

# Модель освещения и метод визуализации

Получение  
→ реального  
→ изображения

Для получения реалистичного изображения необходимо

- 1) преобразование (трансформации)
- 2) отсечение
- 3) проецирование
- 4) установка освещ. и <sup>св. в. поверхности</sup> закрасивание поверхностей / <sup>предмет.</sup> выч. из сцены

Остается определить каким цветом закрасивать их сцену

- 1) алгоритм интерполяции (развертки, значения опред. на границе)
- 2) алгоритм освещения. (цвет опред. <sup>зад.</sup> количеством света)

Модель освещения → <sup>определяет</sup> интенсивность в каждой точке

Визуализ. поверхности → принцип пос. освещен. для <sup>определения</sup> кол. света в кажд. точке

для Рого реалистичности требуется <sup>формы</sup> → <sup>координаты</sup>

- 1) задать св. в. поверхности (~~формулы~~)
- 2) задать параметры освещения (~~интенсивность света~~)

Параметры освещения:

- |   |  |
|---|--|
| 1) отражение <sup>зеркальное</sup> (прямое) | физика (физиология)<br><u>свет</u> - микрочаст. энергия<br>человеческое зрение<br>объект → картинка. |
| 2) прозрачность <sup>диффузное</sup>        |  |
| 3) <u>текстура</u> поверхности              |  |
| 4) <u>глитч</u>                             |  |

поверхности

Объект → св. в. материала (прозрачность, блеск или матовое, <sup>гладкое</sup> <sup>шероховатое</sup>)  
→ количество других объектов (и их св. в.)  
→ количество источников освещения (и их св. в.) <sup>интенсивность</sup> <sup>форма</sup> <sup>полож.</sup> <sup>цвет</sup>

Модель освещения

Аппроксимация законов физики, описыв. процессы освещения поверхности

Упрощение достигается использованием эмпирических моделей

Эмпирические модели:

- 1) алгоритм диффузного отражения
- 2)

# Источники св-ва (ис) - $\Phi$

ис - в объеме излучения энергии (может также быть безом: каноника)  
 св-ва (параметры):

	механик	отража оснований	ис каноника св-ва	излуча ющая
1) положение	+	-	+	+
2) цвет излучаемого св-ва	+	+	+	+
3) направление излучения	-	+	+	+
(I; II) 4) группа излучения	показатель преломления	д.ч. ис св-ва	нет напр св-ва	IV
extra 5) отражающее св-ва	+	-	+	+

## I Точный ис

- 1) положение
- 2) цвет излуч. св-ва
- 3)



Особенности применения

- 1) когда расстояние между не движущимися телами
- 2) определить какин

## II Бесконечно малый ис

- необходимо
- 1) выбор направления
  - 2) цвет излучения

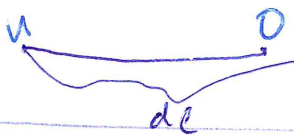


Особенности:

объем расстояний очень мал

## Радикальное закругление

Амплитуда закругления  $f(d) = \frac{1}{d^2}$



$$f(d) = \frac{1}{d^2}$$

Особенности

- 1) итак будет возгашено, что расстояние между телами равно нулю от ис

Для точных излучений (ср. на радикальное закругление)

$$f(d) = \frac{1}{a_0 + a_1 d + a_2 d^2}$$

Для бесконечно малых ис

$$f(d) = 1$$

$a_i, i=0,2$

зависит от расстояния между телами и ис в целом



# Факторы освещения поверхности

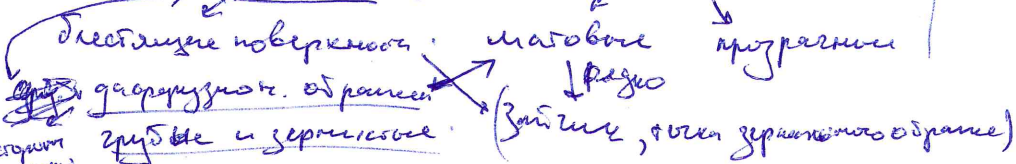
Важн. св-ва:

- 1) степень прозрачности;
- 2) коэффициенты отражения поверхности;
- 3) параметры фактуры.

Определение цвета объекта только по свету, пришедшему из источника

## 2) отражение/поглощение

свет отражается, свет поглощается



необходимо учитывать фоновое освещение  $\Sigma k_s^2 + (k_{s0}^2 + \dots)$

## отражение/поглощение

отражение

диффузное отражение

св

отражение

поглощение

Зеркальное

диффузное

зеркальн

блестящая поверхность

блестящая

гладкая, зеркальная

матовая

прозрачная

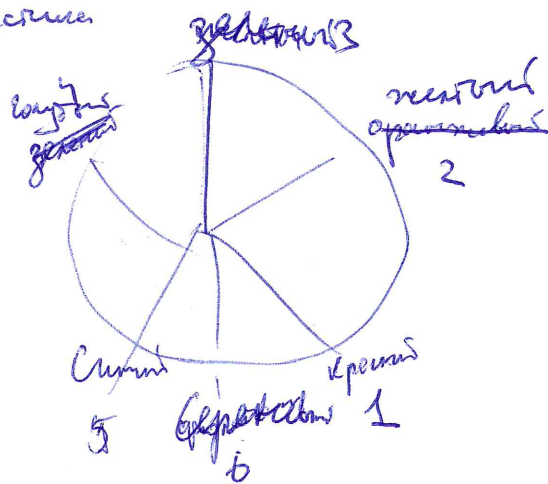
тип поверхности

поверхность

поверхность

поверхность

поверхность



## Восприятие цветов

- аналогичные оттенки 2, 3, 4
- монотонные 3
- триадные 3, 5, 1 - акцент
- тетрадные 2, 4, 5, 1
- акцентные 2, 3, 4, 6 - на акцент
- цвет добавляет контрастности (безусловно)
- насыщенность → придают силу
- светлота (темнота) → как бы больше
- яркость → становится ярче

поверхность	характер
блестящая	отражение
блестящая (зеркальная)	зеркальное
гладкая, зеркальная	отражение
матовая, прозрачная	поглощение

- 1) по тону
- 2) по насыщенности и светлоте
- 3) по контрасту
- 4) по яркости

### III Источники направленного света

Пример  
Фигура: протектор или луг

направление:

1)  $V_{light} \rightarrow$  направление

2)  $\theta_c \rightarrow$  угловое напр. конуса

как считается (показывает)

$$V_{light} \cdot V_{obj} = \cos \alpha$$

$$(V_{obj}, V_{light}) = \cos \alpha$$

$$|V_{obj}| \cdot |V_{light}|$$

если

если

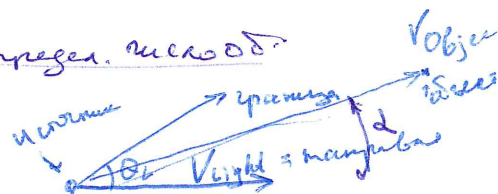
$$\cos \alpha \leq 0 \leq \theta_c \leq 90^\circ \Rightarrow$$

векторы  
 $V_{obj} \cdot V_{light} \leq \cos \theta_c$   
если  
 $\cos \alpha \geq \cos \theta_c$   
внутри конуса

Особенности:

1) только определ. направление

$V_{obj}$

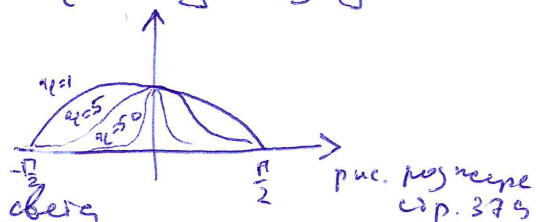


### Угловое затухание интенсивности

$$f(\varphi) = \cos^{\alpha_c} \varphi \quad 0^\circ \leq \varphi \leq \theta_c$$

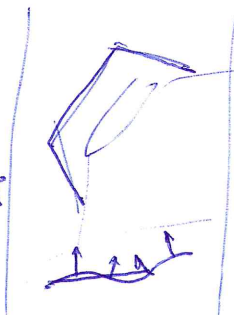
$$f(\varphi) = \left[ \frac{(V_{obj}, V_{light})}{|V_{obj}| |V_{light}|} \right]^{\alpha_c}$$

а)  $\theta_c$  показывает затухание



### IV Модель Вона $\rightarrow$ математические источники света

моделирование  
неоднородности  
интенсивности  
в виде группы  
точечных источников



показывает интенсивность светового  
излучения в неоднородности  
набора точечных источников  
применяются, законы и принцип освещенности  
ограничений

Эмпирическая модель  
Бун-Гюона Ротера - (1975)

зеркальное отражение

$$I_s = I_a \kappa(i, \rho) \cos^n \alpha$$

$\kappa(i, \rho) \rightarrow$  кривая отражения

$i \rightarrow$  угол падения

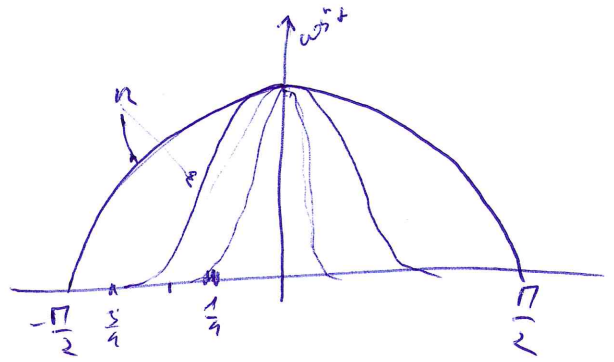
$\rho \rightarrow$  длина волны

$n \rightarrow$  степень, аппроксимирующая

пространственное распределение зеркаль. отр. свет.

$n \rightarrow$  показатель

$n \rightarrow \infty$  идеальной (зеркальное отражение)



модель облучения

Ambient

$$I = I_a \kappa_a + \sum_{j=1}^m \frac{I_j e_j}{d + k} (\kappa_d \cos \Theta_j + \kappa_s \cos^n \alpha_j)$$

$m$  - кол-во источников света

$$\cos \Theta = (\vec{n}, \vec{L}) = (\vec{n}, \vec{L})$$

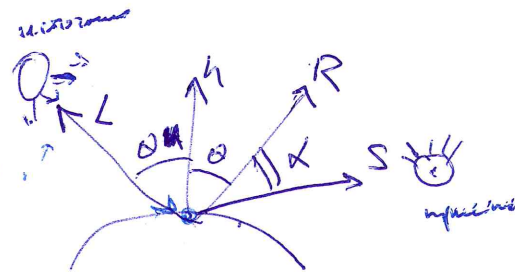
$\vec{n} \rightarrow$  вектор норми поверхности

$\vec{L}$  - един. вектор, направленный к источнику

$$\cos \alpha = (\vec{R}, \vec{S})$$

$\vec{R} \rightarrow$  направл. отраж. луча

$\vec{S} \rightarrow$  наблюдат. вектор наблюдателя

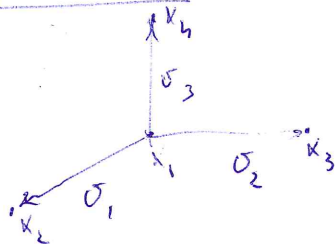


$$I = I_a \kappa_a + \sum_{j=1}^m \frac{I_j e_j}{d + k} [\kappa_d (\vec{n}, \vec{L}_j) + \kappa_s (\vec{R}_j, \vec{S})^n]$$

рассеянное

$\vec{L}, \vec{R}, \vec{n}, \vec{S}$   
должны быть  
нормированы

Пример с поверхностью



берем векторы произведем  
сумму нормаль поверхности  
+ нормировка

Выводится го нормирующий  
приобретения.



# Построение реалистических изображений Простая модель освещения

коэффициент  $\rightarrow$  значение  
намагни  $\rightarrow$  значение

Розтерс Андрей М.Р

## Световая энергия

1) отражения

2) поглощения  $\rightarrow$  превращается в тепло  $\rightarrow$  абсолютно черное тело

3) преломления  $\rightarrow$  прозрачность

комбинации  $\rightarrow$  взаимодействие

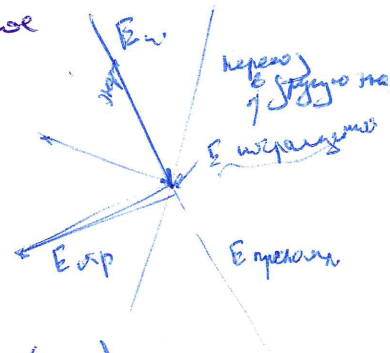
	одинаково	различно
+ поглощение	серый, черный, белый	цветное
+ отражение		

отражение

диффузное (равномерно)

зеркальное (лучи)

$$\sigma_{\text{вир}} = \sigma_{\text{н}} - 2n(\sigma_{\text{н}})$$



## Диффузное отражение

Свет т.ч. отражается от идеал. рассеивателя

по закону косинусов Ламберта (интенсивность отраж. света)

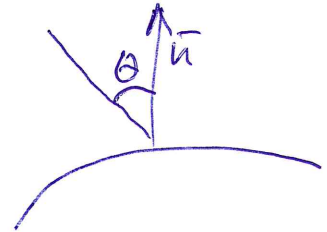
$$I = I_{\text{л}} k_d \cos \theta \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

$\approx 0$  при  
отраж. свету

$I_{\text{л}}$  - интенсивность источника

$k_d$  - коэффициент диффузного отражения (нормирован)  $0 < k_d < 1$

результат: поверхность выглядит как матовая, блестящая и лаковая.



! Рассеянный свет (с фоновым освещением) свет на одн. расстоянии

$$I = I_a k_a + I_{\text{л}} k_d \cos \theta$$

$I_a$  - интенсив. рассеял. свет

$k_a$  - коэффициент диффуз. рассеял.

дополнит. показатели  
связанные с фоновым освещением

## Проблема обьекта на одинаков. расстоянии

$$I = I_a k_a + \frac{I_{\text{л}} k_d \cos \theta}{d + k}$$

$d$  - расстояние от пер. до объекта

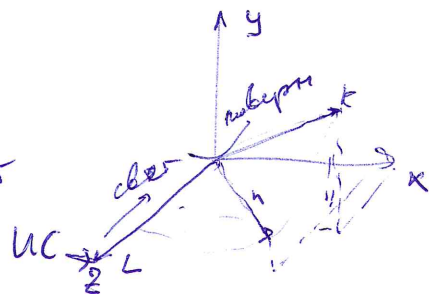
$k$  - коэффициент, в случае если источник света находится далеко относительно

# Определение вектора отражения

## По закону отражения

вектор падающий,  $n$ , вектор отражения

нормаль в точке падения



$$\frac{R_x}{R_y} = \frac{n_x}{n_y} \quad (\text{из рис. 2})$$

$$n_z = \cos \theta \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

$$R_z = \cos 2\theta = 2 \cos^2 \theta - 1 = 2n_z^2 - 1$$

$$R_x^2 + R_y^2 + R_z^2 = 1$$

$$R_x^2 + R_y^2 = 1 - \cos^2 2\theta$$

$$R_y^2 \left( \frac{R_x^2}{R_y^2} + 1 \right) = R_y^2 \left( \frac{n_x^2}{n_y^2} + \frac{n_z^2}{n_y^2} + n_y^2 \right) = \frac{R_y^2}{n_y^2} (n_x^2 + n_z^2) = \frac{R_y^2}{n_y^2} (1 - n_z^2) =$$

$$= 1 - (2 \cos^2 \theta - 1)^2 = 4n_z^2 - 4n_z^4 = 4n_z^2 (1 - n_z^2)$$

$$R_y = 2n_z n_y$$

$$n_y^2 R_x$$

$$R_x = 2n_z n_x$$

$$(n \times L) = (R \times n)$$

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ n_x & n_y & n_z \\ L_x & L_y & L_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ R_x & R_y & R_z \\ n_x & n_y & n_z \end{vmatrix}$$

продетерминант

одно из этих уравнений линейно-зависимое

$$\begin{matrix} \text{матрица} \\ [N] \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & -n_z & n_y \\ n_z & 0 & -n_x \\ -n_y & n_x & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} [R] \\ \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{matrix} [B] \\ \begin{bmatrix} n_z L_y - n_y L_z \\ n_x L_z - n_z L_x \\ n_y L_x - n_x L_y \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$[R] = [N]^T [N]^{-1} [N]^T [B]$$