

Games101 大作业

体积散射

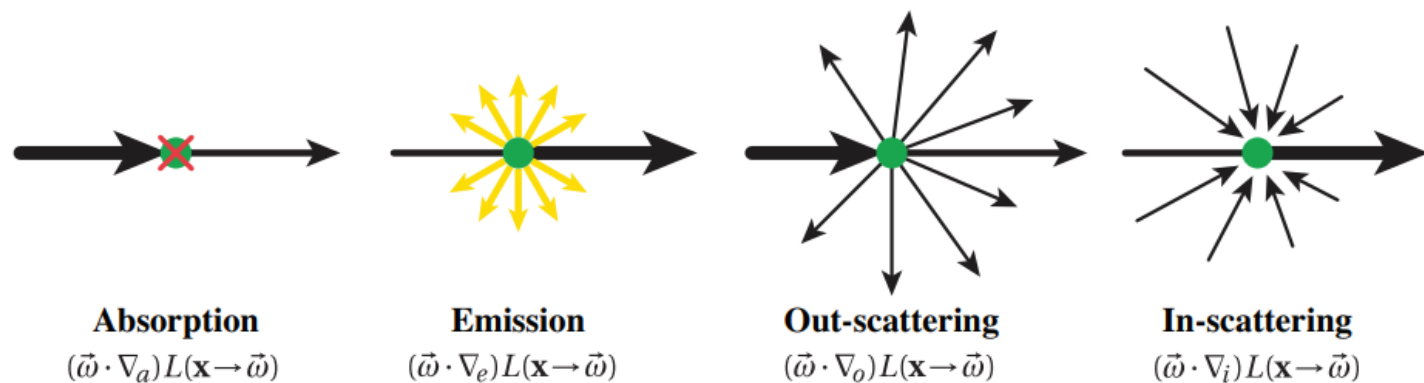
抱歉，两分钟太短了，很多东西就跳过了，公式推导就留在ppt里了

我用的是电脑的麦克风，杂音很多 T T

参考文献

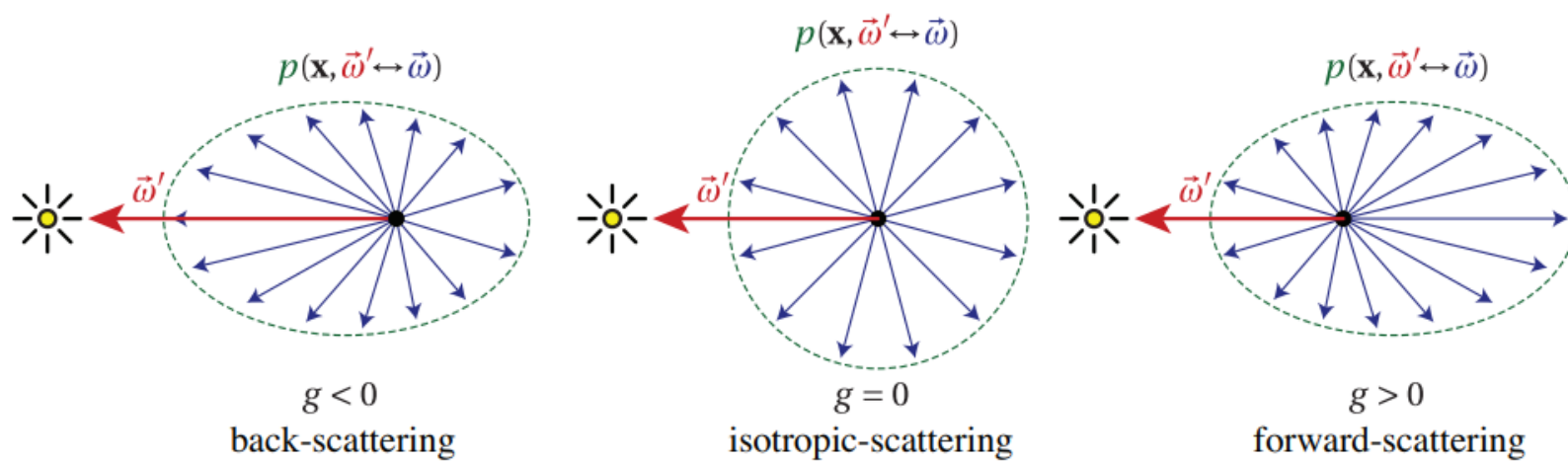
- ▶ 这篇文章的前三章有公式推导
- ▶ <http://luthuli.cs.uiuc.edu/~daf/courses/rendering/papers/lafortune96rendering.pdf>
- ▶ 怎样根据pdf取样本
- ▶ <https://arxiv.org/pdf/1812.00799.pdf>
- ▶ 循序渐进的教程
- ▶ <https://cgg.mff.cuni.cz/~jaroslav/teaching/2016-npgr010/index.html>
- ▶ 更详细的说明
- ▶ <http://www.cs.cornell.edu/courses/cs6630/2012sp/notes/09volpath.pdf>

概念 (1)



- ▶ 在之前的路径追踪中，我们假设光线只与表面发生互动。
- ▶ 现实中，光线还会与介质发生互动。
- ▶ 吸收(absorption)
- ▶ 自发光(emission)不在考虑此作业中
- ▶ 外散射(out-scattering)
- ▶ 内散射(in-scattering)

概念 (2)



相位函数描述在介质中一点的光线散射的角度分布。

公式推导 (1)

scattering coefficient

$$\frac{\partial L(x, \Theta)}{\partial s} = \sigma(x) \int_{\Omega} f(x, \Theta', \Theta) L(x, \Theta') d\omega' - \kappa(x) L(x, \Theta)$$

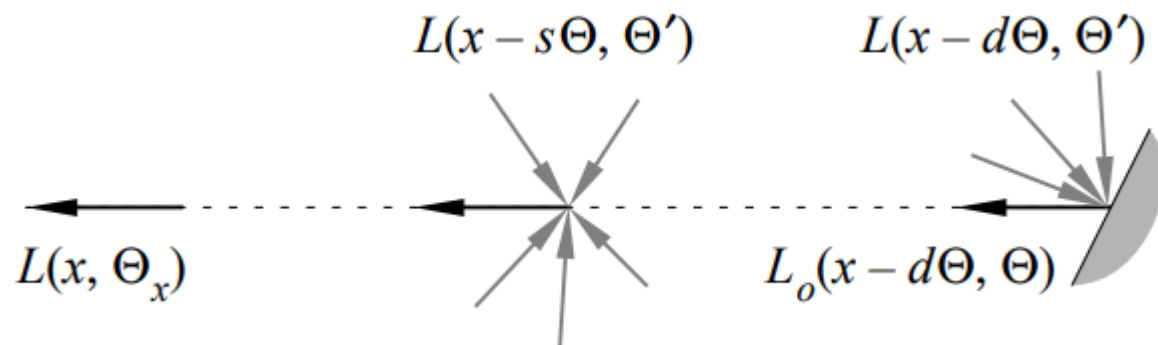
phase function extinction coefficient

光线在一条光路上，导致其变化的会有内散射、外散射和吸收。

第一项是内散射，也就是从其他方向散射进来的光。

第二项是外散射和吸收，统称为衰减，是减少的光。

公式推导 (2)



我们假设介质是均匀的， σ 和 κ 都是常数。那么原式可写成：

$$L(x, \Theta) = \sigma \int_0^d \int_{\Omega} f(x - s\Theta, \Theta', \Theta) L(x - s\Theta, \Theta') d\omega' e^{-\kappa s} ds + L_o(x - d\Theta, \Theta) e^{-\kappa d}$$

$$L_o(y, \Theta) = L_e(y, \Theta) + \int_{\Omega_i} f_r(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') |\cos \theta'| d\omega'$$

transmittance

Random Walk (1)

将之前的式子进行积分，可以发现：

$$\int_0^\infty [s < d ? L_s(x - s\Theta, \Theta) : L_o(x - d\Theta, \Theta)] \kappa e^{-\kappa s} ds$$

$$L_s(y, \Theta) = \int_\Omega \frac{\sigma}{\kappa} f(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') d\omega'$$

这个 κ 是为了凑出外面的

这里的原文指出 $\kappa e^{-\kappa s}$ 是泊松分布，是光粒子与介质在 s 处有互动的概率。

下面的文章则认为 $e^{-\kappa s}$ 是attenuation。根据重要性采样，最好使用其作为pdf，normalize之后才变为了 $\kappa e^{-\kappa s}$ 。

于是我用 $\kappa e^{-\kappa s}$ 进行 s 的采样。 d 是光路上最近的表面距离。

<http://www.cs.cornell.edu/courses/cs6630/2012sp/notes/09volpath.pdf>

Random Walk (2)

$$\int_0^\infty [s < d ? L_s(x - s\Theta, \Theta) : L_o(x - d\Theta, \Theta)] \kappa e^{-\kappa s} ds$$

如果 $s < d$, 光粒子在到达表面前已经与介质互动。

$$L_s(y, \Theta) = \int_{\Omega} \frac{\sigma}{\kappa} f(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') d\omega'$$

$$p_{\text{scattering}}(\Theta') = \frac{\sigma}{\kappa} f(y, \Theta', \Theta)$$

原文表示可以用上式作为subcritical pdf, 虽然积分和不是1。

我不太理解, 所以只用了phase function(isotropic) 作为pdf。

Random Walk (3)

$$\int_0^\infty [s < d ? L_s(x - s\Theta, \Theta) : L_o(x - d\Theta, \Theta)] \kappa e^{-\kappa s} ds$$

如果 $s > d$, 光粒子到达了表面。

$$L_o(y, \Theta) = L_e(y, \Theta) + \int_{\Omega_i} f_r(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') |\cos \theta'| d\omega'$$

$$p_{\text{reflection}}(\Theta') = f_r(y, \Theta', \Theta) |\cos \theta'|$$

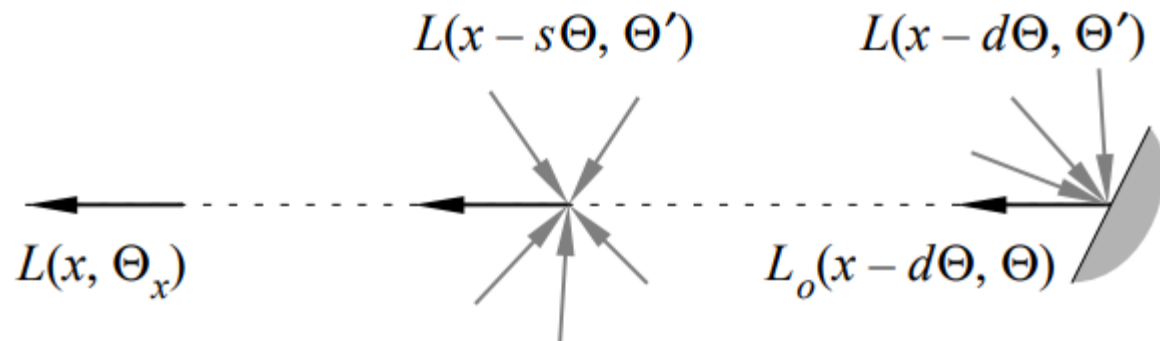
原文表示可以用上式作为subcritical pdf, 虽然积分和不是1。

我不太理解, 所以用了uniform sampling作为pdf。

具体实现

- ▶ 原文提到直接光照和间接光照可以分开计算，但没有说细节。
- ▶ 所以我参考了其他文章来得到一个最简单的实现。
- ▶ 以下描述了怎样计算直接光照和间接光照。

直接光照



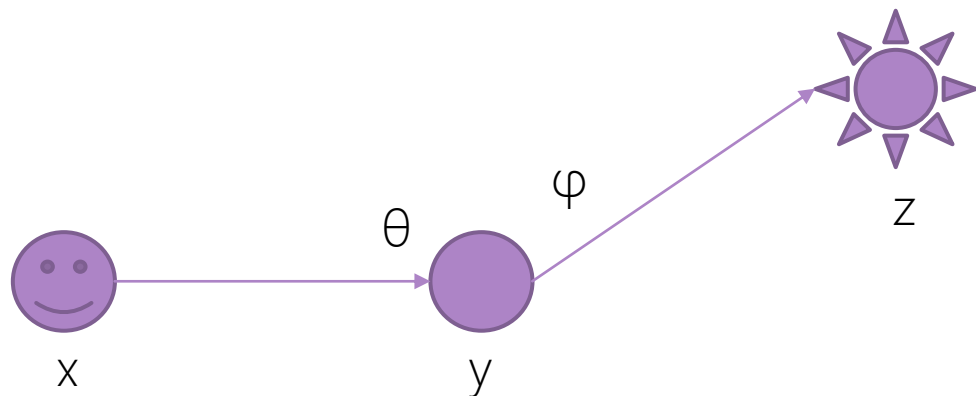
根据 $\kappa e^{-\kappa s}$ 作为pdf采样出 s 。

从眼睛发出一条光线，求出相交表面的距离 d 。

$s < d$: 光线与介质交互。

$s > d$: 光线与表面交互。

直接光照 (介质)



$$L_s(y, \Theta) = \int_{\Omega} \frac{\sigma}{\kappa} f(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') d\omega'$$

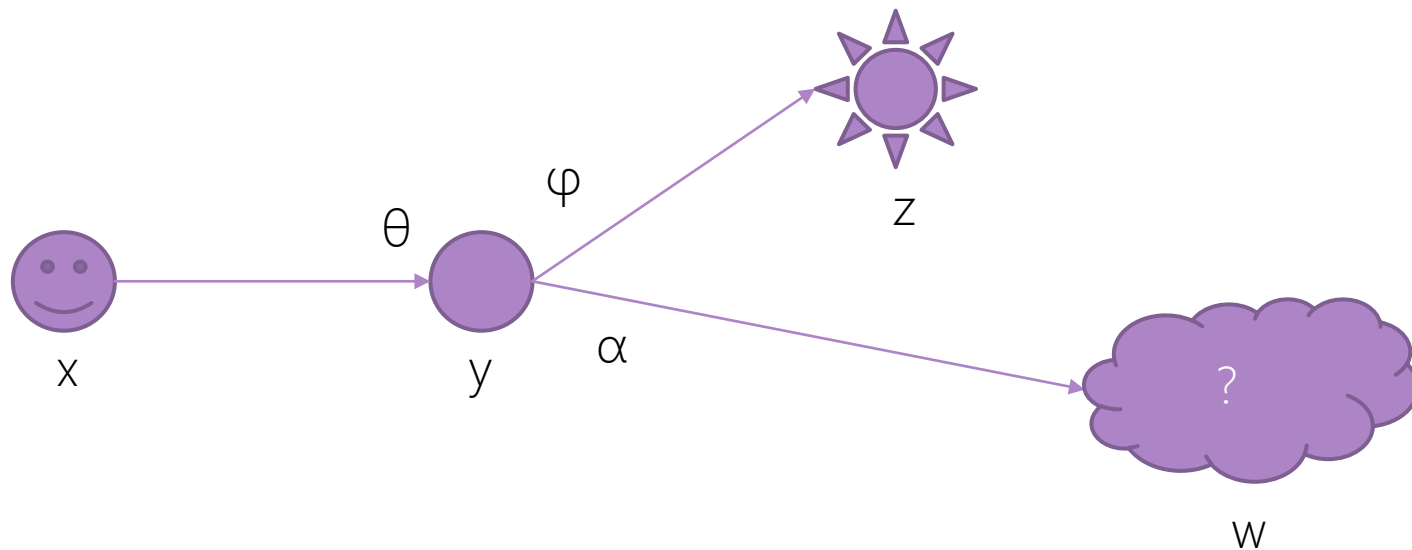
这里是对光源进行采样

$$L_{direct}(x, \theta) = \frac{\frac{\sigma_s}{\kappa} * f(y, \varphi, \theta) * L(y, \varphi) * \cos(\varphi)}{\|z - y\|^2 * lightPdf}$$

$$L(y, \varphi) = L(z, \varphi) * Tr(y, z)$$

$$Tr(y, z) = e^{-\kappa * \|y - z\|^2} \text{ 是attenuation}$$

间接光照 (介质)



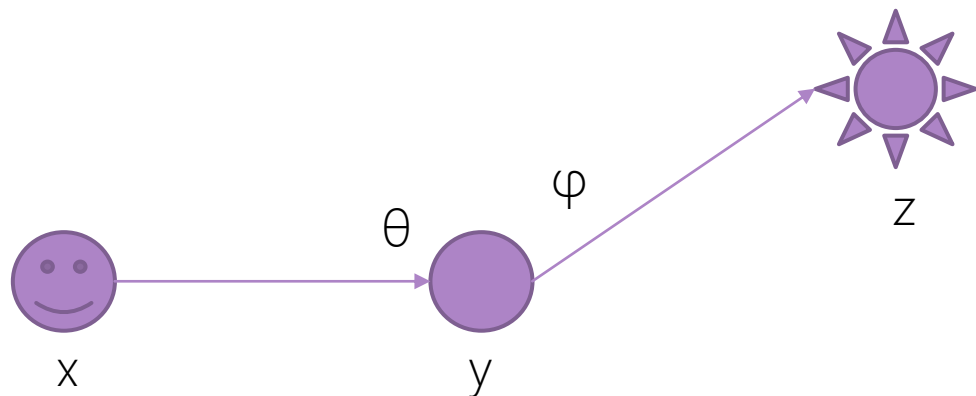
$$L_{\text{indirect}}(x, \theta) = \int_{\Omega} \frac{\sigma_s}{\kappa} * f(y, \alpha, \theta) * L(y, \alpha) d\omega$$

对phase function进行采样

$$L(x, \theta) = \frac{\sigma_s}{\kappa} * L(y, \alpha)$$

$$L_s(y, \Theta) = \int_{\Omega} \frac{\sigma}{\kappa} f(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') d\omega'$$

直接光照 (表面)



$$L_o(y, \Theta) = L_e(y, \Theta) + \int_{\Omega_i} f_r(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') |\cos \theta'| d\omega'$$

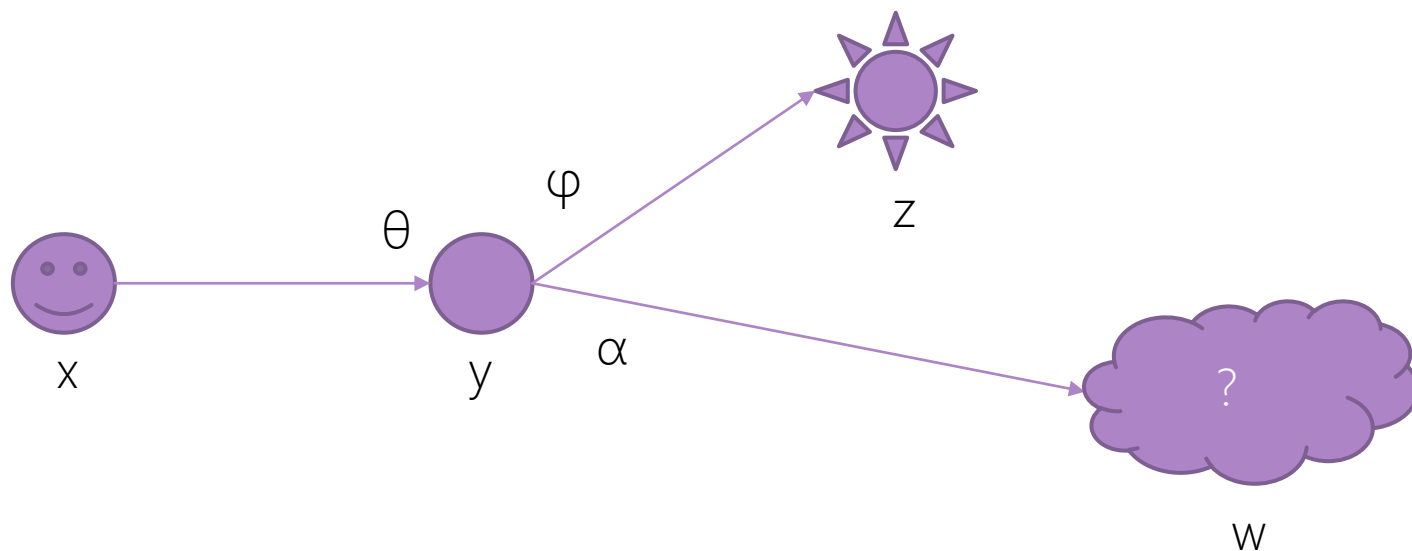
$$L_{direct}(x, \theta) = \frac{f_r(y, \varphi, \theta) * L(y, \varphi) * \cos(\varphi) * \cos(\theta)}{\|z - y\|^2 * lightPdf}$$

这里是对光源进行采样

$$L(y, \varphi) = L(z, \varphi) * Tr(y, z)$$

$$Tr(y, z) = e^{-\kappa * \|y - z\|^2} \text{ 是attenuation}$$

间接光照（表面）



$$L_{\text{indirect}}(x, \theta) = \int_{\Omega} f r(y, \alpha, \theta) * L(y, \alpha) * \cos(\omega) d\omega$$

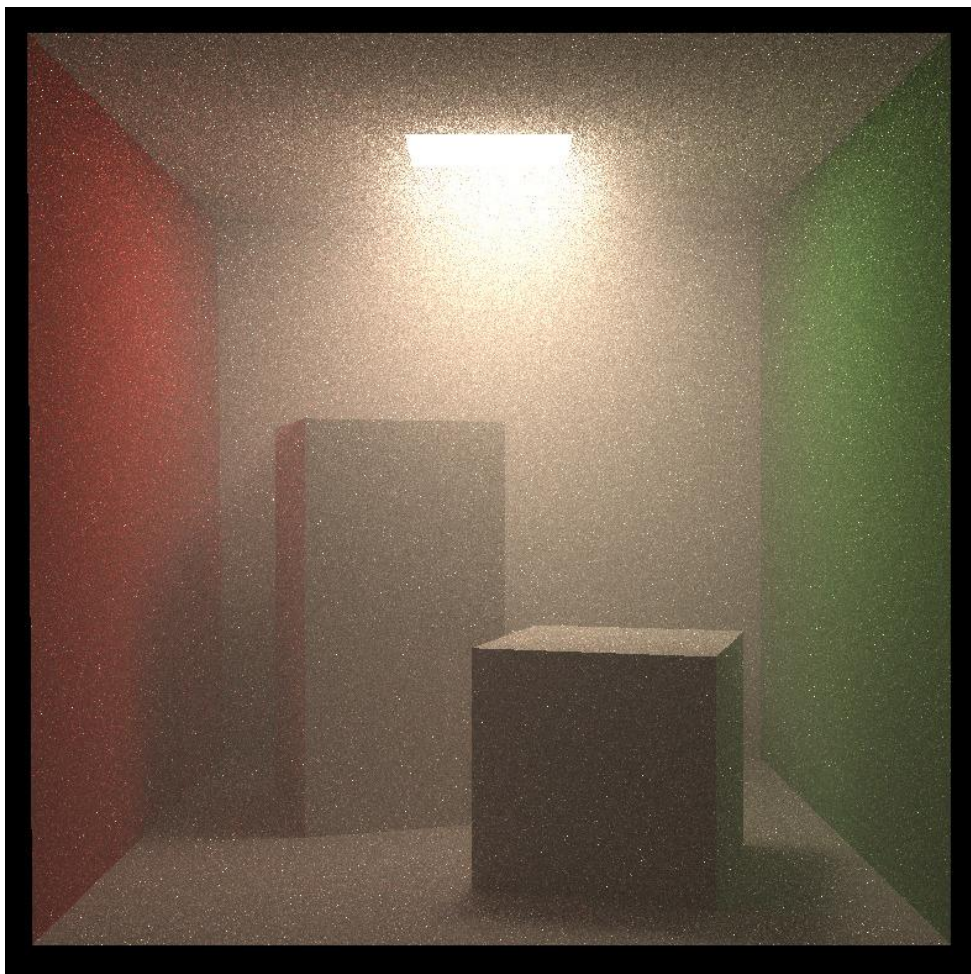
进行uniform采样

$$L(x, \theta) = \frac{r(y, \alpha, \theta) * L(y, \alpha) * \cos(\omega)}{pdf}$$

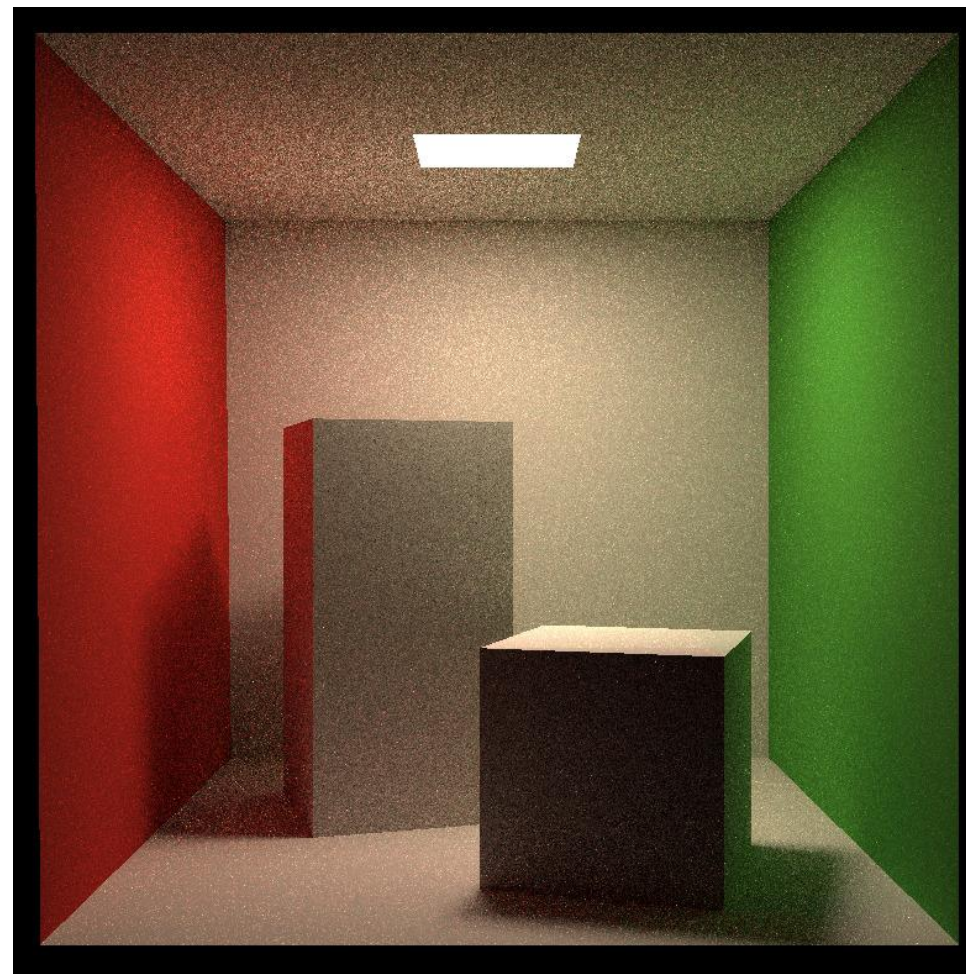
$$L_o(y, \Theta) = L_e(y, \Theta) + \int_{\Omega_i} f_r(y, \Theta', \Theta) L(y, \Theta') |\cos \theta'| d\omega'$$

具体实现

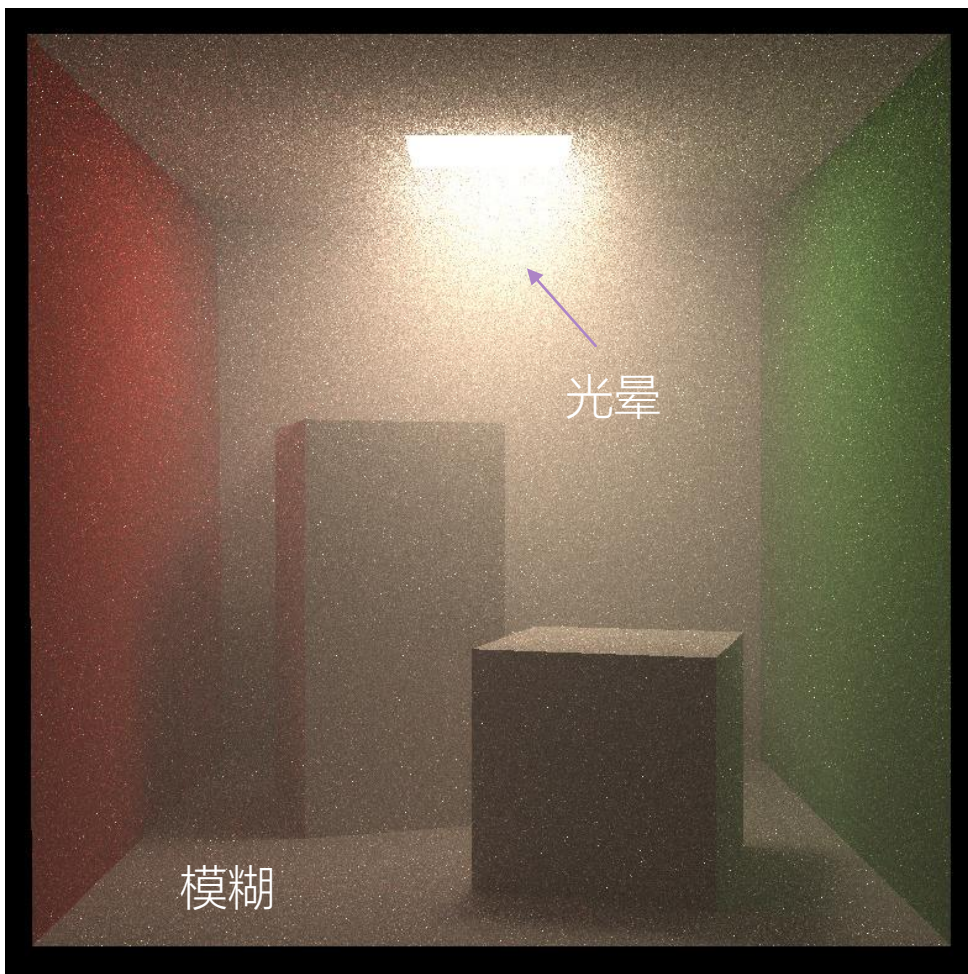
- ▶ 这样一来每个点都要算直接光照和间接光照，形成递归。
- ▶ 除了第一条光线，其他光线碰到光源就会终止，防止算两次直接光照。
- ▶ 实验用的是isotropic的介质， $pdf = \frac{1}{4*\pi}$
- ▶ 我尝试过用Henyey-Greenstein phase function，但是好像没有差别。我的光学知识实在欠缺，所以暂时无法解释。



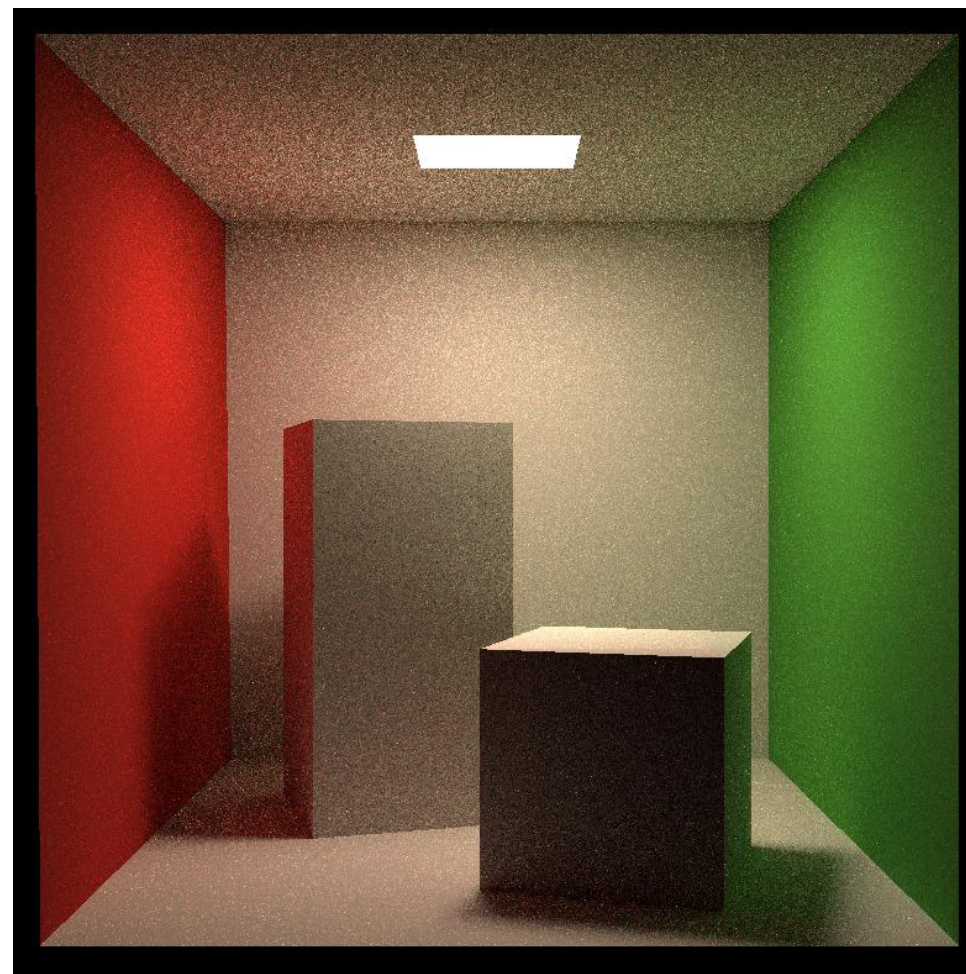
Volumetric scatter



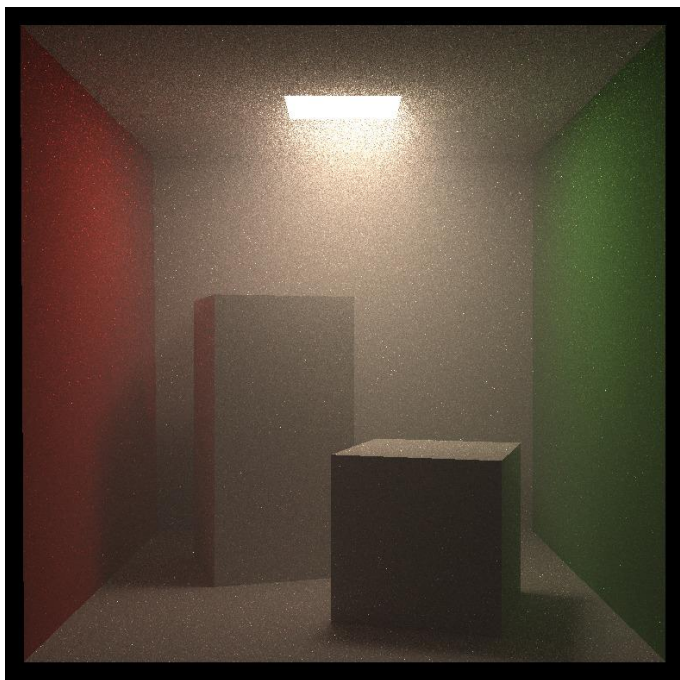
Normal



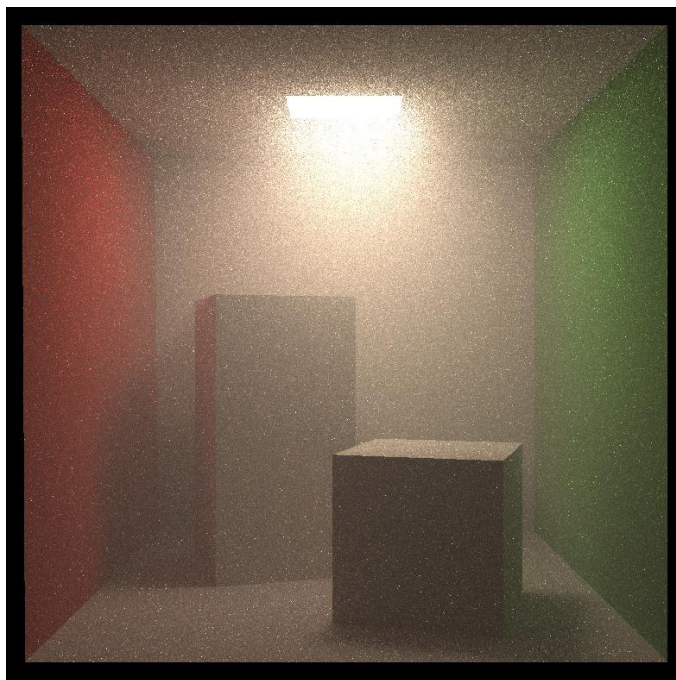
Volumetric scatter



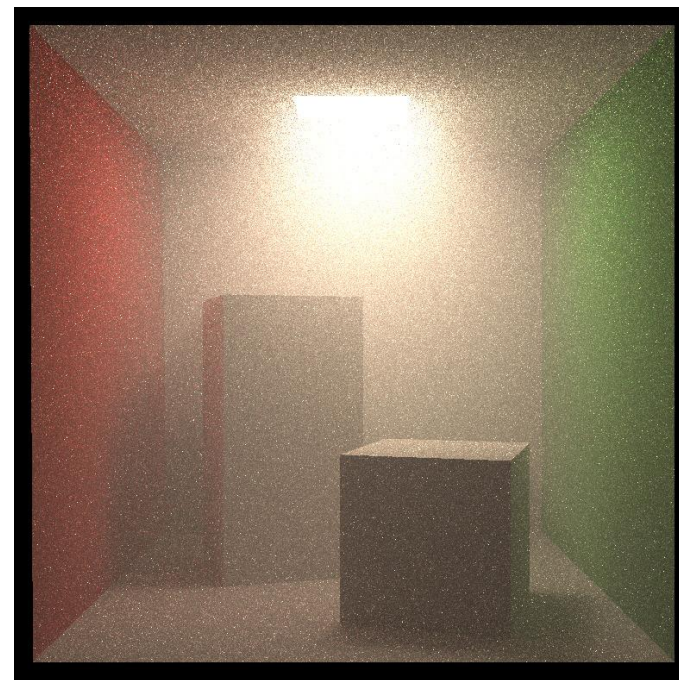
Normal



$$\sigma_s = \kappa * 0.2$$



$$\sigma_s = \kappa * 0.3$$



$$\sigma_s = \kappa * 0.4$$

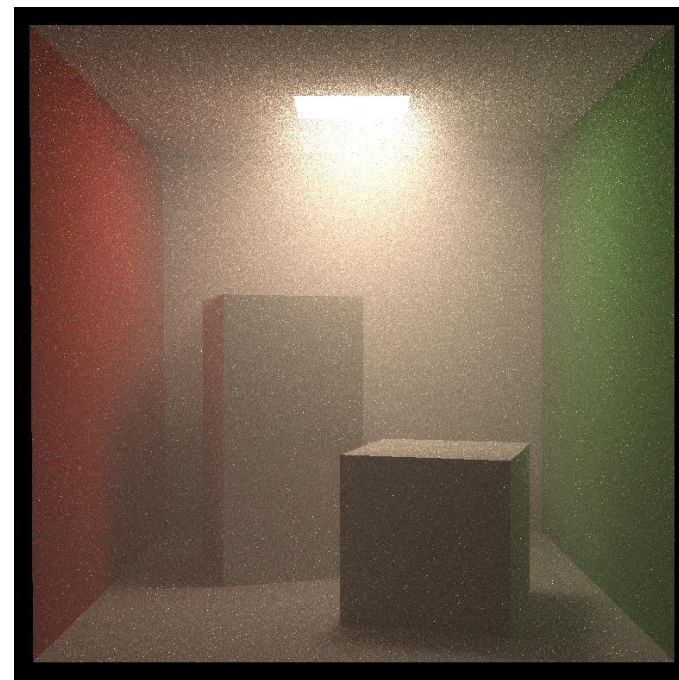
$$\kappa = 0.001$$



$\kappa = 0.003$



$\kappa = 0.002$



$\kappa = 0.001$

$$\sigma_s = \kappa * 0.2$$

结束

- ▶ 这门课帮助我了解了图形学，真的很感谢~
- ▶ 也意识到了各种学科的重要性。