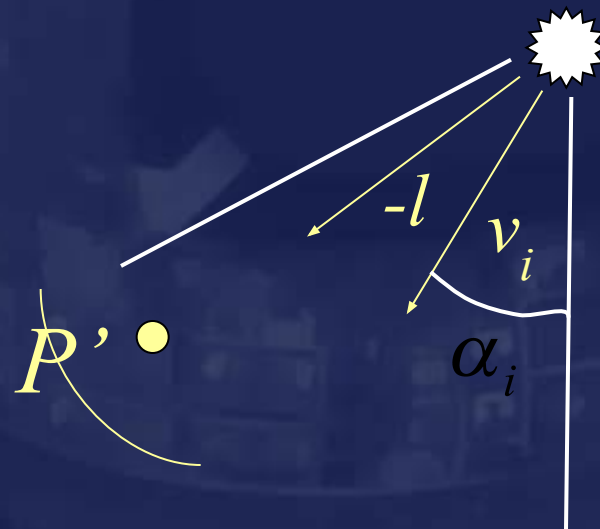
$$Q_{i,j} = Q(2\pi i / N_1, 2\pi j / N_2), i = 0, 1, \dots, N_1, j = 0, 1, \dots, N_2.$$

# Уравнение освещенности OpenGL

$$c = e_m + a_m a_s + \sum_{i=0}^{n-1} att_i \cdot spot_i \cdot (a_m a_i + d_m d_i (n \boxtimes l) + s_m s_i (n \boxtimes h)^{h_m})$$

$$att_i = \frac{1}{k_{c,i} + k_{l,i} r + k_{q,i} r^2},$$

$$spot_i = \begin{cases} 1, \alpha_i = \pi, \\ 0, (v_i, -l) < \cos(\alpha_i), \\ (v_i, -l), (v_i, -l) \geq \cos(\alpha_i). \end{cases}$$



$spot_i$  – коэффициент направленности

$att_i$  – коэффициент затухания

$a_s$  – фоновое освещение

$a_i, s_i, d_i$  – свойства  $i$ -го источника освещения

$e_m, a_m, s_m, d_m, h_m$  – свойства материала

# Установка параметров освещения в OpenGL

- Задаем параметры материала:

```
void glMaterialfv(GLenum face, GLenum param, GLfloat *value);  
    face = {GL_FRONT|GL_BACK}  
    param = {GL_AMBIENT|GL_DIFFUSE|GL_EMISSIVE|GL_SPECULAR}  
    value = float[4] // RGBA  
  
void glMaterialf(GLenum face, GL_SHININESS, GLfloat value);
```

- Задаем цвет фонового освещения:

```
void glLightModelfv(GLenum param, GLfloat *value);  
    param = LIGHT_MODEL_AMBIENT  
    value = float[4] // RGBA
```

- Задаем цвет источника освещения:

```
void glLightfv(GLenum light, GLenum param, GLfloat *value);  
    face = {GL_LIGHT0|GL_LIGHT1|...}  
    param = {GL_AMBIENT|GL_DIFFUSE|GL_SPECULAR}  
    value = float[4] // RGBA
```



# Установка параметров освещения. Часть 2.

- Задаем положение источника освещения:

```
void glLightfv(GLenum light, GL_POSITION, GLfloat *value);  
face = {GL_LIGHT0|GL_LIGHT1|...}  
value = float[4] // x,y,z,w
```

Координаты источника освещения преобразуются текущей матрицей модельного преобразования!

- Включаем расчет освещенности

```
void glEnable(GLenum type); type = GL_LIGHTING;
```

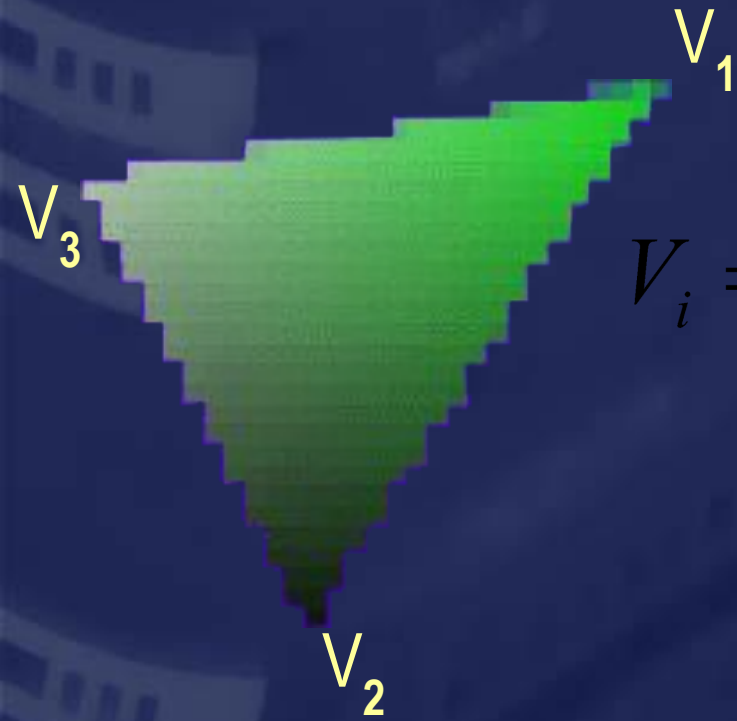
- Включаем требуемые источники освещения

```
void glEnable(GLenum type); type = GL_LIGHT0;
```

- Включаем требуемые источники освещения

```
void glShadeModel(GLenum type);  
type = GL_FLAT; - плоская закраска грани  
type = GL_SMOOTH - закраска по Гуро
```

# Растреризация



$$V_i = \{x_i, y_i, z_i, RGBA_i, \dots\}, i = 1, 2, 3$$

- Интерполяция координаты  $z$

$$z(x, y) = L(x, y, z_i)$$

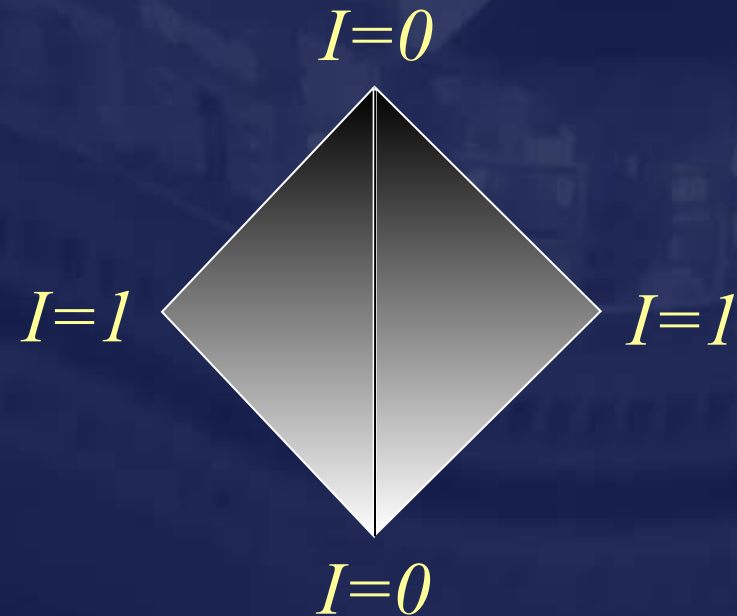
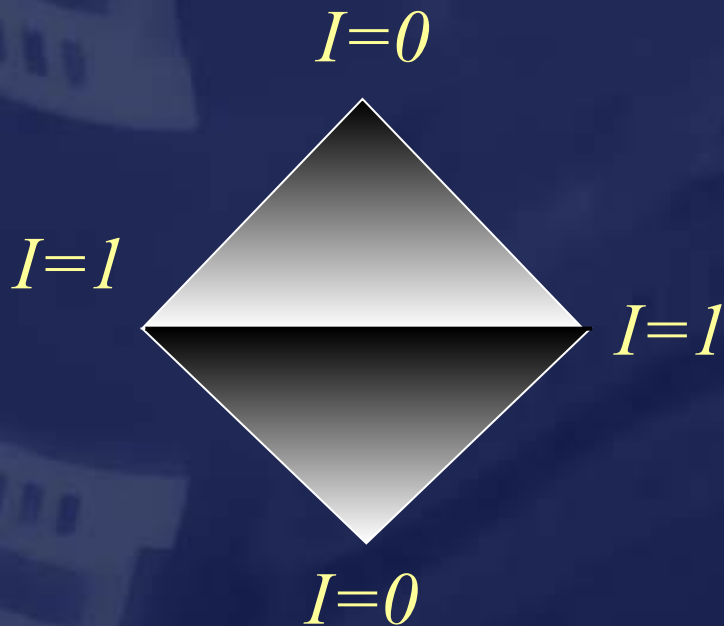
- Интерполяция цвета вдоль примитива - закраска по Гуро

$$RGBA(x, y) = L(x, y, RGBA_i)$$

- Интерполяция цвета вдоль примитива - закраска по Фонгу

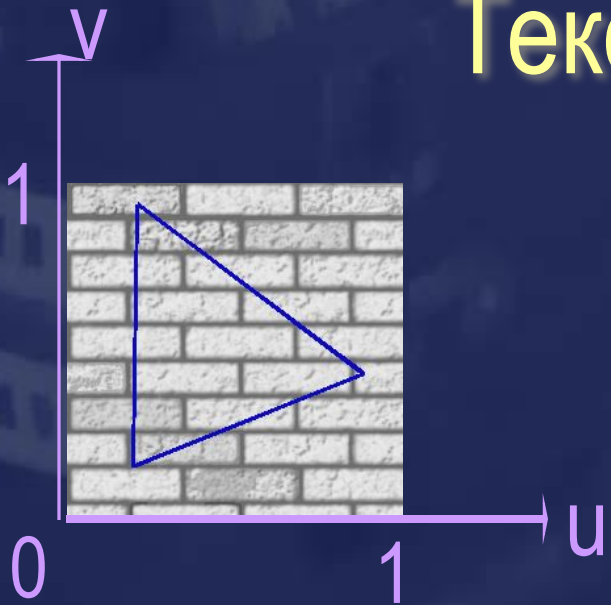
# Фонг и Гуро - ошибки интерполяции

- Освещенность зависит от способа разбиения на примитивы



- Поле нормалей лучше задавать в виде текстуры!

# Текстурирование



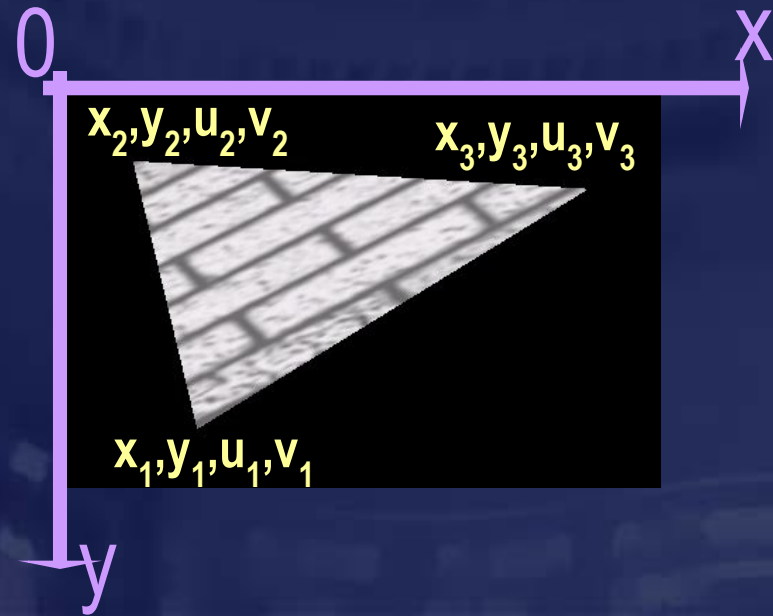
$$V_i = \{P_i, n_i, u_i, v_i, \dots\}, i = 1, 2, 3$$

$$V_i' = \{x_i, y_i, u_i, v_i, \dots\}, i = 1, 2, 3$$

“Перспективное” текстурирование:

$$u(x, y) = \frac{Ax + By + C}{Px + Qy + R}$$

$$v(x, y) = \frac{Dx + Ey + F}{Px + Qy + R}$$



# Текстурирование в OpenGL

- Создаем текстуру - прямоугольный массив с цветами пикселей. Высота и ширина должны быть степенями двойки.

$RGB_{00}$	$RGB_{10}$	...	$RGB_{N0}$
$RGB_{01}$	$RGB_{11}$	...	$RGB_{N1}$
...	...	...	...
$RGB_{0M}$	$RGB_{1M}$	...	$RGB_{NM}$

$$N = 2^n - 1,$$

$$M = 2^m - 1.$$

- Получаем номер текстурного объекта

```
GLuint texture;  
glGenTextures(1, &texture);
```

- Активизируем текстурный объект

```
glBindTexture(texture);
```

# Текстурирование в OpenGL: часть 2

## ❑ Загружаем текстуру

```
glPixelStorei(GL_UNPACK_ALIGNMENT,1);
glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D,
             0, // Mip-level
             GL_RGB, // Формат текстуры
             tex_width, tex_height,
             0, // Ширина границы
             GL_RGB, // Формат исходных данных
             GL_UNSIGNED_BYTE, // Тип данных
             tex_bits); // Исходные данные
```

## ❑ Устанавливаем режимы текстурирования

```
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D,
                 GL_TEXTURE_WRAP_S, GL_REPEAT);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D,
                 GL_TEXTURE_WRAP_T, GL_REPEAT);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D,
                 GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D,
                 GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);
```

# Текстурирование в OpenGL: часть 3

- ❑ Разрешаем текстурирования

```
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
```

- ❑ Задаем текстурные координаты

```
glTexCoord2d(u, v);
```

- ❑ Возможно, потребуется включить режим перспективного текстурирования

```
glHint(GL_PERSPECTIVE_CORRECTION_HINT, GL_NICEST);
```

- ❑ Возвращаем номер текстурного объекта в список свободных

```
glDeleteTextures(1, &texture);
```