

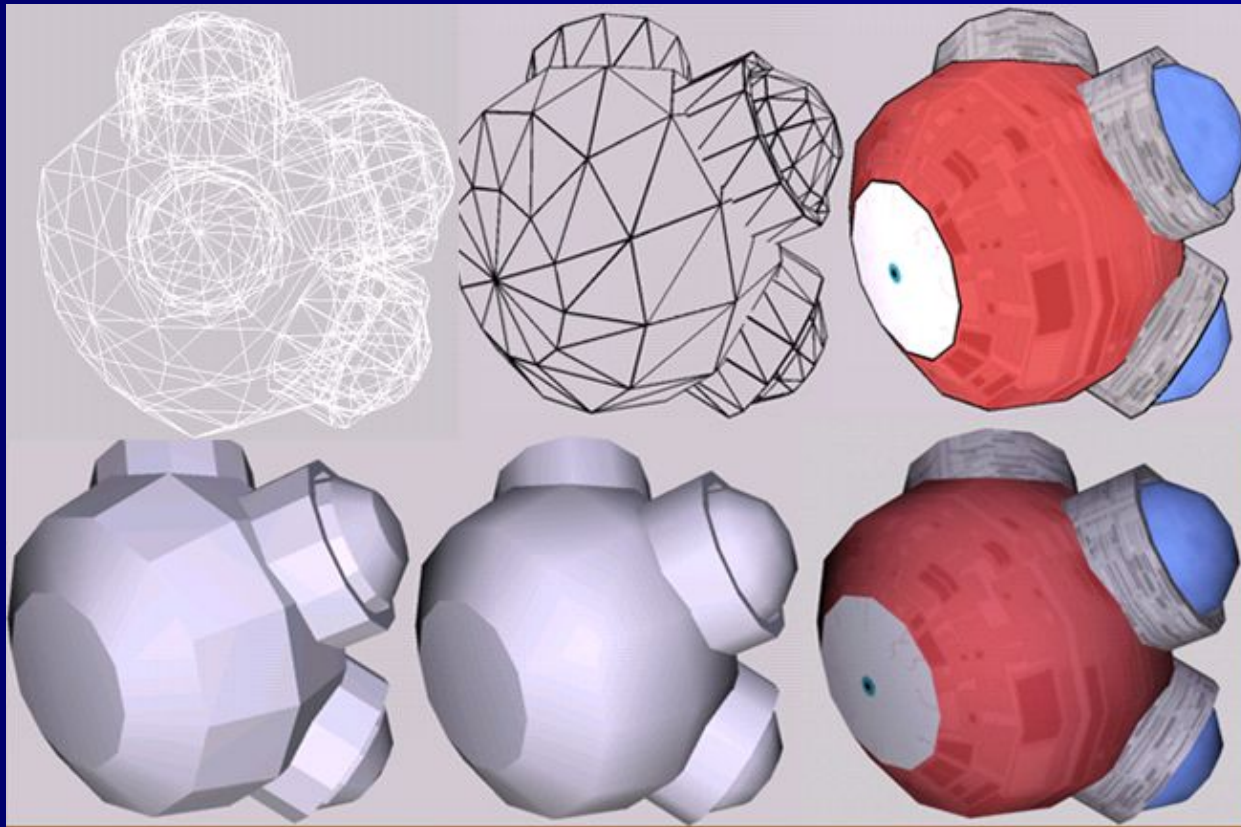
Локальные и глобальные модели освещения.



Фролов Владимир.

25 сентября 2006г.

Что такое освещение и зачем оно нужно?



Свойства поверхностей

- Отражающие (преломляющие) характеристики поверхности определяются отражающими (преломляющими) способностями по отношению к волнам различной длины
- BRDF – Bidirectional Reflectance Distribution Function, определяется как функция вероятности отражения поверхностью под углом j луча, падающего под углом i .
- BTDF - Bidirectional Transmitted Distribution Function
- BSSRDF - bidirectional surface scattering reflectance distribution function (Функция Поверхностного Рассеивания, Отражения и Распределения).

С металлом все нормально, а вот с кожей и листьями?



BRDF



BSSRDF

(BRDF + BTDF + BSSRDF) && color

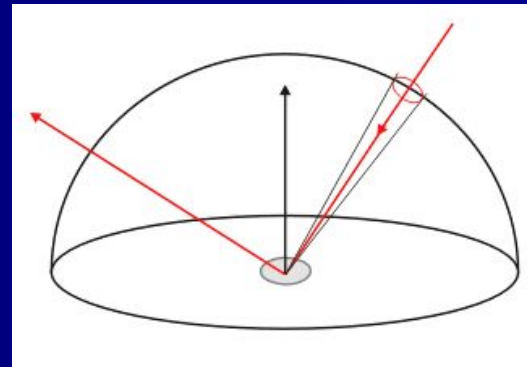
Что есть расчет освещения?

- Интеграл освещенности.

$$I(\phi_r, \theta_r) = \int_{\phi_i} \int_{\theta_i} L(\phi_i, \theta_i) R(\phi_i, \theta_i, \phi_r, \theta_r) d\phi_i d\theta_i$$

$L(\phi_i, \theta_i)$ – это функция, описывающая общее освещение, падающее в точку x под всеми возможными углами в пределах полусферы.

$R(\phi_i, \theta_i, \phi_r, \theta_r)$ – BRDF.



$I(\phi_r, \theta_r)$ – это функция, которая дает значения интенсивности света, отражаемой поверхностью под разными углами.

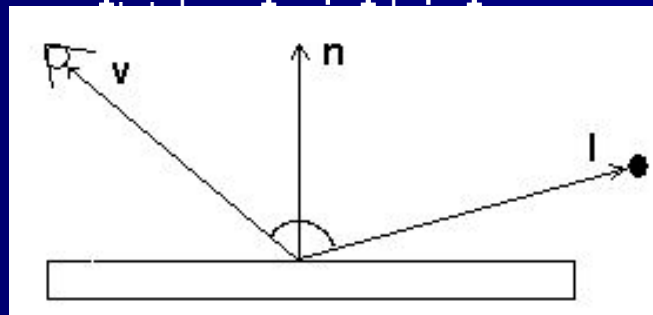
В чем разница между локальными и глобальными моделями освещения?

- Локальная модель не рассматривает процессы светового взаимодействия объектов сцены между собой, а только расчет освещенности самих объектов
- Глобальные модели стараются учитывать законы физики: вторичные переотражения, преломления, корректное распределение световой энергии (диффузное рассеяние)

Локальная модель освещения (модель Фонга)

Взаимодействие света с поверхностью:

- Ambient $I_a = R_{s_{\text{ambient}}} * I_{\text{ambient}}$
- Diffuse $I_d = R_{s_{\text{diffuse}}} * I_{\text{diffuse}} * (n, l)$
- Specular $I_s = R_{s_{\text{specular}}} * I_{\text{specular}} * (r, v)^{\text{sp}}$
- Total $I_{\text{total}} = I_a + I_d + I_s$



Локальная модель освещения (модель Фонга)

Виды источников света:

- Направленное освещение $I = I_0$
- Точечные источники $I = I_0 / (k_c + k_l * d + k_q * d^2)$
- Световые пятна
 - 1) За пределами светового конуса $I = 0$;
 - 2) Во внутреннем конусе $I = I_0 / (k_c + k_l * d + k_q * d^2)$
 - 3) Во внешнем конусе
$$I = (I_0 / (k_c + k_l * d + k_q * d^2)) * ((\cos\theta - \cos\varphi^*)^{pf} / (\cos\alpha^* - \cos\varphi^*))$$

φ – угол внешнего конуса ($\alpha^* = \alpha/2$; $\varphi^* = \varphi/2$;))

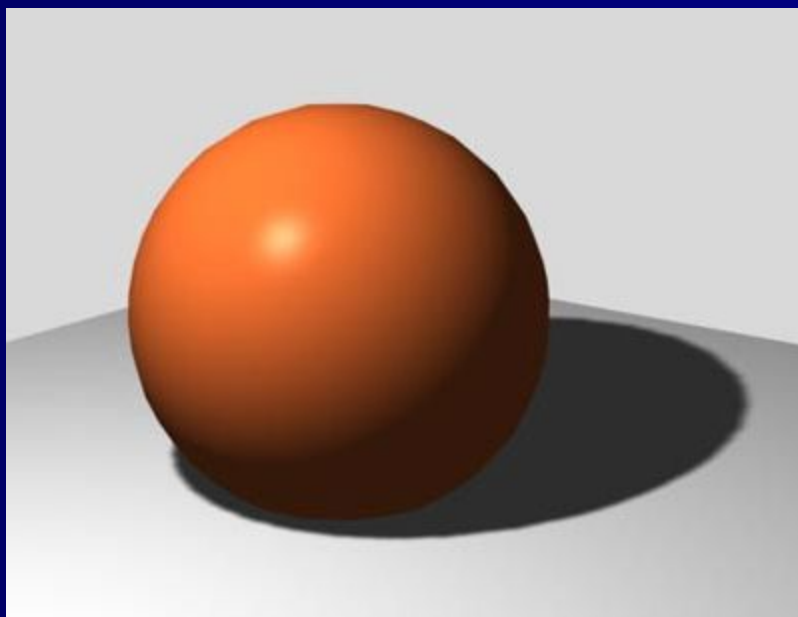
α – угол внутреннего конуса

θ – угол между осью конуса и направлением на освещаемую точку

Локальная модель освещения

- Существуют разновидности модели затенения по Фонгу: Blinn, Cook-Torrance и Ward (anisotropic).
- Blinn изменяет размер зеркальной подсветки в зависимости от направления на наблюдателя.
- Cook-Torrance является логичным развитием модели Blinn, делая подсветку зависящей еще и от длины волны.
- *Ward* (anisotropic shading) позволяет определять преимущественное направление шероховатостей поверхности и изменять форму подсветки в зависимости от такого направления.

Локальная модель освещения



Модель Фонга +
Закраска по Фонгу



Анизотропная модель
затенения

Глобальные модели освещения

- Radiosity
- Ray Tracing (прямая трассировка)
- Ray Casting (обратная трассировка)
- Distributed Ray Tracing (DRT), он же Stochastic Ray Tracing
- Photon Mapping

Radiosity

- Поверхности всех объектов трехмерной сцены разбиваются на плоские небольшие участки – патчи (patch)
- Плотность потока энергии (radiosity), приходящей в данный патч, является суммой потоков от всех остальных патчей.
- Необходимо учесть взаимную ориентацию и расстояние патчей. Для этого вводится форм-фактор.

$$\mathbf{B}_i = \mathbf{E}_i + \rho_i \sum_{j=1}^n \mathbf{B}_j \mathbf{F}_{ij}$$

где \mathbf{B}_i - radiosity i -го патча,

\mathbf{E}_i - диффузное отражение света от прямого источника;

ρ_i - коэффициент, характеризующий свойства диффузного отражения поверхности, которой принадлежит патч;

\mathbf{B}_j - radiosity j -го патча;

\mathbf{F}_{ij} - форм-фактор, определяющий, какая часть радиосити j -го патча достигнет i -го патча;

n - количество всех патчей трехмерной сцены.

Radiosity

Расчет форм-фактора

$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos\theta_i \cos\theta_j}{\pi r^2} \text{HID}_{ij} dA_j dA_i$$

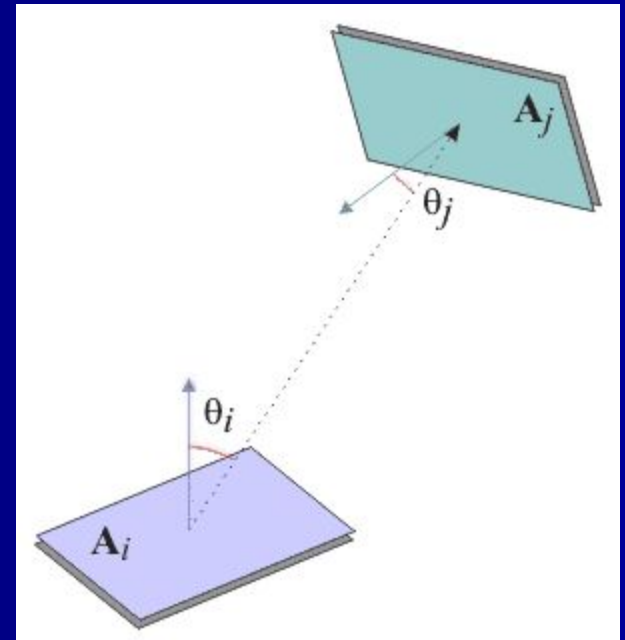
F_{ij} - форм-фактор i -го патча;

A_i, A_j - площади i -го и j -го патчей;

HID_{ij} - функция видимости патчей;

r - расстояние между патчами

θ_i, θ_j - углы между нормальными патчей и линией, их соединяющей



Radiosity

Адаптивное разбиение патчей на более мелкие по площади в областях с тоновым градиентом – например, на границах теней



Radiosity

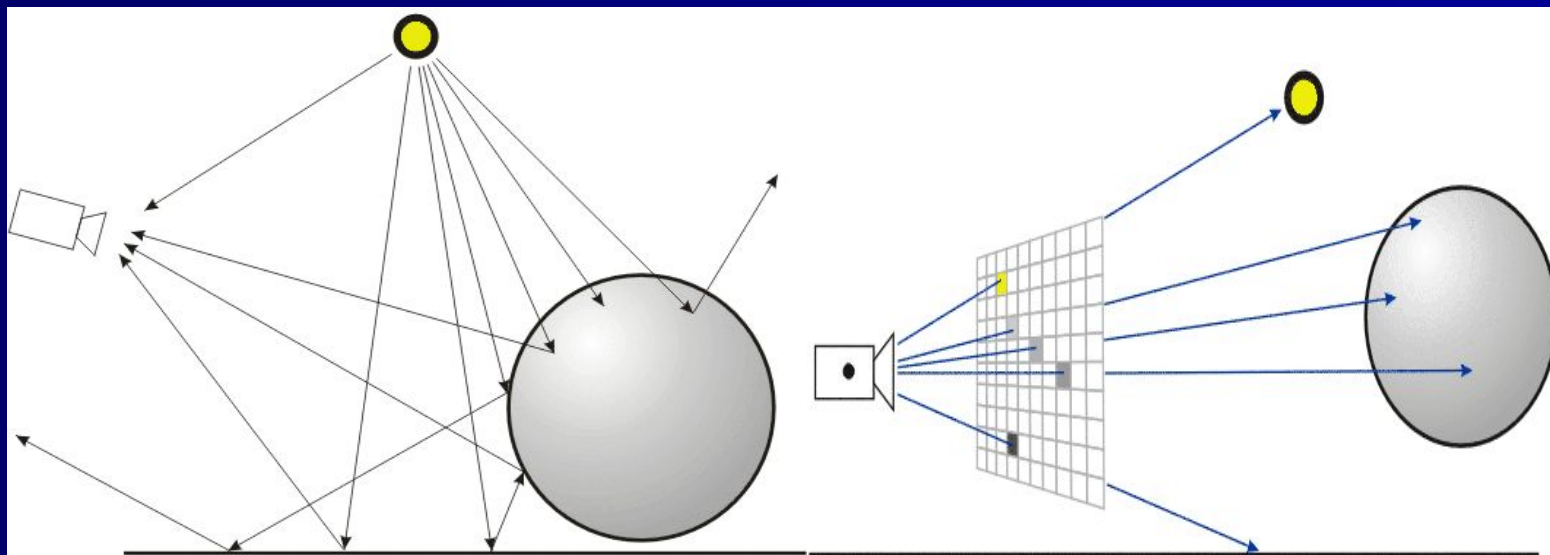
Преимущества:

- позволяет точно находить диффузную освещенность сцен.
- Не самая низкая скорость (при соответствующей оптимизации)

Недостатки:

- Только диффузное освещение, нет caustics, трудности в расчете больших открытых сцен

Ray Tracing и Ray Casting

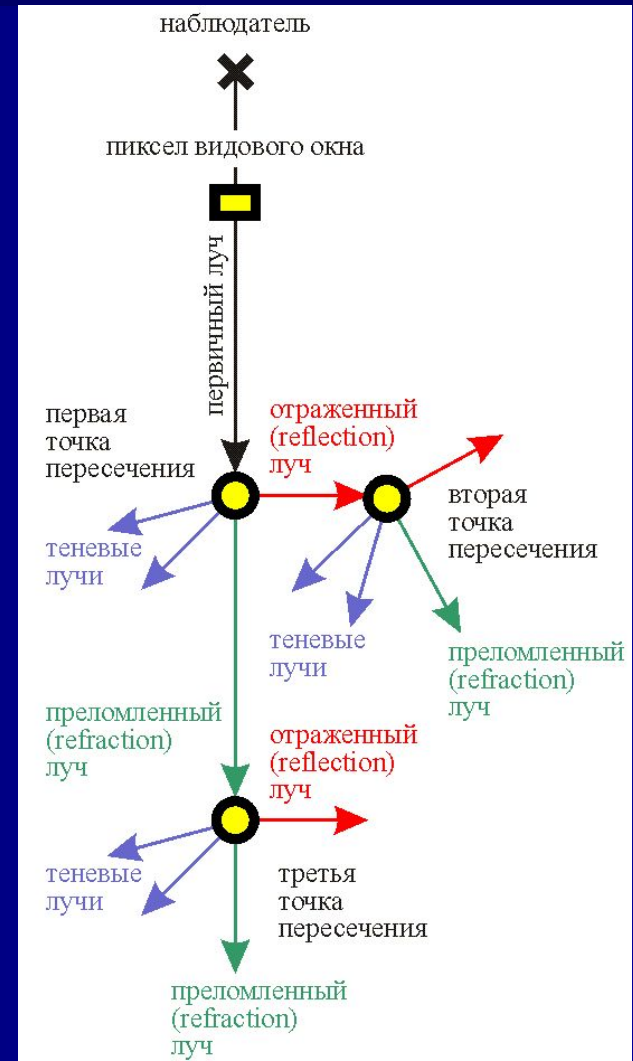


Ray Tracing (прямая трассировка)

Ray Casting (обратная трассировка)

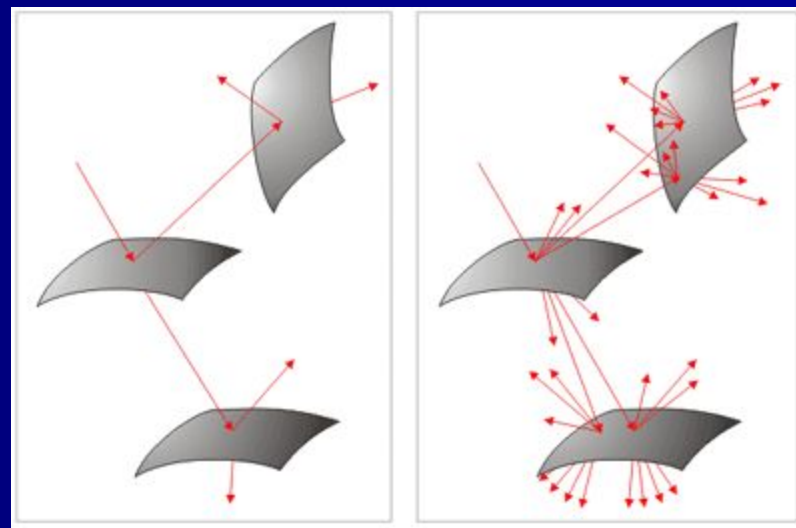
Ray Tracing и Ray Casting

- Основные достоинства рекурсивного метода обратной трассировки лучей – расчет теней, многократных отражений и преломлений.
- Основные недостатки: неучет вторичного освещения от диффузно отраженного объектами света, нет caustics



Distributed Ray Tracing (DRT)

- Лучи должны "расщепляться" на несколько дополнительных лучей, распространяющихся в направлении "родительского" луча.



Основа DRT – сэмплирование (усреднение цвета).

Distributed Ray Tracing (DRT)

стандартные возможности DRT:

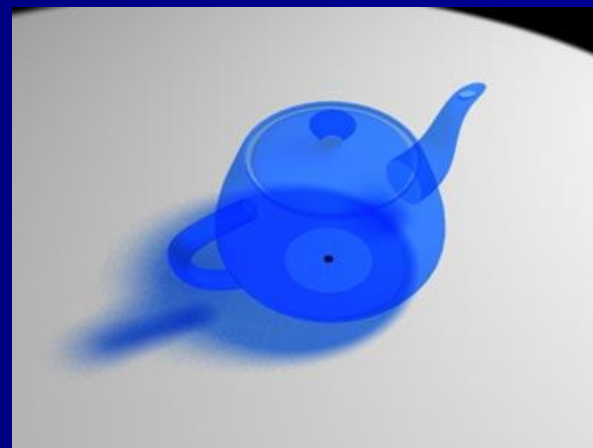
- сэмплирование пиксела подавляет aliasing;
- сэмплирование линз камеры создает depth of field;
- сэмплирование во времени приводит к motion blur;
- сэмплирование отражений (reflection) размывает отражения;
- сэмплирование преломлений (transmission) размывает прозрачность;
- сэмплирование источников света дает мягкие тени с размытыми краями (penumbras);
- сэмплирование длин волн света (wavelength) позволяет рассчитывать дисперсию.

Distributed Ray Tracing (DRT)

- DRT очень качественный и очень "дорогой" метод расчетов



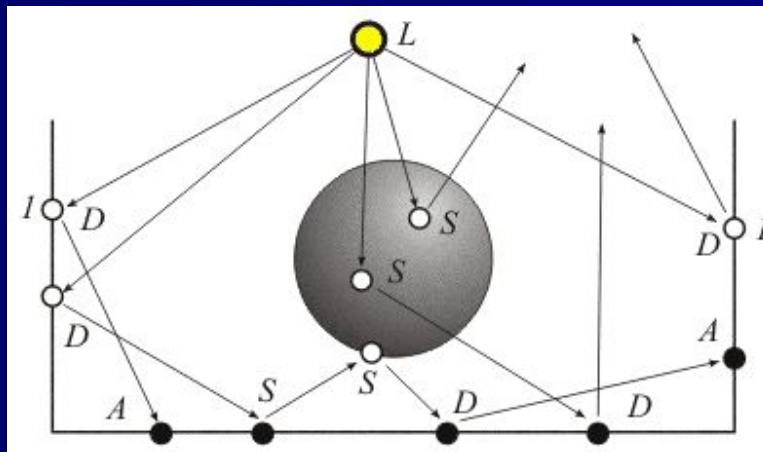
Дисперсия



Размытые тени

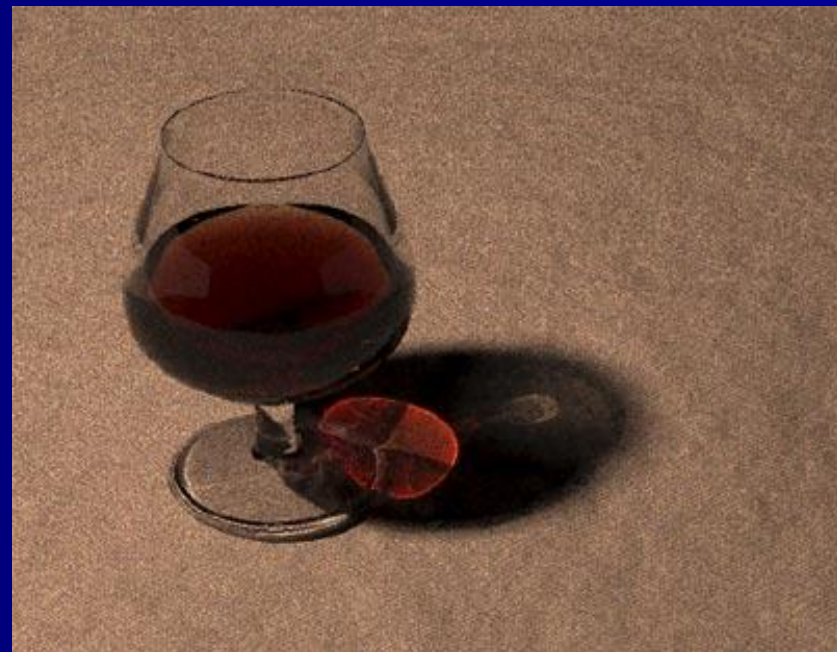
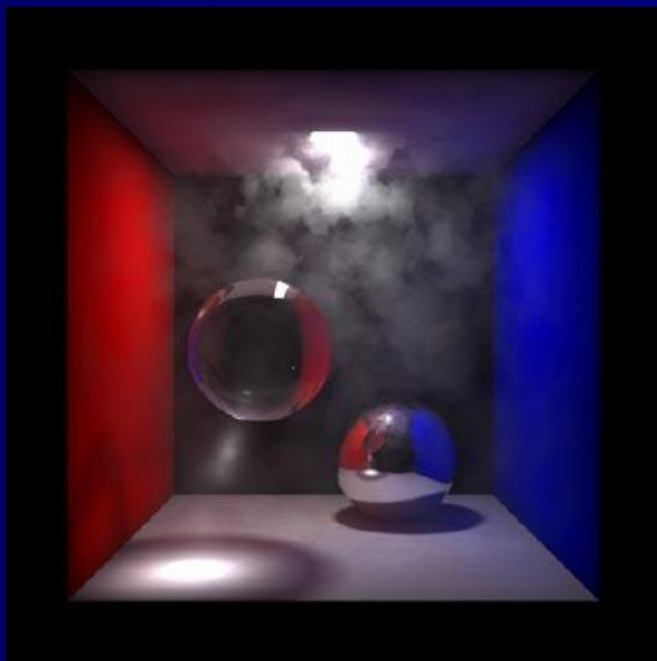
Фотонные карты

- Первый проход – трассировка фотонов. Запоминаем информацию об ударах фотонов о поверхности в фотонных картах



- Второй проход - модифицированный стохастический рейтресинг. (или можно просто отрендерить сцену)

Фотонные карты



- Охватывает все эффекты геометрической оптики.

Вопросы???