

Chapter 9

Phong模型

主讲人：王世元

1.Lambert模型(漫反射)

环境光:

$$I_{\text{ambdiff}} = K_d * I_a$$

其中 I_a 表示环境光强度, $K_d(0 < K < 1)$ 为材质对环境光的反射系数, I_{ambdiff} 是漫反射体与环境光交互反射的光强。

方向光:

$$I_{\text{ldiff}} = K_d * I_l * \cos(\theta)$$

其中 I_l 是点光源强度, θ 是入射光方向与顶点法线的夹角, 称入射角($0 \leq \theta \leq 90^\circ$), I_{ldiff} 是漫反射体与方向光交互反射的光强, 若 N 为顶点单位法向量, L 表示从顶点指向光源的单位向量(注意顶点指向光源), 则 $\cos(\theta)$ 等价于 $\text{dot}(N, L)$, 故又有:

$$I_{\text{ldiff}} = K_d * I_l * \text{dot}(N, L)$$

最后综合环境光和方向光源, Lambert光照模型可以写成:

$$I_{\text{diff}} = I_{\text{ambdiff}} + I_{\text{ldiff}} = K_d * I_a + K_d * I_l * \text{dot}(N, L)$$

2.Phong模型(镜面反射)

Phong模型认为镜面反射的光强与反射光线和视线的夹角相关：

$$I_{\text{spec}} = K_s * I_l * (\text{dot}(V,R))^{N_s}$$

其中 K_s 为镜面反射系数， N_s 是高光指数， V 表示从顶点到视点的观察方向， R 代表反射光方向。由于反射光的方向 R 可以通过入射光方向 L (从顶点指向光源)和物体的法向量求出，

$$R + L = 2 * \text{dot}(N, L) * N \quad \text{即} \quad R = 2 * \text{dot}(N,L) * N - L$$

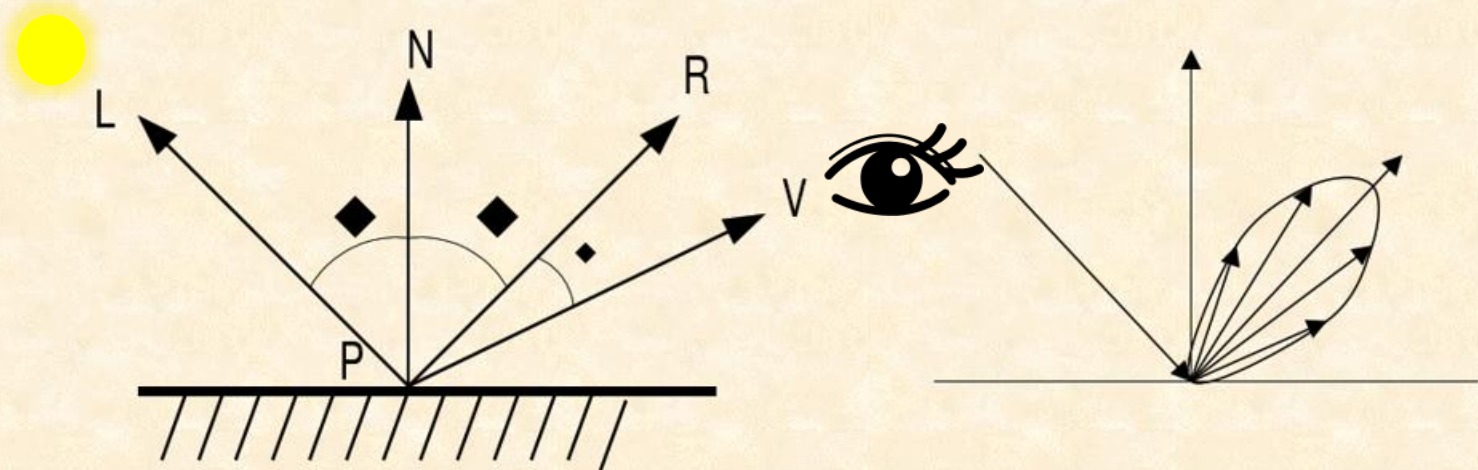
所以最终的计算式为：

$$I_{\text{spec}} = K_s * I_l * (\text{dot}(V, (2 * \text{dot}(N,L) * N - L)))^{N_s}$$

镜面反射和Phong模型

- 在光滑表面上看到的高光或镜面反射是由接近镜面反射角的一个会聚区域内入射光的全部或绝大部分成为反射光所导致。
- Phong曾提出一个计算镜面范围的经验公式，称为Phong镜面反射模型

非理想镜面反射



P为物体表面上一点，L为点P指向光源的单位矢量，
R为反射单位矢量，V为从P指向视点的单位矢量，
N为单位法矢量

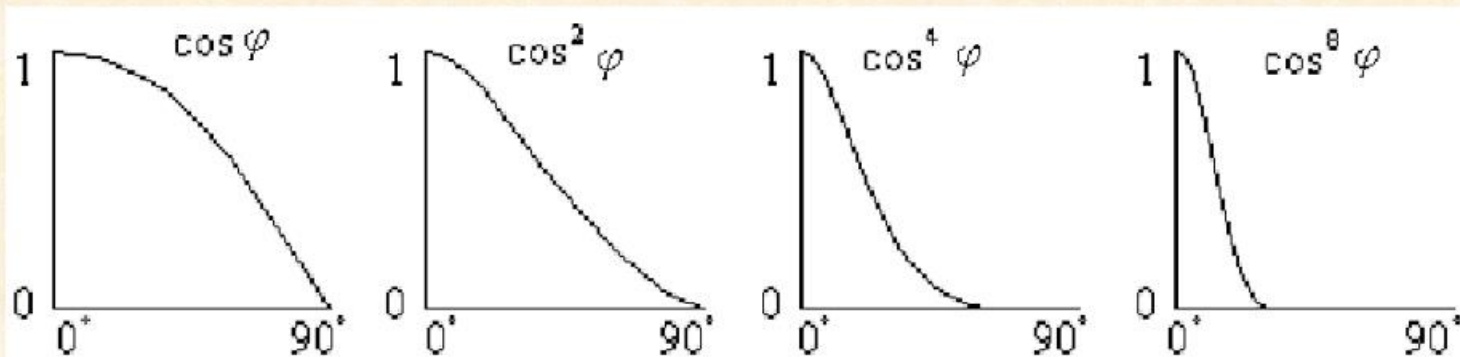
• 非理想镜面反射亮度光照明方程：

$$I_s = I_p K_s \cos^{n_s} \varphi = I_p K_s (V \cdot R)^{n_s}$$

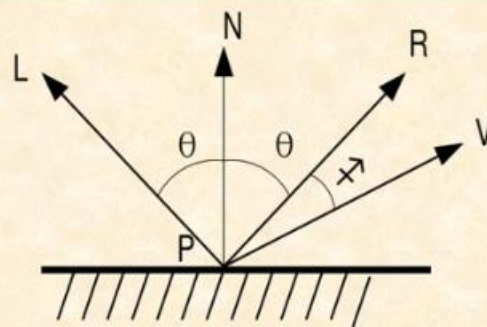
镜面反射

$$I_s = I_p K_s \cos^{n_s} \varphi$$

- I_s 为镜面反射光强, I_s 随 ω 的增大而衰减。
- I_p 为点光源的亮度
- K_s 是与物体有关的镜面反射系数。
- n_s 为镜面反射参数, n_s 的取值与物体表面粗糙程度有关。
 - n_s 越大, 表面越平滑 (散射现象少, 视点稍一偏离, 明暗亮度急剧下降)
 - n_s 越小, 表面越毛糙 (散射现象严重)



– 反射方向R的计算



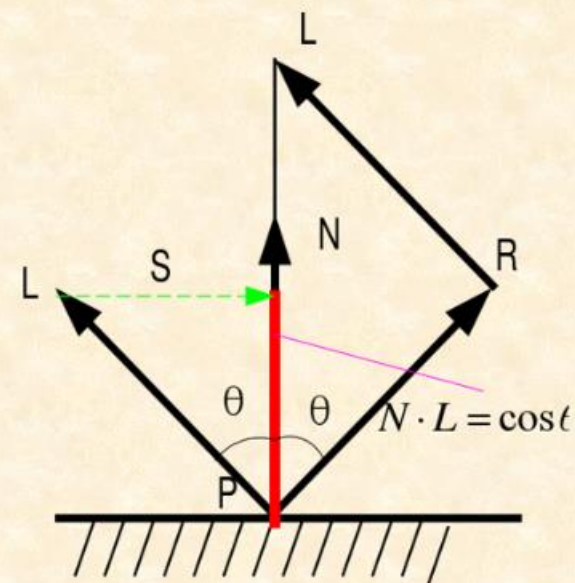
$$I_s = I_p K_s \cos^{n_s} \varphi$$

$$= I_p K_s (V \cdot R)^{n_s}$$

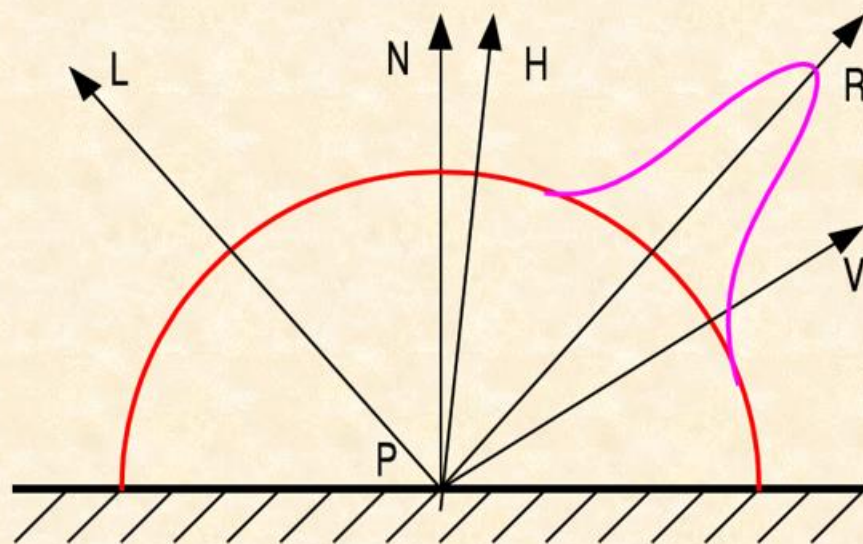
L 在 N 上的投影矢量为 $N \cos \theta$

$$\therefore L + R = 2N \cos \theta$$

$$\therefore R = 2N \cos \theta - L = 2N(N \cdot L) - L$$



- Phong模型几何



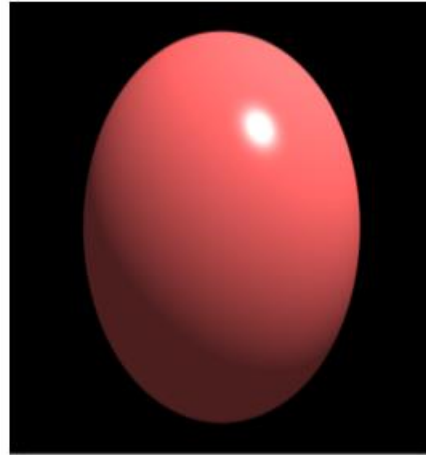
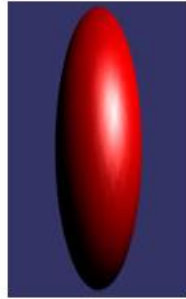
$$I = K_a \times I_a + K_d \times I_d \times (N \cdot L) + K_s \times I_s \times (V \cdot R)^{n_s}$$

Ambient effect

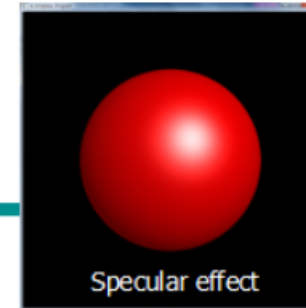
Diffuse effect

Specular effect

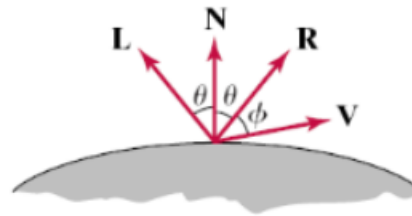
示例



Specular Reflection Model



- Input
 - Specular light color: $I_s = (I_{s,R}, I_{s,G}, I_{s,B})$
 - Specular reflection coefficients: $K_s = (K_{s,R}, K_{s,G}, K_{s,B})$
 - Specular exponent: n_s
- Output color
 - $I = K_s \times I_s \times \cos^{n_s}(\theta) =$
 $(K_{s,R} \times I_{s,R}, K_{s,G} \times I_{s,G}, K_{s,B} \times I_{s,B}) \times (V \cdot R)^{n_s}$



3.Blinn-Phong光照模型(修正镜面光)

Blinn-Phong是一个基于Phong模型修正的模型，其公式为：

$$I_{\text{spec}} = K_s * I_l * (\text{dot}(N,H))^{N_s}$$

其中N是入射点的单位法向量，H是光入射方向L和视点方向V的中间向量，通常也称之为半角向量（半角向量被广泛用于各类光照模型，原因不但在于半角向量蕴含的信息价值，也在于半角向量是很简单的计算： $H = (L + V) / |L + V|$ ）。

```
//镜面反射指数  
double ks = 0.3;  
double ns = 100;
```

```
//求反射方向|
```

```
Vector3D R = 2 * normal * (normal * rayLight) - rayLight;  
R.Normalize();
```

```
primaryRay.Direction.Normalize();
```

```
SColor color = Ia * ka + Ip * kd * (rayLight * normal) +  
    Ip * ks * (Math.Pow(R * primaryRay.Direction, ns));
```

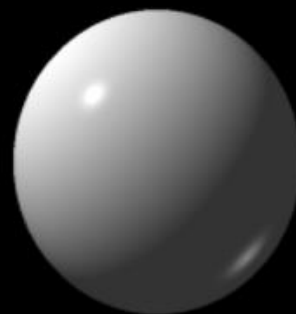
```
bmp.SetPixel(i, j, color.ToRGB255Color());
```

显示

随机

保存

测试

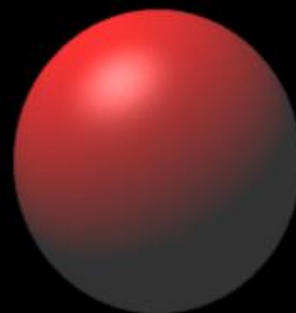


显示

随机

保存

测试

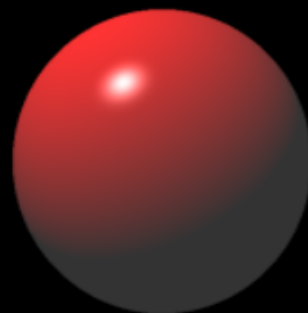


显示

随机

保存

测试



位置

光源

颜色

材质
Material

Scolor : kd

Scolor : ks

Doubel : ns

球体

位置

半径

材质

