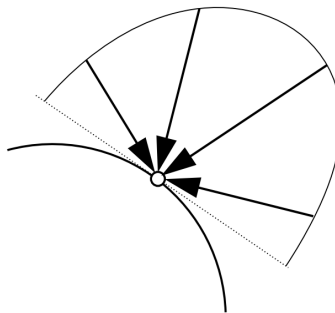


# Lecture 15

上一节了解了辐射度量学中的 Radiant/Flux/Intensity

## Basic radiometry 辐射度量学

### Irradiance



物体表面上单位面积内接受的能量

$$E(x) = \frac{d\phi(x)}{dA} \quad \left[ \frac{lm}{m^2} = lux \right]$$

在Lecture 07 > 3.漫反射 中，我们计算物体表面吸收能量的多少也与**光线与物体表面夹角**有关。对于 Irradiance 也一样，理解是对表面的总 Flux，只计算与光线相垂直面积部分所接受到的通量

**Radiance** 在单位立体角，单位面积上物体表面 **发射/反射/接受** 的能量

$$L(p, \omega) = \frac{d^2\phi(p, \omega)}{d\omega dA \cos\theta} \quad \left[ \frac{W}{sr m^2} = nit \right]$$

其与 Intensity 和 Irradiance 的关系

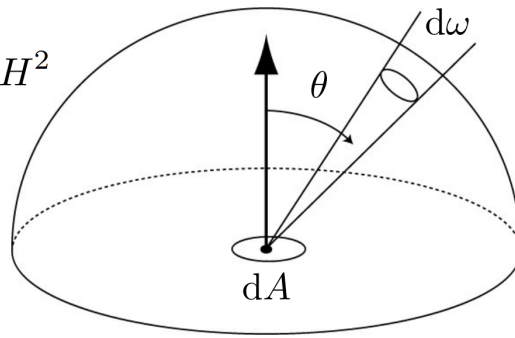
- 单位面积的 Intensity 即 Radiance
- 单位立体角的 Irradiance 即 Radiance

在半球 H 上对 Radiance 进行积分可以得到 Irradiance（是半球因为，背面光照不产生影响）

$$dE(p, \omega) = L_i(p, \omega) \cos \theta d\omega$$

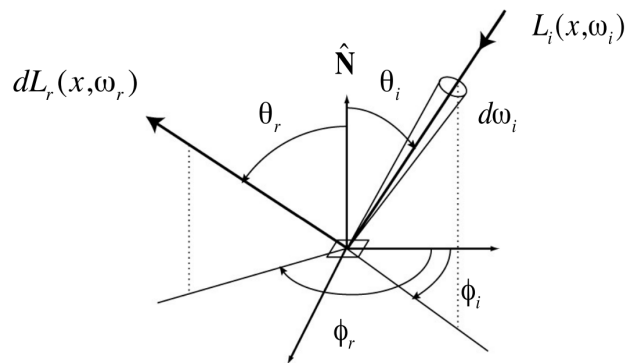
$$E(p) = \int_{H^2} L_i(p, \omega) \cos \theta d\omega$$

Unit Hemisphere:  $H^2$



## BRDF

BRDF 全称为双向反射分布函数，研究光线打到某个点上，其在不同方向上的出射强度是多少。具体来说，**它等于反射方向的 Radiance 与入射方向的 Irradiance 之比**



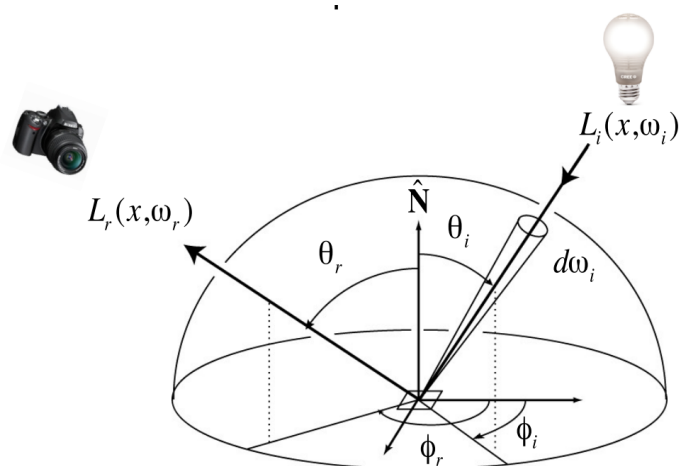
$$f_r(\omega_i \rightarrow \omega_r) = \frac{dL_r(\omega_r)}{dE_i(\omega_i)} = \frac{dL_r(\omega_r)}{L_i(\omega_i) \cos \theta_i d\omega_i} \left[ \frac{1}{\text{sr}} \right]$$

### BRDF性质

- 可逆性：源自 Helmholtz 光路可逆性，即交换入射光与反射光，并不会改变 BRDF 的值
- 能量守恒性：入射光和出射光的总能量应当相等

**渲染方程** 用于计算反射光的 Radiance

$$L_r = \int_{H^2} f_r(p, w_i \rightarrow w_r) L_i(p, w_i) \cos \theta_i dw_i$$



对于物体本身就发光的，其渲染方程为

$$L_r = L_e(p, w_o) + \int_{H^2} f_r(p, w_i \rightarrow w_r) L_i(p, w_i) \cos\theta_i dw_i$$

对于 BRDF，GAMES101 中所介绍的是最简单的经验模型，其还有基于物理的模型和基于数据的表达，如果需要可以自取更深入的文章 [计算机图形学基础：双向反射分布函数 BRDF](#) [基于物理着色：BRDF](#)

## 全局光照

在以前的光栅化成像中，只计算了直接光照，而全局光照需要考虑光线的一次/二次/多次弹射，而这在光栅化中难以实现。

- 随着弹射次数的增加，全局的亮度是会收敛于某个值而非不断提升。

## 概率论内容

- 关键词：概率分布函数（PDF），数学期望，概率密度。