

# 局部光照模型

## 一、 什么是局部光照模型？

- n 局部光照模型：仅处理光源直接照射物体表面的光照模型。
- n 简单光照模型是一个比较粗糙的经验模型，不足之处：**镜面反射项与物体表面的材质无关**。
- n 从光电学知识和物体微平面假设出发，介绍镜面反射与物体材质有关的普遍局部光照模型。

## 二、局部光照模型

n 自然光反射率系数可用Fresnel 公式计算

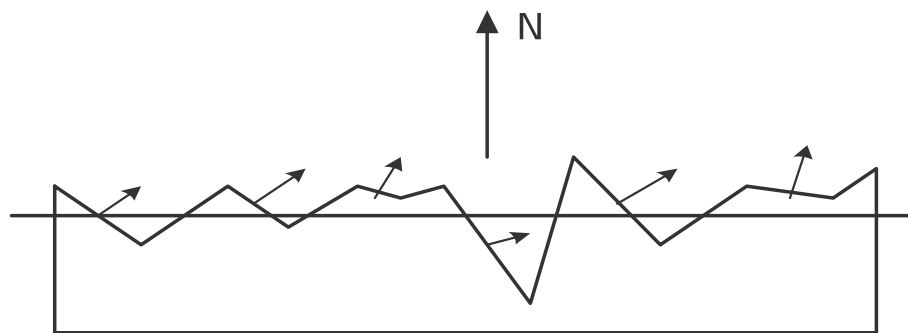
$$r = \frac{1}{2} \left( \frac{\operatorname{tg}^2(q - y)}{\operatorname{tg}^2(q + y)} + \frac{\sin^2(q - y)}{\sin^2(q + y)} \right)$$

$q$  是入射角，若发生反射的物体表面两侧折射率分别为  $n_1, n_2$  那么  $y$  满足这样的式子： $\sin y = \frac{n_1}{n_2} \sin q$

n 反射率与折射率有关，是波长的函数  $r(q, l)$

## 二、局部光照模型

n 微观情况下，物体表面粗糙不平。



微平面示意图

宏观上看，这是一个平面，法向朝上。实际上它是由许多微小平面构成的，微小平面的法向是各异的。

## 二、局部光照模型

### n 反射率计算

微平面是理想镜面，反射率可用Fresnel 公式计算，而粗糙表面的反射率与表面的粗糙度有关。

实际物体反射率： $D G r(q, l)$

$D$ 为微平面法向的分布函数

$G$ 为由于微平面的相互遮挡或屏蔽而使光产生的衰减因子

## 二、局部光照模型

§ Torrance和Sparrow采用Gauss分布函数模拟法向分布：

$$D = ke^{-(a/m)^2}$$

- |  $k$ 为常系数
- |  $a$ 为微平面的法向与平均法向的夹角，即  $(N \cdot H)$
- |  $m$ 为微平面斜率的均方根，表示表面的粗糙程度

$$m = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2 + \mathbf{L} + m_n^2}{n}}$$

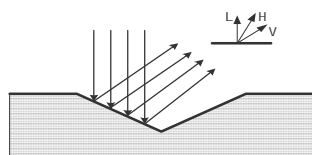
也可采用Berkmann分布函数

## 二、局部光照模型

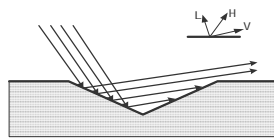
§ 衰减因子G在局部光照明模型中也可以反映物体表面的粗糙程度。

§ 衰减因子是由于微平面的相互遮挡或屏蔽而产生的

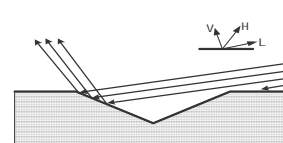
§ 微平面相互遮挡的光衰减因子G，有三种情况：



$$G=1$$



$$G_m = \frac{2(N \cdot H)(N \cdot V)}{(V \cdot H)}$$



$$G_s = \frac{2(N \cdot H)(N \cdot L)}{(V \cdot H)}$$

$$G = \text{Min}\{1, G_m, G_s\}$$

## 二、局部光照模型

Cook和Torranace于1981年提出了局部光照模型。

$R_{bd}$  表示物体对入射光的反射率系数

$$R_{bd} = \frac{I_r}{E_i}$$

$I_r$  — 反射光的光强

$E_i$  — 单位时间内单位面积上的入射光能量



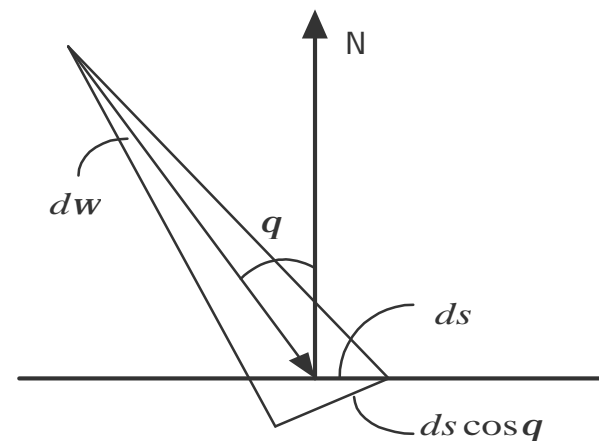
## 二、局部光照模型

§ 入射光能量  $E_i$  , 可用入射光的光强  $I_i$  和单位面积向光源所张的立体角  $d\mathbf{v}$  表示为:

$$E_i = I_i \cos q \cdot d\mathbf{v} = I_i (N \cdot L) d\mathbf{v}$$

§ 于是有反射光光强:

$$I_r = R_{bd} I_i (N \cdot L) d\mathbf{v}$$



## 二、局部光照模型

反射率系数可表示为漫反射率与镜面反射率的代数和：

$$R_{bd} = K_d R_d + K_s R_s$$

$$K_d + K_s = 1 \quad \text{漫反射与镜面反射系数}$$

物体表面的漫反射率： $R_d = R_d(I)$

物体表面的镜面反射率： $R_s = \frac{DGr(q, I)}{p(N \cdot L)(N \cdot V)}$

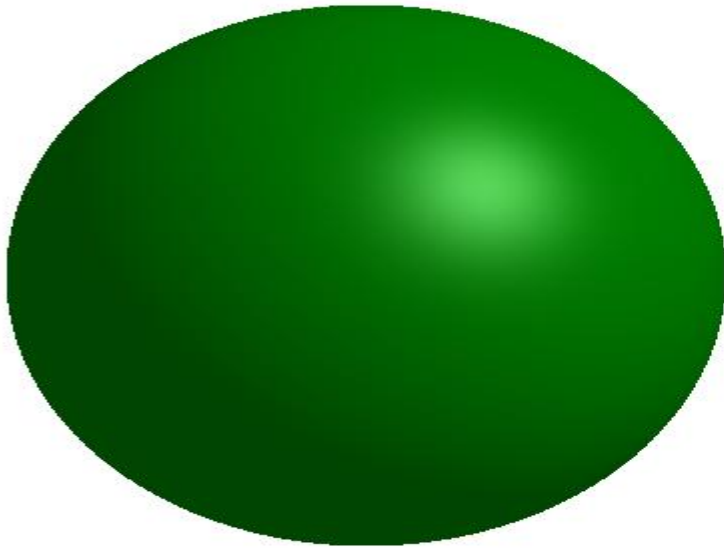
## 二、局部光照模型

### § 局部光照模型表示

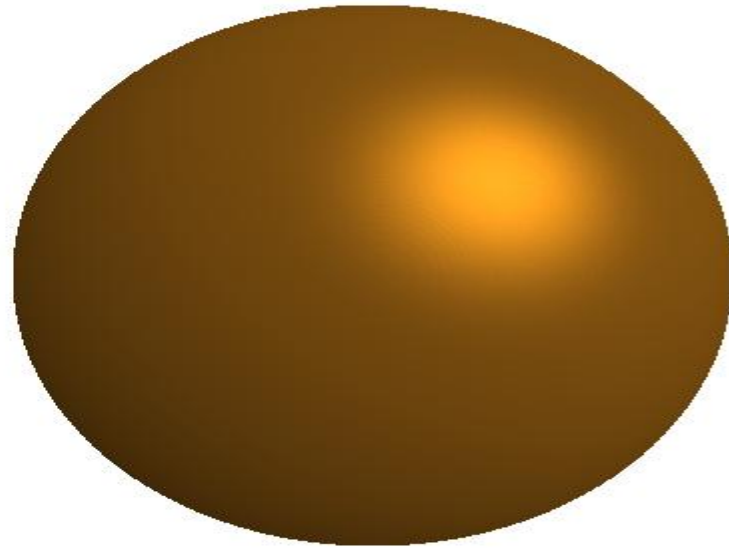
$$I_r = I_a K_a + I_i (N \cdot L) d\mathbf{v} (K_d R_d + K_s R_s)$$

- |  $I_r$  物体表面反射光强
- |  $I_a K_a$  表示环境光的影响
- | 最后一项是考虑了物体表面性质后的反射光强度量，是该局部光照模型的复杂性与普遍性所在。

## 简单与局部模型比较



简单光照模型(Phong)

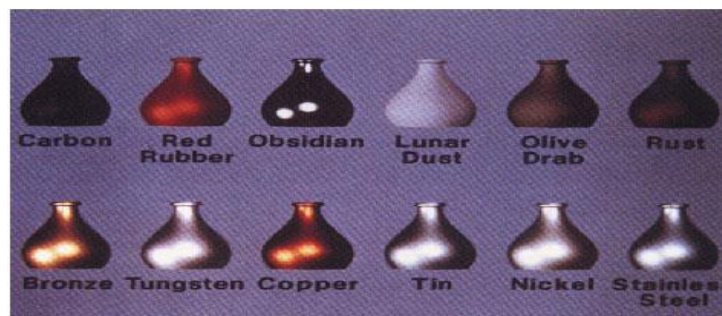


局部光照模型

### 三、局部光照模型的优点：

#### § 相对于简单光照模型而言

- | 基于入射光能量导出的光辐射模型
- | 反映表面的粗糙度对反射光强的影响
- | 高光颜色与材料的物理性质有关
- | 改进入射角很大时的失真现象
- | 考虑了物体材质的影响，可以模拟磨光的金属光泽



# 光透射模型

## 一、 为什么考虑光透射模型？

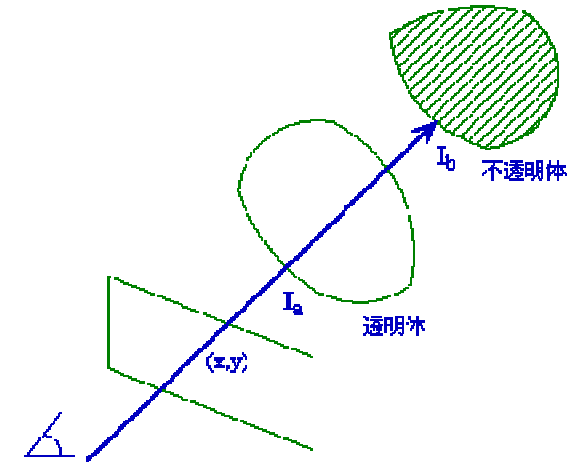
- n 简单和局部光照模型没有考虑光的透射现象。
- n 适用于场景中有透明或者半透明的物体的光照处理。
- n 早期用颜色调和法进行模拟。

## 二、 光透射模型

n 颜色调和法

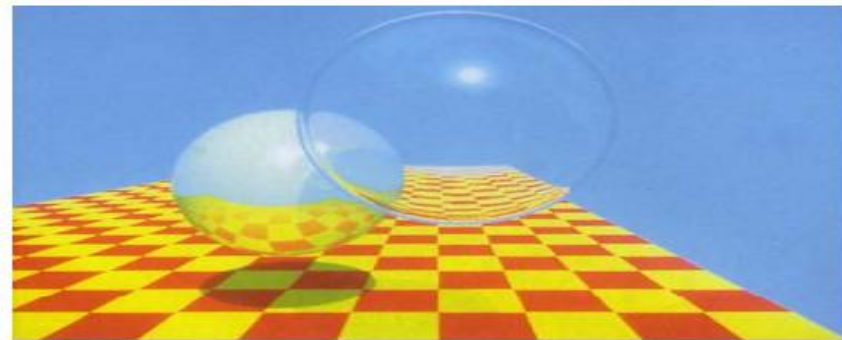
$$I = t * I_b + (1-t) * I_a$$

不考虑透明体对光的折射以及透明物体本身的厚度，光通过物体表面是不会改变方向的，可以模拟平面玻璃。





1980年Whitted提出了第一个整体光照模型，并给出了一般光线跟踪算法的范例，综合考虑了光的反射、折射、透射和阴影等。被认为是计算机图形领域的一个里程碑。



Turner Whitted , An improved illumination model for shaded display, Communications of the ACM, v.23 n.6, p.343-349, June 1980.

2003年Whitted当选为美国工程院院士。

### 三、Whitted 光透射模型

1980年由Whitted提出，因此命名。

在简单光照明模型的基础上，加上透射光项就得到Whitted光透射模型：

$$I = I_a \cdot K_a + I_p \cdot K_d \cdot (L \cdot N) + I_p \cdot K_s \cdot (R \cdot V)^n + I'_t \cdot K'_t$$

再加上镜面反射光项，就得到Whitted 整体光照模型：

$$I = I_a \cdot K_a + I_p \cdot K_d \cdot (L \cdot N) + I_p \cdot K_s \cdot (R \cdot V)^n + I'_t \cdot K'_t + I'_s \cdot K'_s$$

