

光照明模型（上）： Phong模型初步

华中科技大学软件学院 万琳



提纲

- ① 光照模型的发展
- ② Phong模型

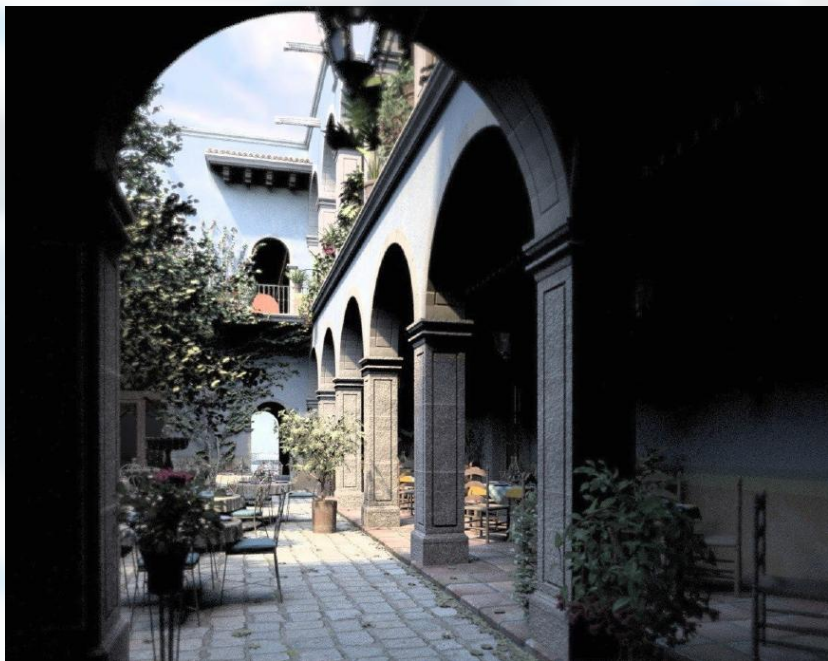
1

光照模型的发展

- ◆1967年，Wylie等人第一次在显示物体时加进光照效果，认为光强与距离成反比。
- ◆1970年，Bouknight提出第一个光反射模型：
Lambert漫反射 + 环境光
- ◆1971年，Gouraud提出漫反射模型加插值的思想
- ◆1975年，Phong提出图形学中第一个有影响的光照明模型
- ◆全局光照

1

光照模型的发展



◆局部光照



◆全局光照

取自《Physically Based Rendering, Second Edition From Theory to Implementation》的封面

2

Phong模型

简单光照模型模拟物体表面对光的反射作用

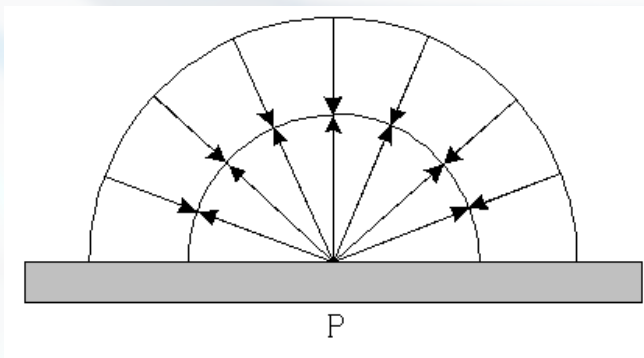
◆光源为点光源

◆反射作用分为

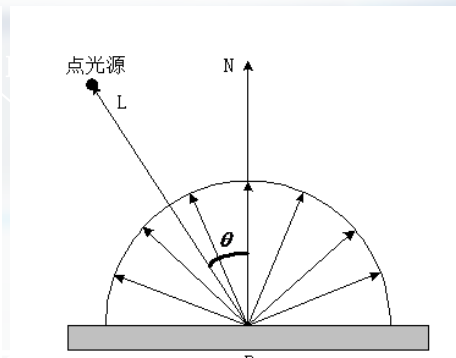
环境光(Ambient Light)

漫反射(Diffuse Reflection)

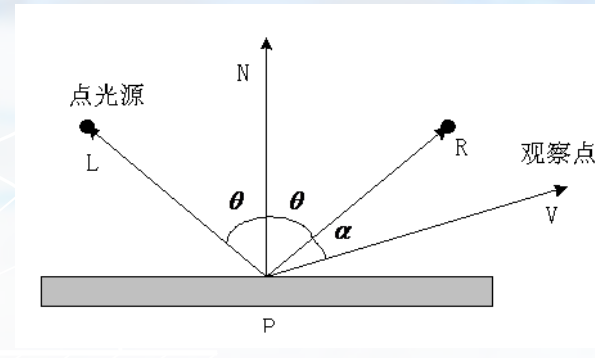
镜面反射(Specular Reflection)



环境光



漫反射



镜面反射

2

Phong模型

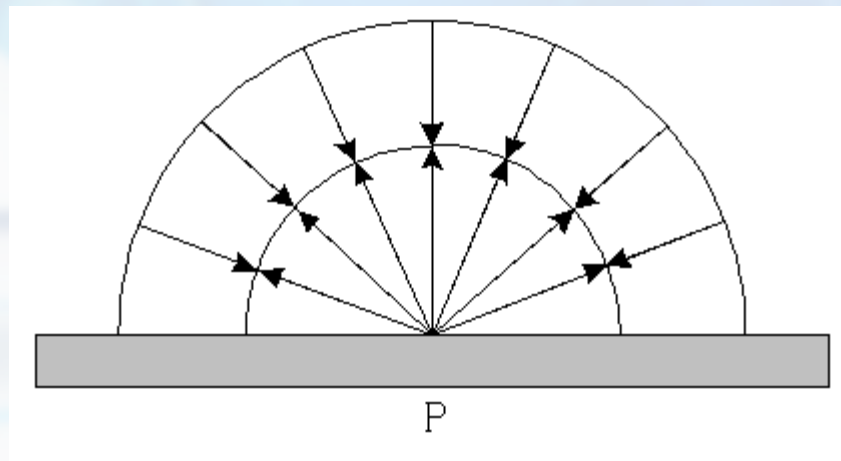
◆环境光(Ambient Light)

在没有光源的地方，景物没有受到光源的直接照射，但其表面仍具有一定的亮度，使它们可见。这是因为光线在场景中经过复杂的传播之后，形成了弥漫于整个空间的光线，称为环境光。

- 环境光是指光源间接对物体的影响
- 光在物体和环境之间多次反射，最终达到平衡
- 同一环境下的环境光光强分布均匀
- 近似表示： $I_e = I_a \cdot K_a$

其中， I_a 环境光强度

K_a 为物体对环境光的反射系数



2

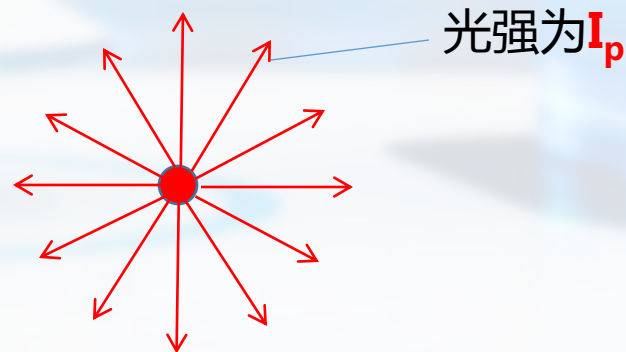
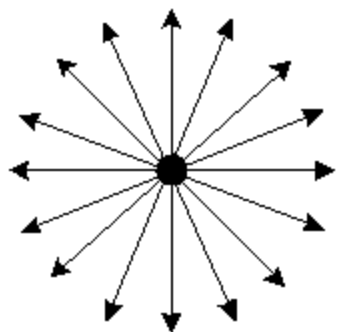
Phong模型

◆理想漫反射和镜面反射相关的点光源

点光源是位于空间某个位置的一个点，向周围所有的方向上辐射等光强的光，记其光强为 I_p 。

在点光源的照射下，物体表面的不同部分亮度不同，亮度的大小依赖于它的朝向以及它与点光源之间的距离。

点光源发射光的路径



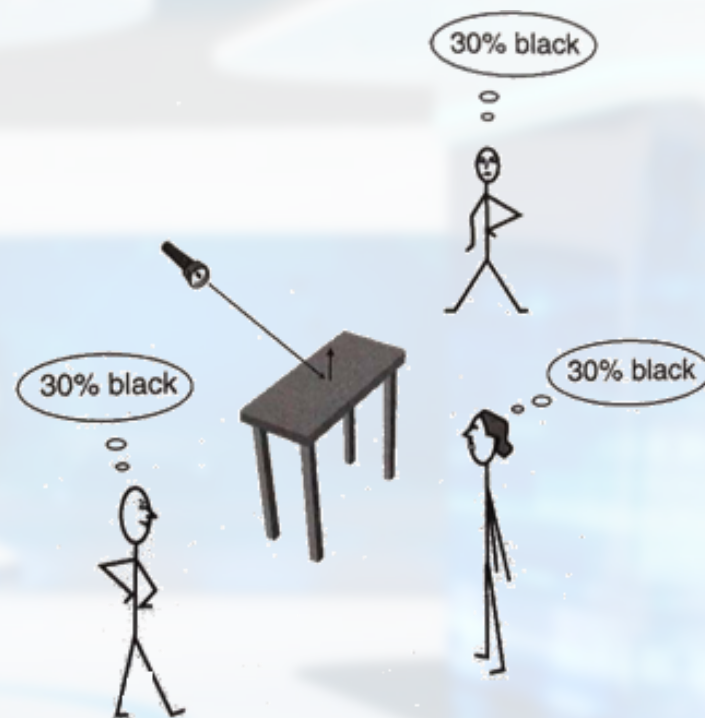
2

Phong模型

◆理想漫反射(Diffuse Reflection)

在一个粗糙的、无光泽的表面呈现为漫反射。当光线照射到这样的表面上时，光线沿各个方向都作相同的反射，所以从任何角度去看这种表面都有相同的亮度。

漫反射的特点：光源来自一个方向，反射光均匀地射向各个方向，与视点无关。



2

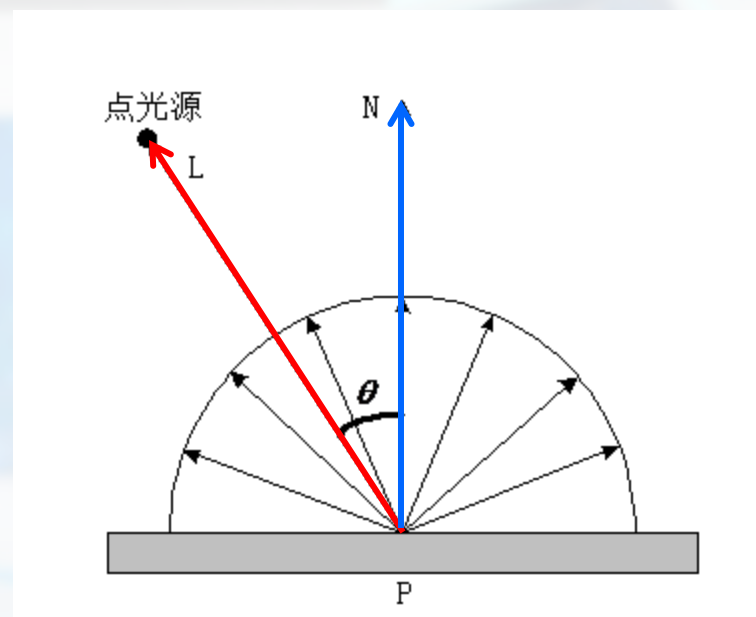
Phong模型

◆理想漫反射(Diffuse Reflection)

- 由Lambert余弦定律，漫反射光强为 $I_d = I_p K_d \times \cos\theta$
- 其中：
- I_p 是入射光的强度
- K_d 是与物体有关的漫反射系数， $0 < K_d < 1$
- θ 是L和N的夹角 $0 \leq \theta \leq \pi/2$

L是P点指向光源的方向矢量

N是物体表面在P点的法矢量

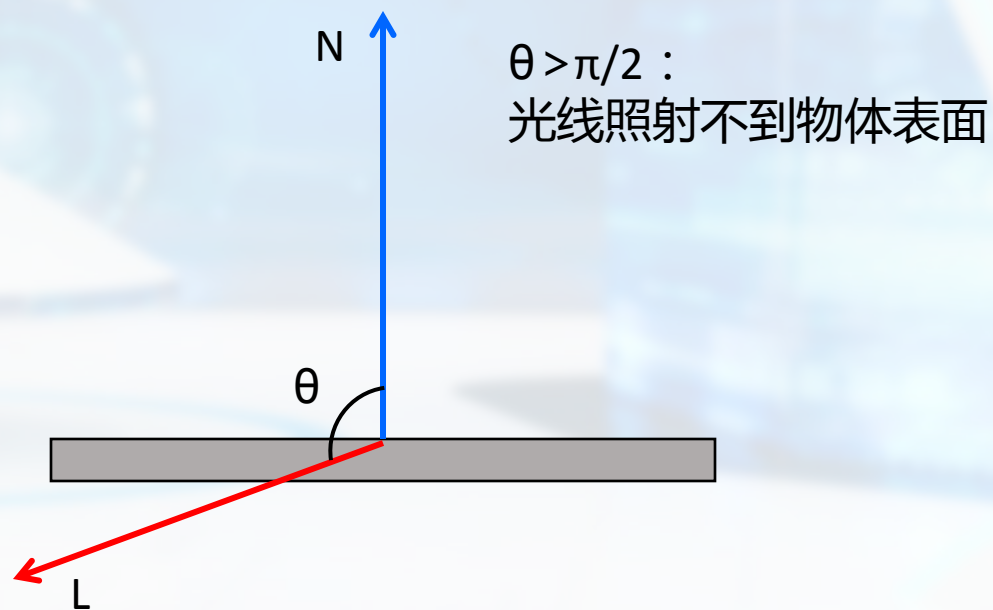
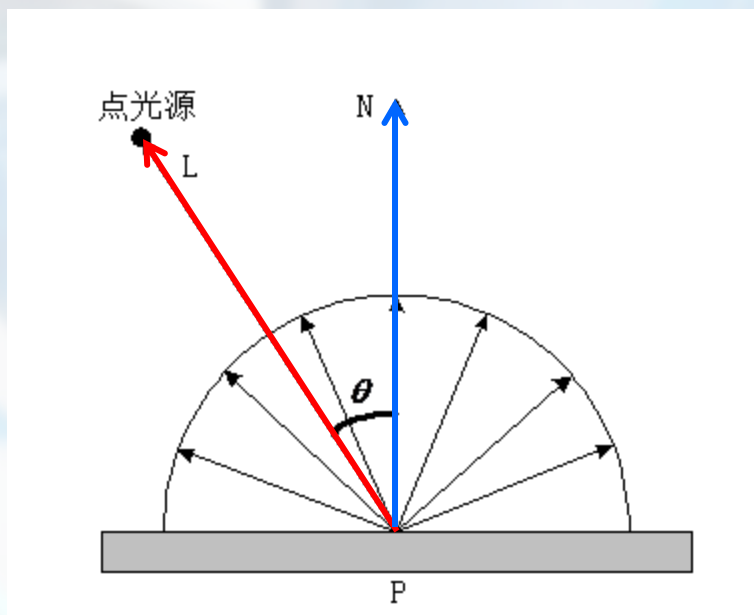


2

Phong模型

◆理想漫反射(Diffuse Reflection)

- 其中： $0 \leq \theta \leq \pi/2$



2

Phong模型

◆理想漫反射(Diffuse Reflection)

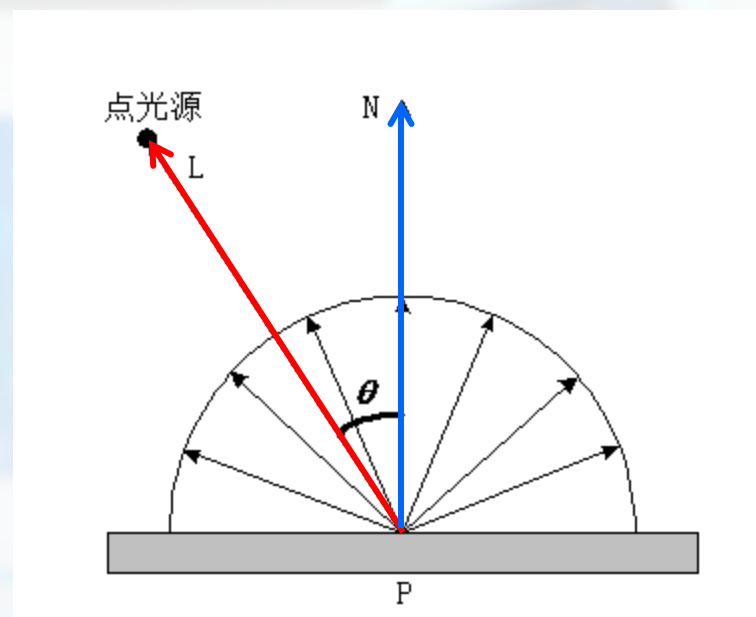
- 由Lambert余弦定律，漫反射光强为 $I_d = I_p K_d \times \cos\theta$
- 其中：
- I_p 是入射光的强度
- K_d 是与物体有关的漫反射系数， $0 < K_d < 1$
- θ 是L和N的夹角 $0 \leq \theta \leq \pi/2$

L是P点指向光源的方向矢量

N是物体表面在P点的法矢量

将L和N规格化为单位矢量则 $\cos\theta = (L \cdot N)$

漫反射光强为 $I_d = I_p K_d \times (L \cdot N)$



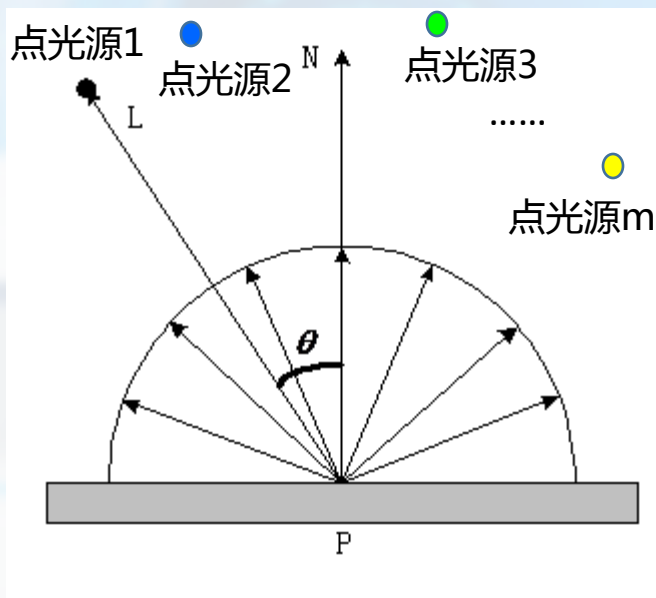
2

Phong模型

◆理想漫反射

多个点光源 (m个点光源)

漫反射光强为
$$I_d = \sum_{i=1}^m I_{p,i} K_d \times (L_i \cdot N)$$



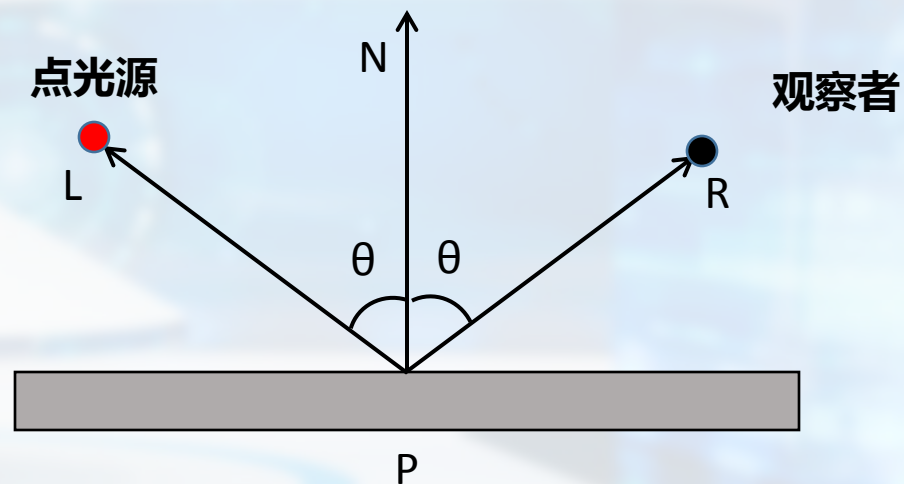
2

Phong模型

◆镜面反射(Specular Reflection)

镜面反射遵循反射定律，反射光位于表面法矢的两侧。

➤对于理想的高光泽度反射面，反射角等于入射角时候，光线才会被反射。这时，如果观察者正好处在P点的镜面反射方向上，就会看到一个比周围亮得多的一个高光点。



2

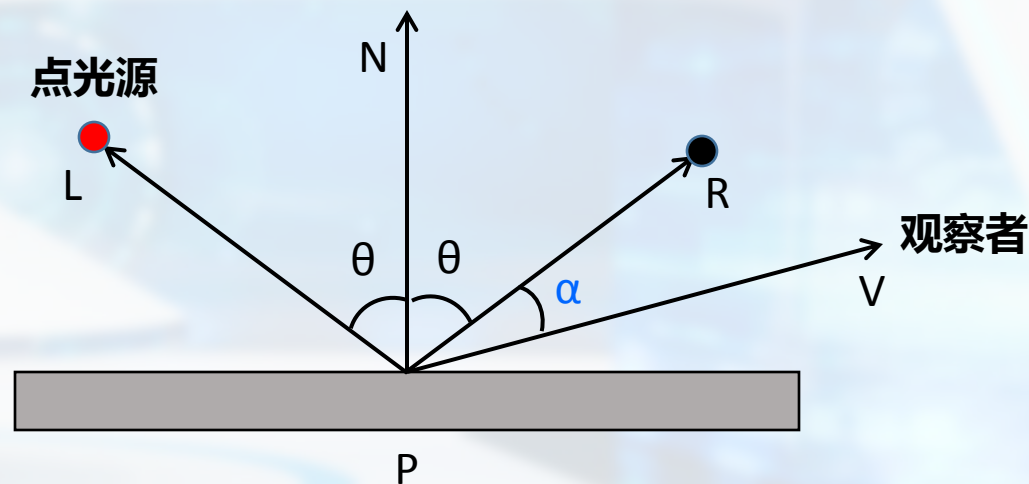
Phong模型

◆镜面反射(Specular Reflection)

镜面反射遵循反射定律，反射光位于表面法矢的两侧。

➤非理想的反射面，只要其表面是光滑的，在点光源的照射下，也会产生一块特别亮的区域，称为高光点。

尽管这时镜面反射光的强度会随 α 角的增加而急剧地减少，但观察者还是可以在 α 角很小的情况下接受到这种改变了方向的一部分镜面反射光。



2

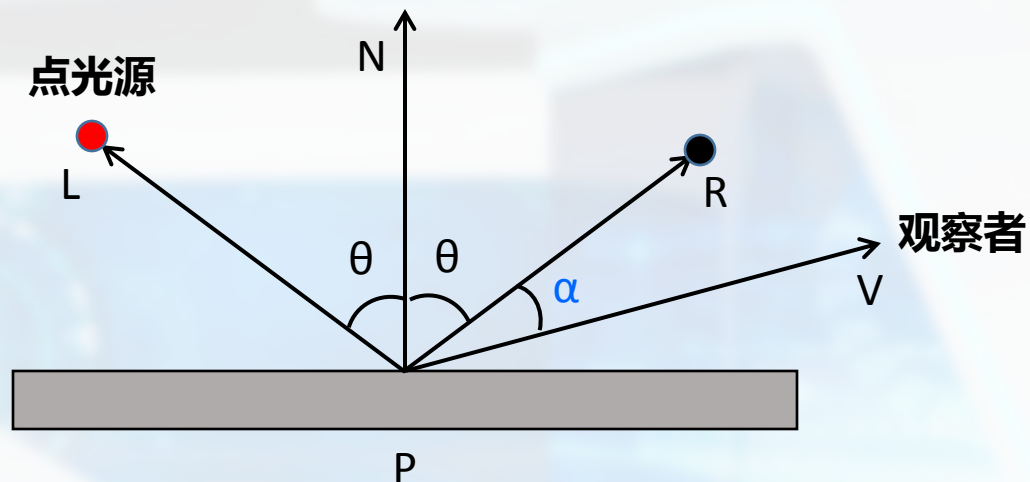
Phong模型

◆镜面反射(Specular Reflection)

- 镜面反射光强可表示为 $I_s = I_p \cdot K_s \cos^n \alpha$
- I_p 是入射光的强度
- K_s 是与物体有关的镜面反射系数
- α 为视点方向 V 与镜面反射方向 R 之间的夹角，且 V 、 R 均规格化为单位向量
 $\cos \alpha = R \cdot V$

$$I_s = I_p \cdot K_s (R \cdot V)^n$$

- n 为反射指数，反映物体表面的光泽程度，数目越大物体表面越光滑



光滑



粗糙

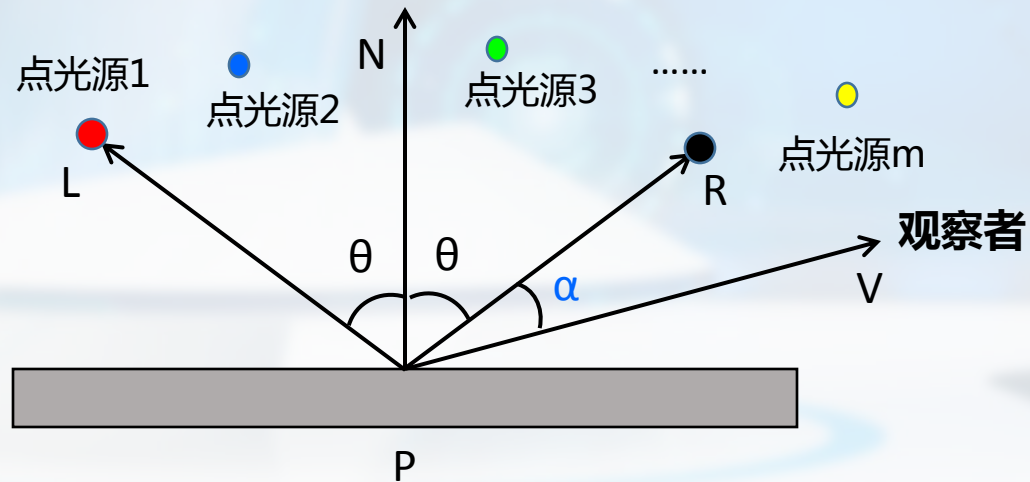
2

Phong模型

◆镜面反射(Specular Reflection)

多个点光源 (m个点光源)

镜面反射光强为 $I_s = \sum_{i=1}^m I_{p,i} K_s \times (R_i \cdot V)^n$



2

Phong模型

◆综合表示（假定只有一个光源）

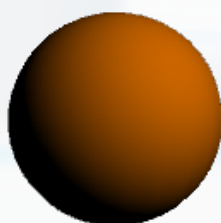
Phong光照模型的综合表述：由物体表面上一点P反射到视点的光强 I 为环境光的反射光强 I_e 、理想漫反射光强 I_d 和镜面反射光强 I_s 的总和。

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

环境光



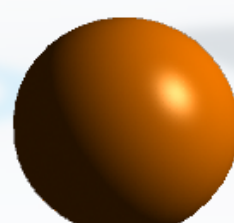
漫反射



镜面反射



Phone光照模型

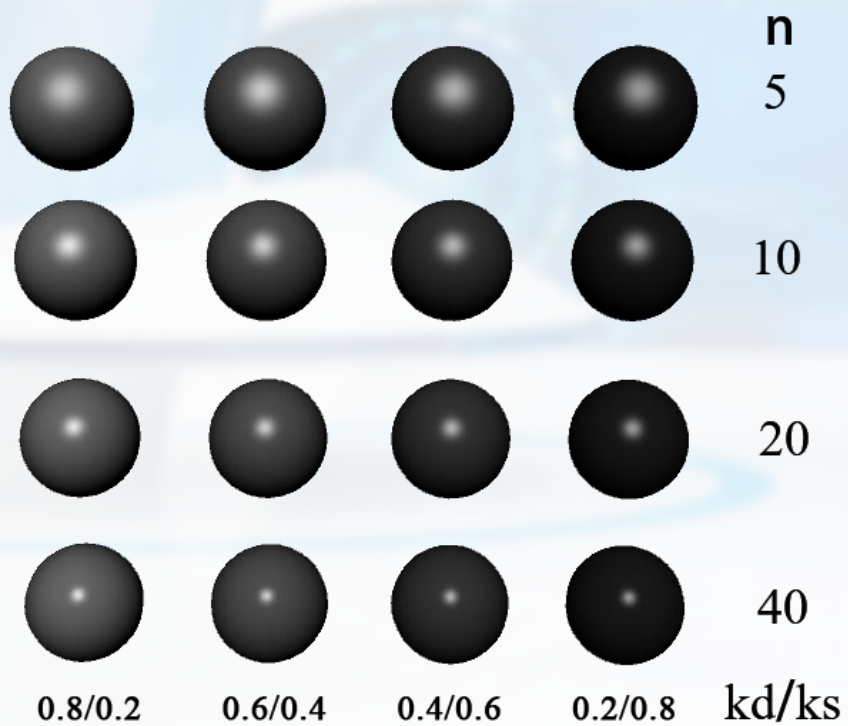


2

Phong模型

◆综合表示

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





谢谢

软件学院 万琳