

光照明模型（下）： 全局光照

华中科技大学软件学院 万琳





提纲

- ① 全局光照的概念
- ② Whitted光透射模型
- ③ 光线追踪算法
- ④ 效果演示

1

全局光照的概念

定义：全局光照，(Global Illumination,简称 GI), 或被称为Indirect Illumination, 间接光照。

全局光照 = 直接光照 + 间接光照



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

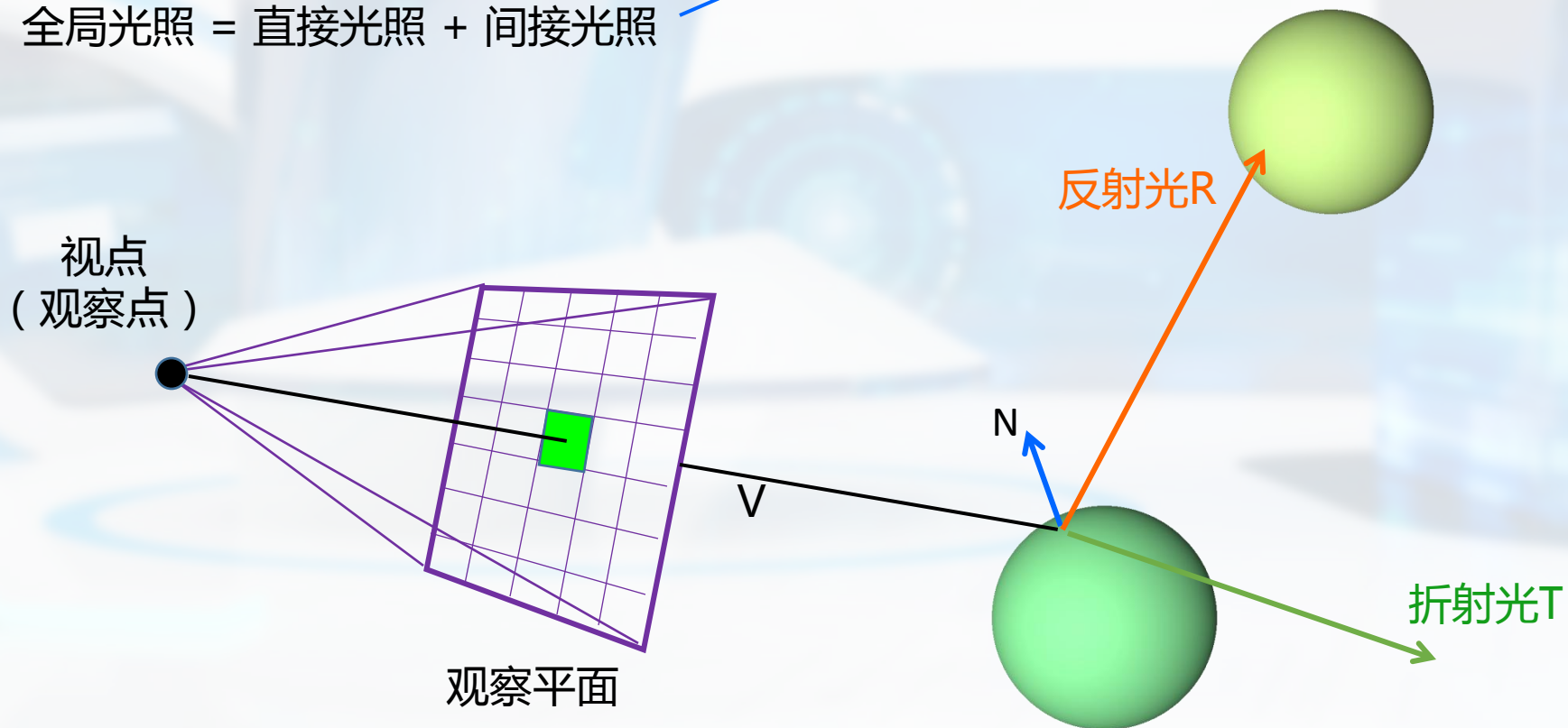
1

全局光照的概念

定义：全局光照，(Global Illumination, 简称 GI), 或被称为 Indirect Illumination, 间接光照。

全局光照 = 直接光照 + 间接光照

来自哪里？





Whitted光透射模型

Phong模型



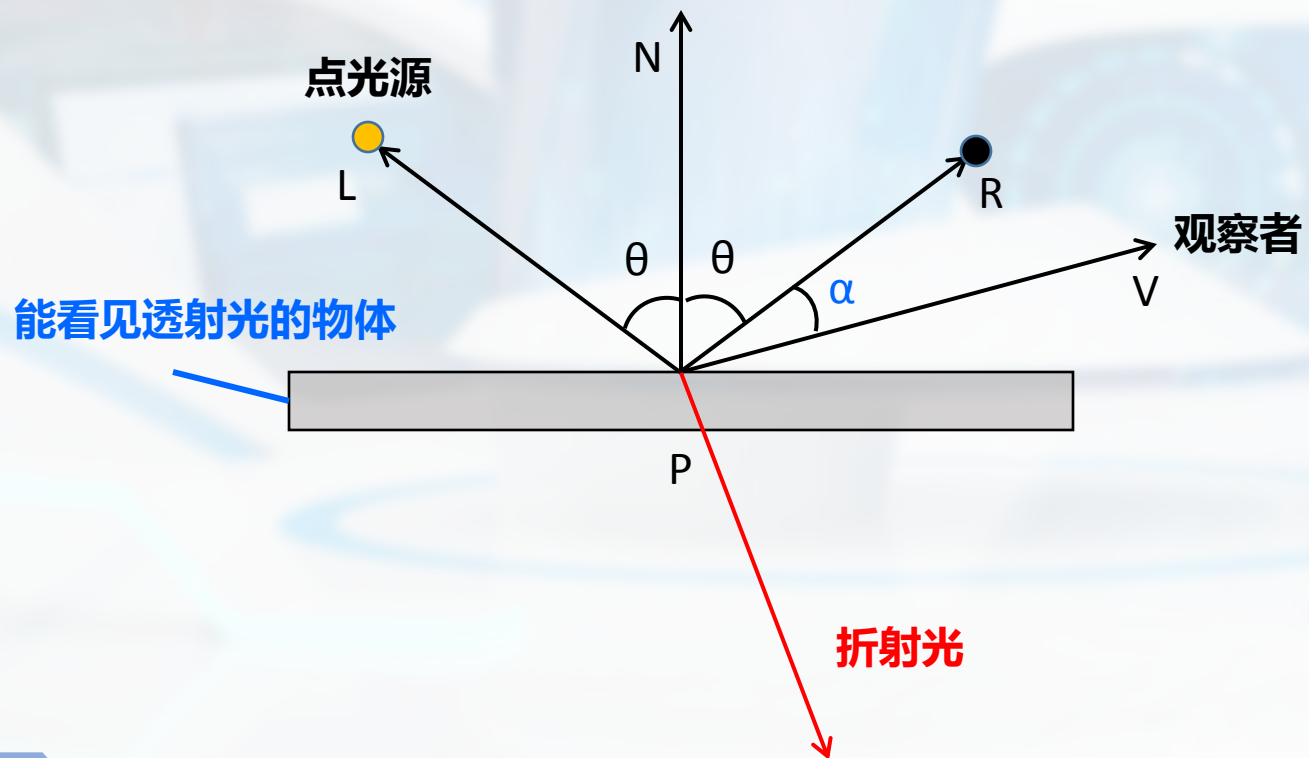
Whitted光透射模型

2

Whitted光透射模型

Whitted光透射模型 = Phong模型 + 透射光强

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



可以看见透射出的折射光

透射光强 $= I_t K_t$

其中：

I_t 是折射方向光强

K_t 是透射系数

Whitted光透射模型

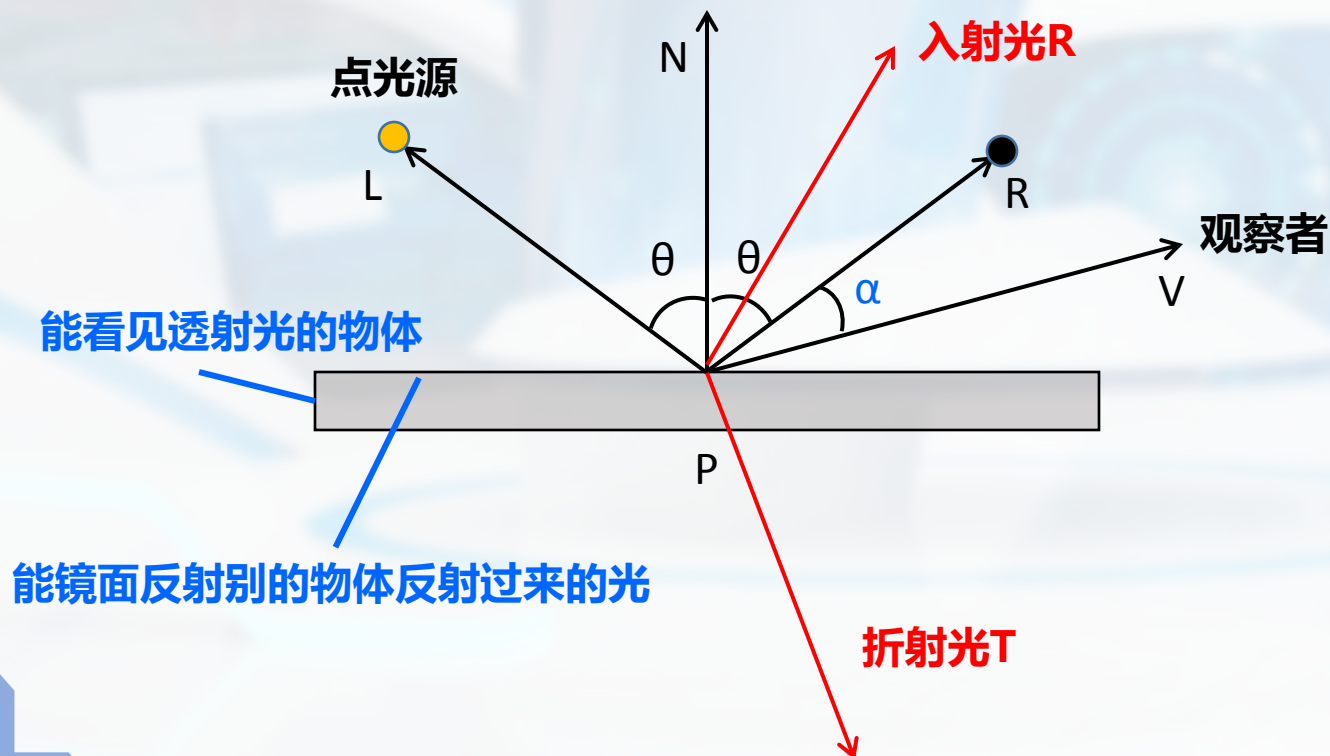
$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (R \cdot V)^n + \mathbf{I_t K_t}$$

2

Whitted光透射模型

Whitted光透射模型 = Phong模型 + 透射光强 + 反射光强 (对其余物体反射光的反射)

原始的Phong模型 $I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (R \cdot V)^n + \mathbf{I_t K_t}$



能反射别的物体反射过来的光

反射光强 $= I_r K_r$

其中：

I_r 是入射光强度 (来自别的物体的反射)

K_r 是反射系数

Whitted光透射模型

$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (R \cdot V)^n + \mathbf{I_t K_t} + \mathbf{I_r K_r}$

2

Whitted光透射模型

◆光照明模型的发展

Phong模型

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

Blin-Phong模型

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

Whitted光透射模型

Phong模型 + 透射光强 + 反射光强

$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (R \cdot V)^n + \mathbf{I_t K_t} + \mathbf{I_r K_r}$$

Blin-Phong模型 + 透射光强 + 反射光强

$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (H \cdot N)^n + \mathbf{I_t K_t} + \mathbf{I_r K_r}$$

3

光线追踪算法

全局光照的主要算法流派：

- Ray tracing 光线追踪；
- Path tracing 路径追踪；
- Photon mapping 光子映射；
- Point Based Global Illumination 基于点的全局光照；
- Voxel-based Global Illumination 基于体素的全局光照；
- Ambient occlusion 环境光遮蔽；
-

3

光线追踪算法

全局光照的主要算法流派：

而其中的每种流派，又可以划分为多种改进和衍生算法，有些又相互关联。

如路径追踪，就是基于光线追踪，结合了蒙特卡洛方法而成的一种新的派系。

光线投射 (Ray Casting)

光线追踪 (Ray tracing)

蒙特卡洛方法

路径追踪 (Path tracing)



3

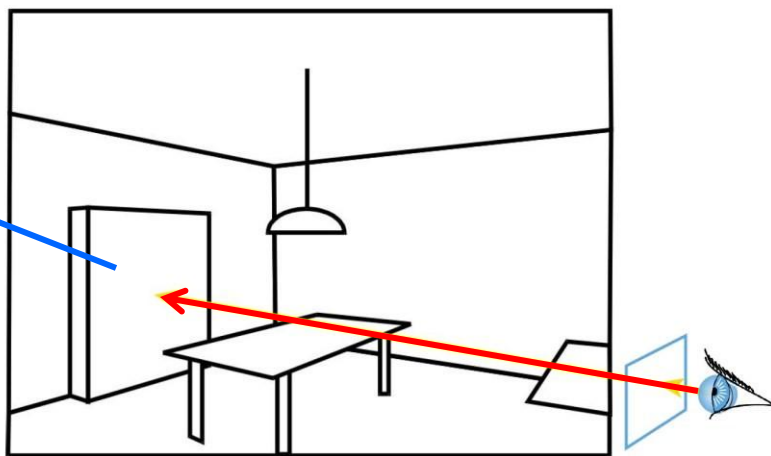
光线追踪算法

◆ 光线投射

光线投射（Ray Casting），作为光线追踪算法中的第一步，其理念起源于1968年，由 Arthur Appel 在一篇名为《Some techniques for shading machine rendering of solids》的文章中提出。

具体思路：从每一个像素射出一条射线，然后找到最接近的物体挡住射线的路径，而视平面上每个像素的颜色取决于从可见光表面产生的亮度。

最接近的物体



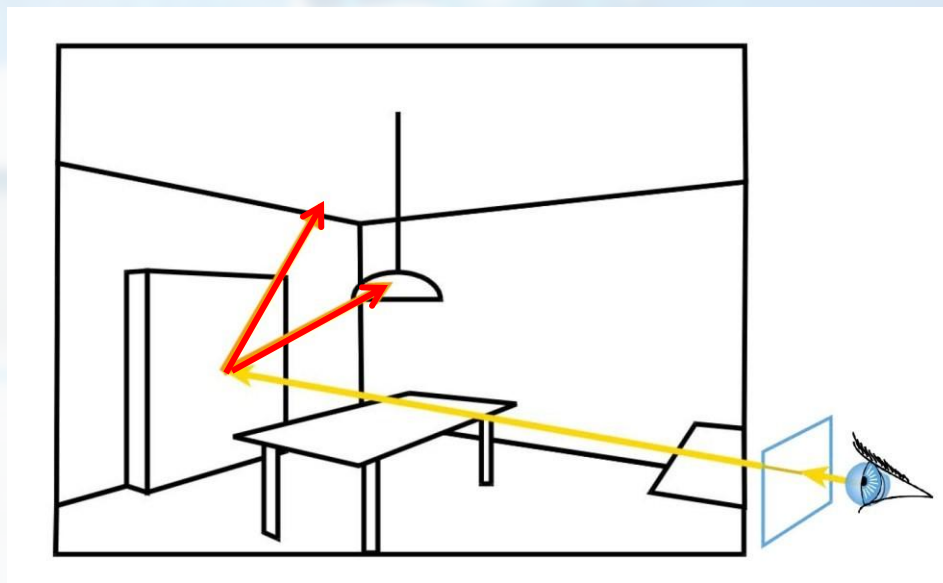
3

光线追踪算法

◆ 加上光线追踪

1979 年，Turner Whitted 在光线投射的基础上，加入光与物体表面的交互，让光线在物体表面沿着反射、折射等方式上继续传播，直到与光源相交。

这一方法后来也被称为经典光线跟踪方法、递归式光线追踪（Recursive Ray Tracing）方法，或 Whitted-style 光线跟踪方法。



3

光线追踪算法

定义：追踪光线路径，然后模拟光线与虚拟对象相互作用的方式。

主要思想：从视点向成像平面上的像素发射光线，找到与该光线相交的最近物体的交点

- 如果该点处的表面是漫反射表面，则计算光源直接照射该点产生的颜色
- 如果该点处表面是镜面或折射面，则继续向反射或折射方向跟踪另一条光线

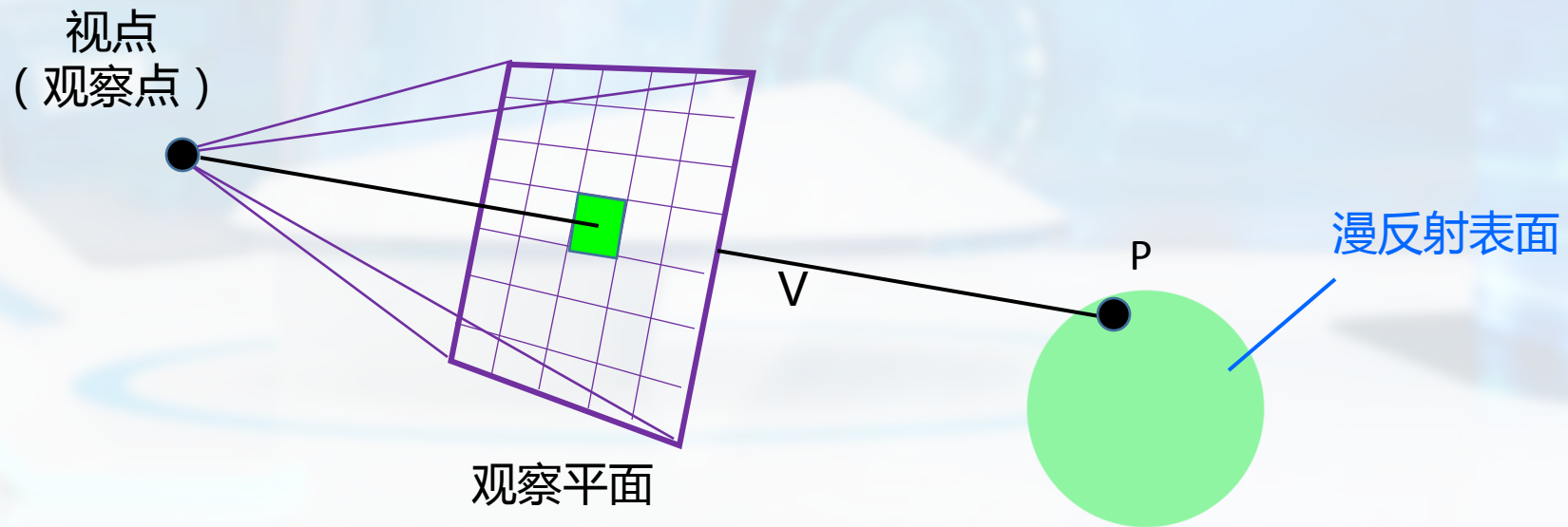
如此递归下去，直到达到结束条件（光线与光源相交、逃逸出场景或者达到设定的最大递归深度）。

3

光线追踪算法

◆ 光线追踪过程

➤ 如果该点处的表面是漫反射表面，则计算光源直接照射该点产生的颜色

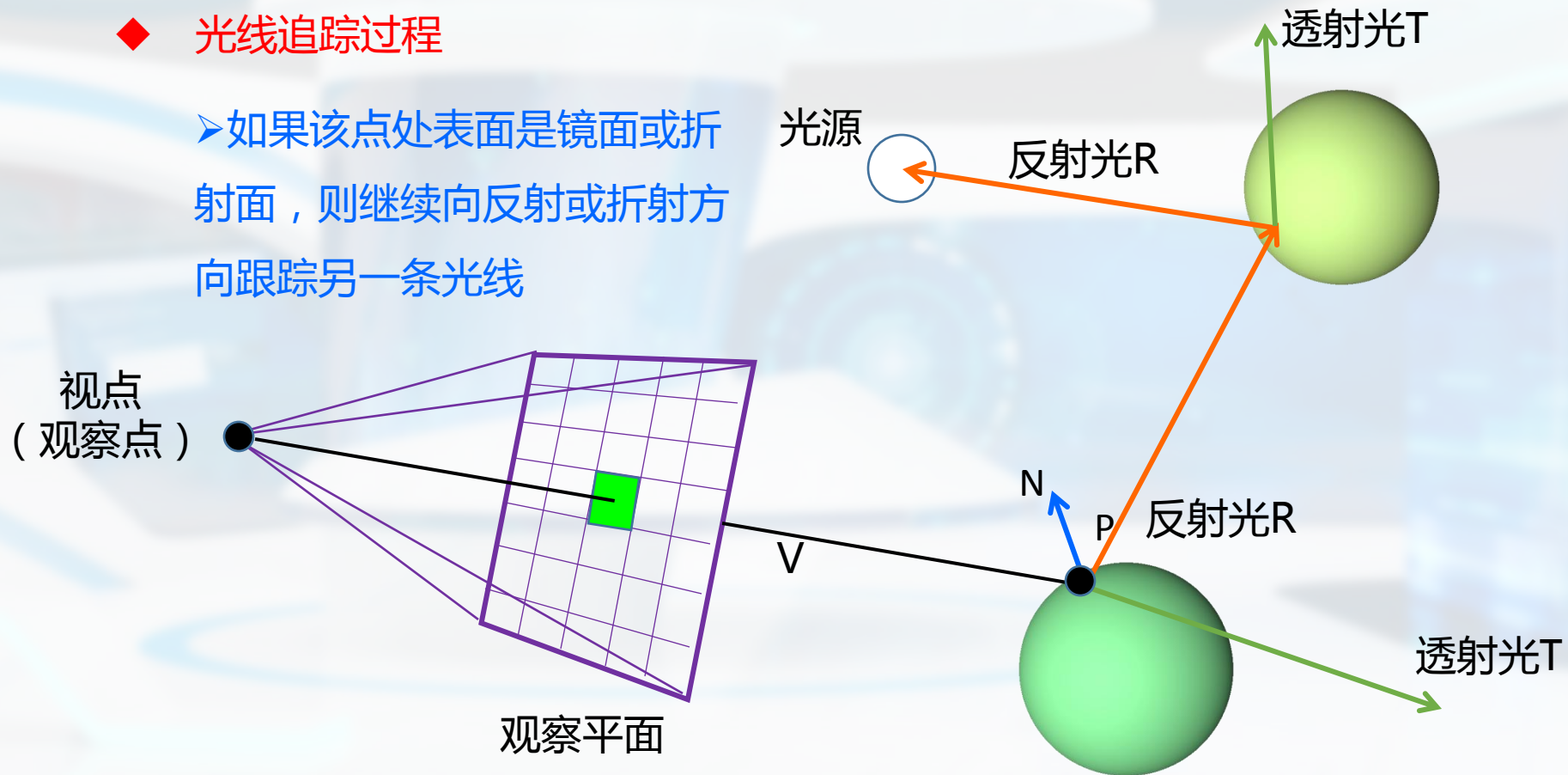


3

光线追踪算法

◆ 光线追踪过程

- 如果该点处表面是镜面或折射面，则继续向反射或折射方向跟踪另一条光线

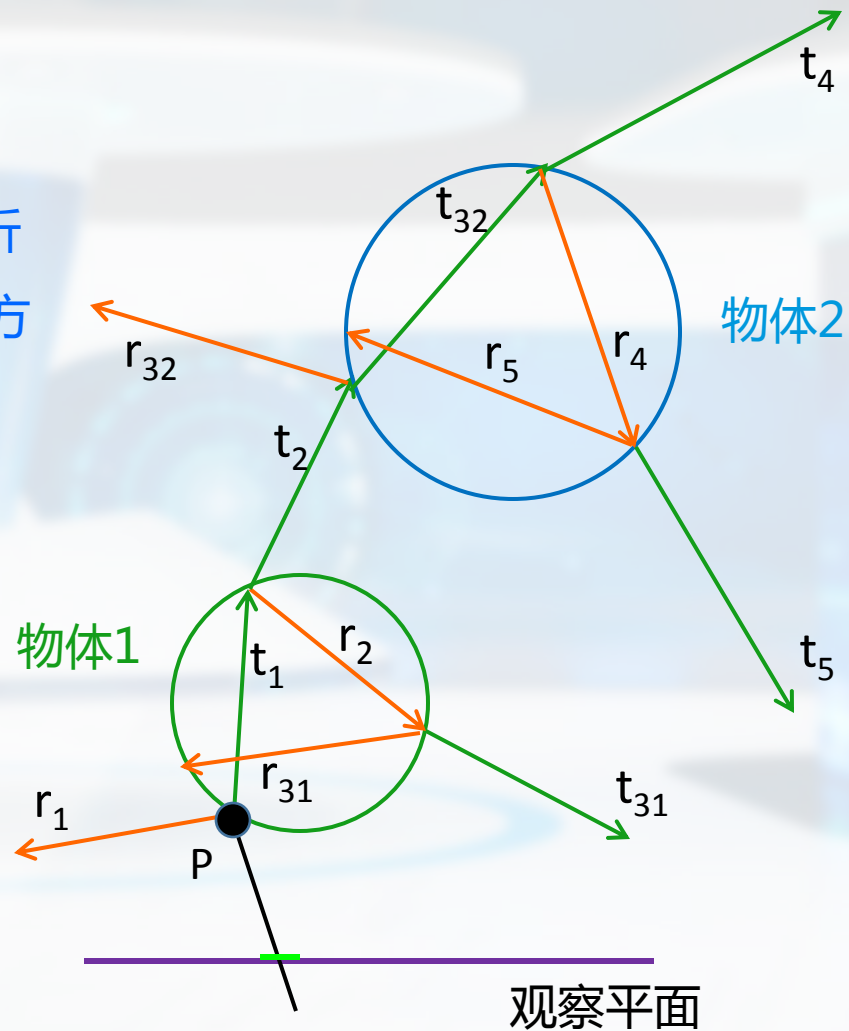


3

光线追踪算法

◆ 光线追踪过程

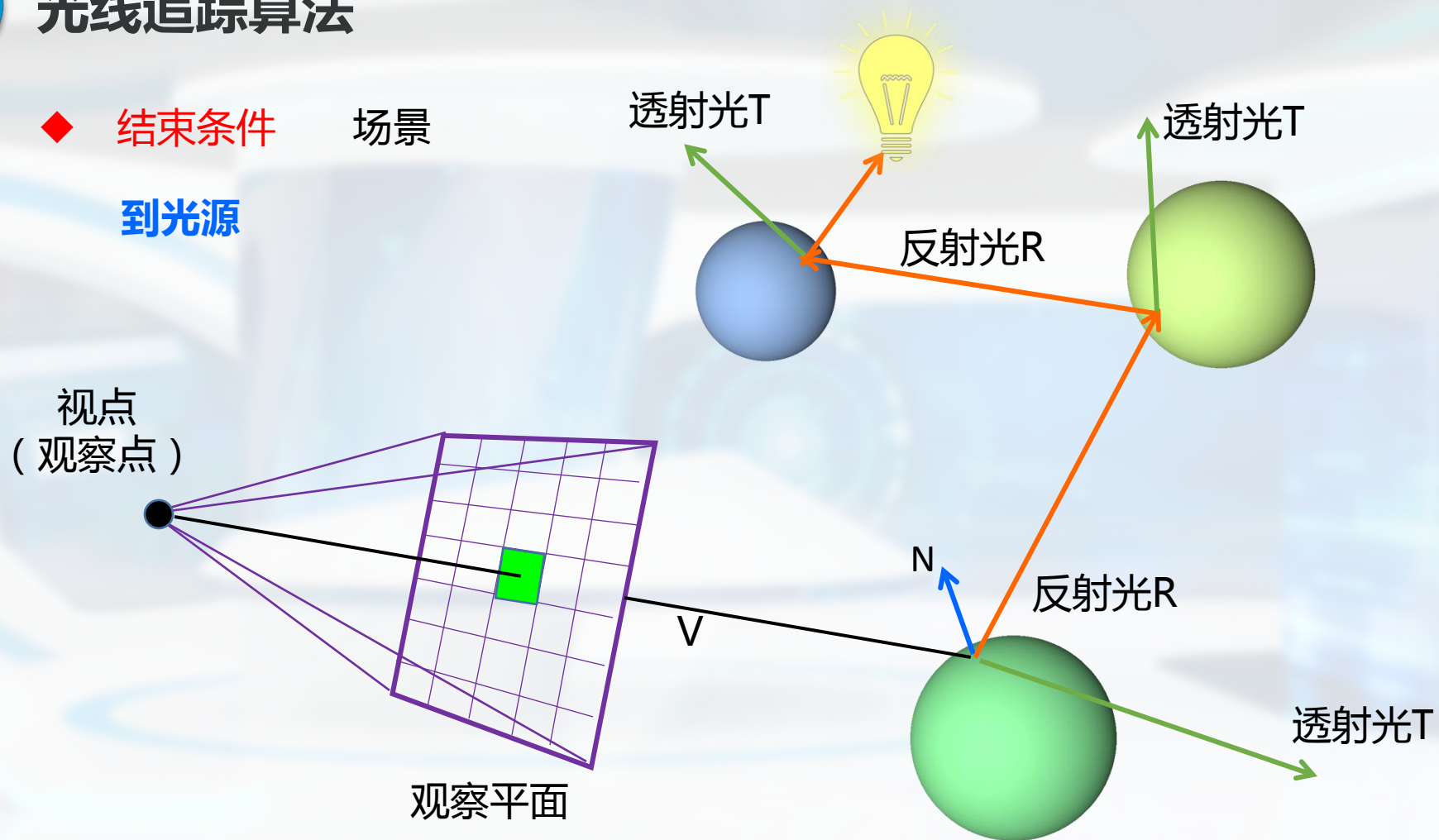
- 如果该点处表面是镜面或折射面，则继续向反射或折射方向跟踪另一条光线



3

光线追踪算法

◆ 结束条件 场景
到光源



3

光线追踪算法

◆ 追踪的结束条件

逃逸出场景

视点
(观察点)

场景

透射光T

反射光R

透射光T

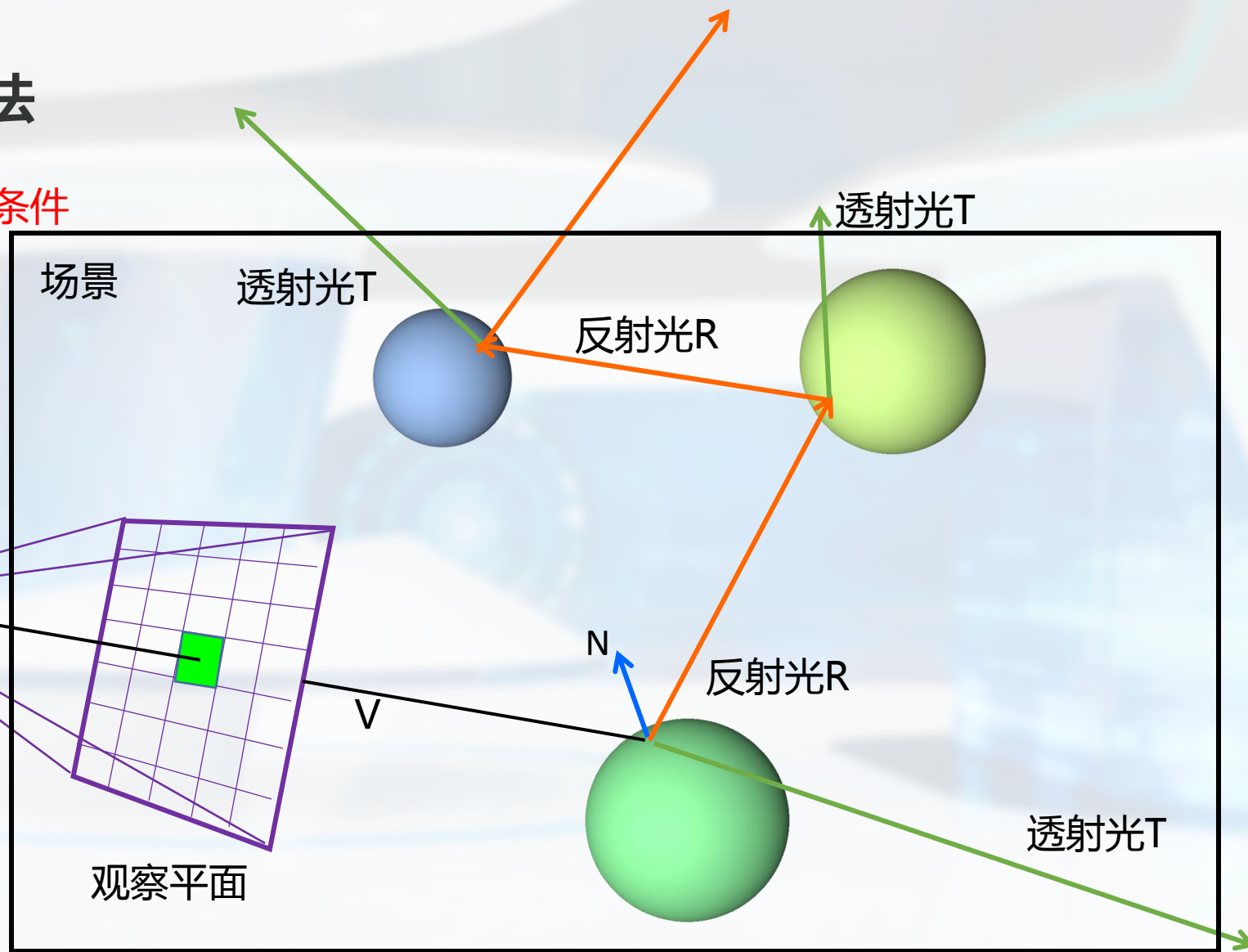
观察平面

V

N

反射光R

透射光T

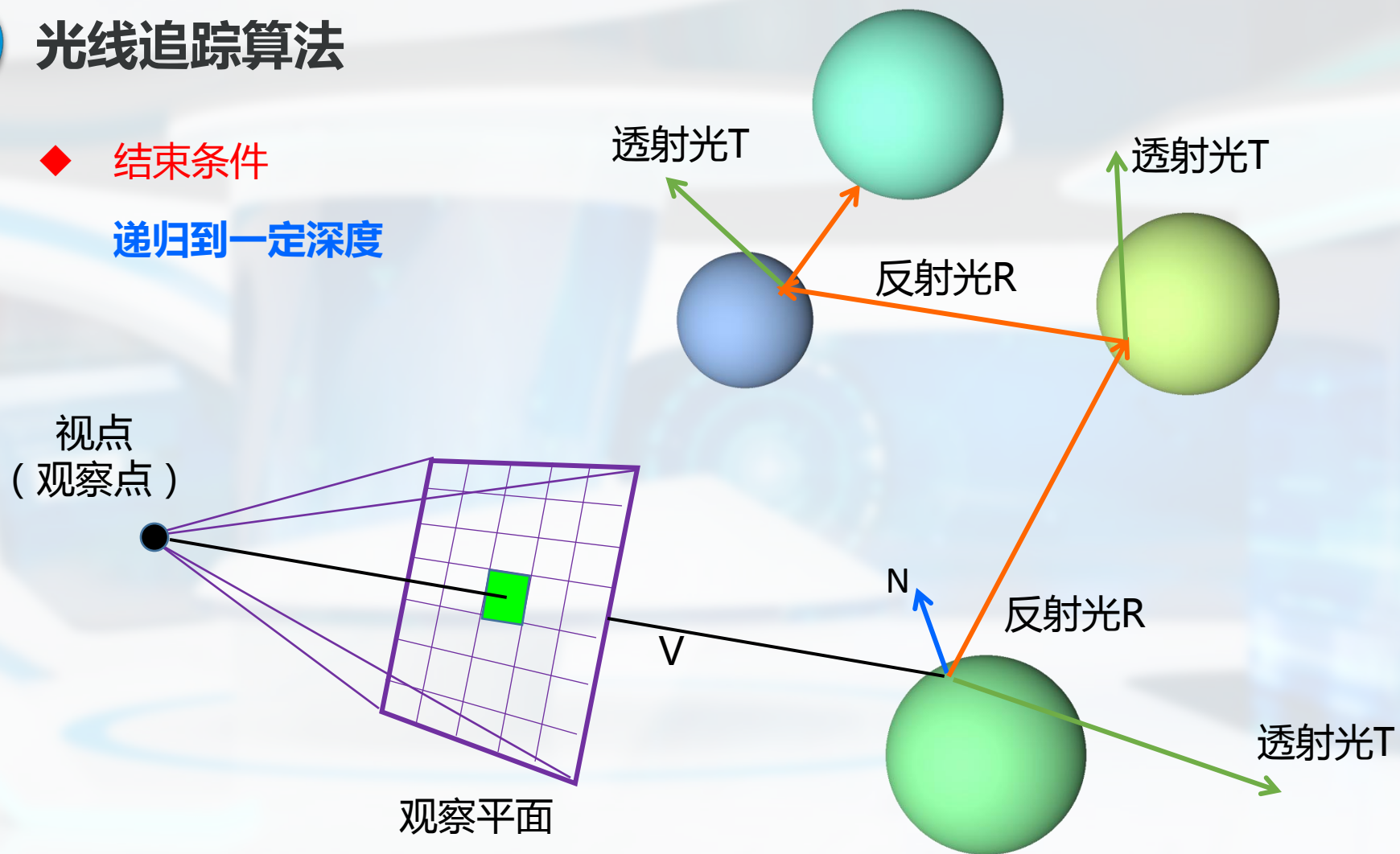


3

光线追踪算法

◆ 结束条件

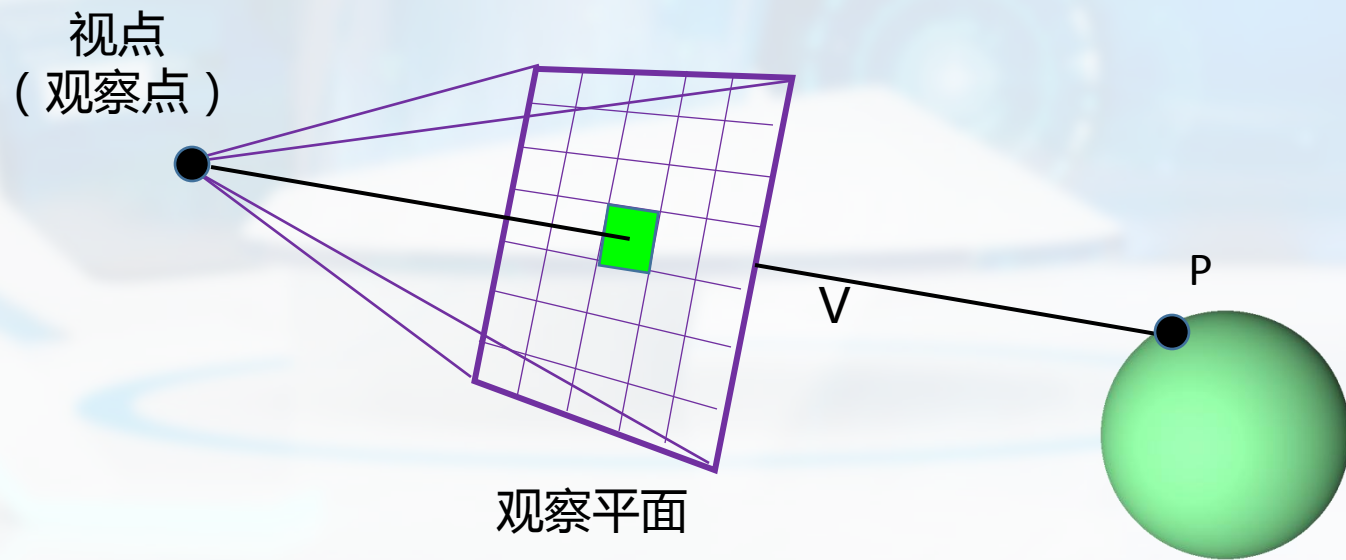
递归到一定深度



3

光线追踪算法

◆ 光照的着色计算

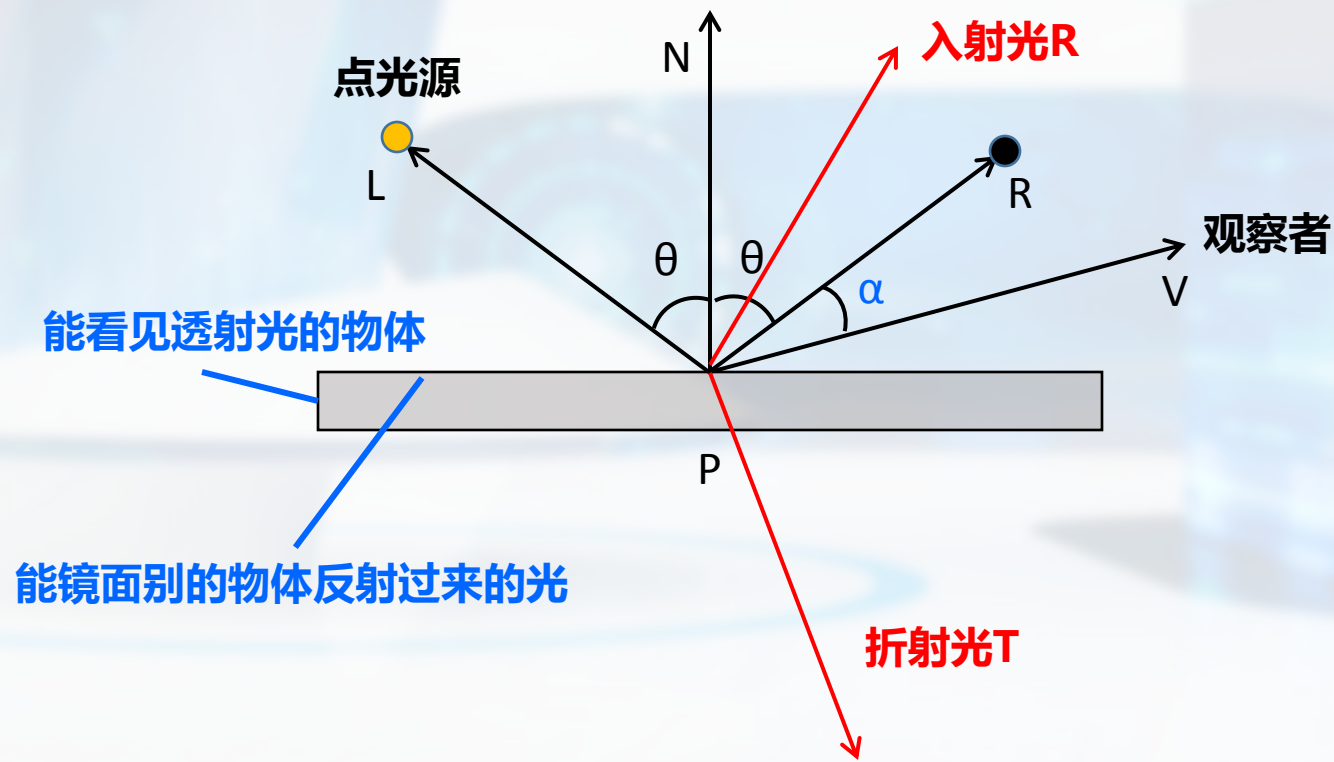


3

光线追踪算法

◆ 光照的着色计算

Whitted光透射模型 = Phong模型 + 透射光强 + 反射光强



3

光线追踪算法

◆ 光照的着色计算

Whitted光透射模型

Phong模型 + 透射光强 + 反射光强

$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (R \cdot V)^n + \mathbf{I_t K_t} + \mathbf{I_r K_r}$$

Phong模型 + 透射光强 + 反射光强

$$I = I_a K_a + I_p K_d (L \cdot N) + I_p K_s (H \cdot N)^n + \mathbf{I_t K_t} + \mathbf{I_r K_r}$$

3

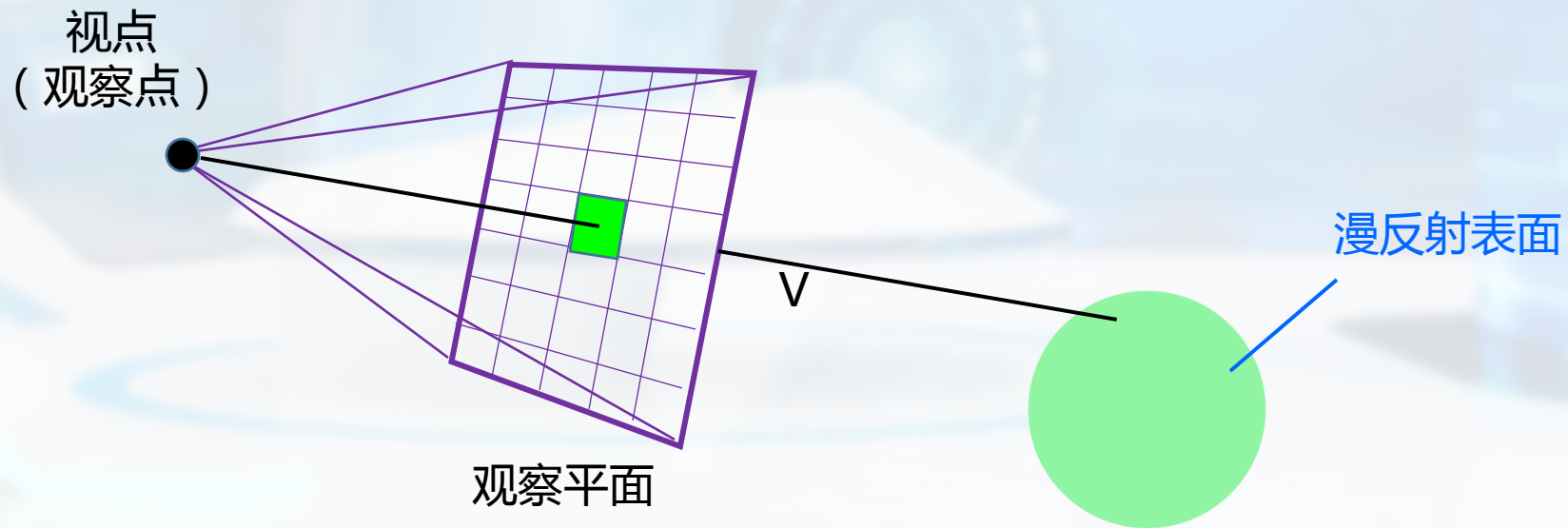
光线追踪算法

◆ 存在的问题

传统的逆向光线追踪算法有两个突出的缺点

(1) 表面属性的单一：完全看不见折射光？完全没有镜面反射？

(2) 不考虑漫反射：漫反射成为结束条件



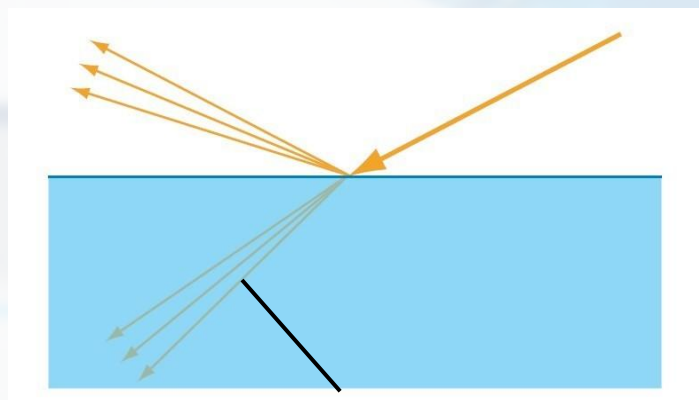
3

光线追踪算法

◆ 改进方法：

通过模型的修正来缓解这两个问题，将一个表面的属性认为可以是混合的
比如：它有20%的成分是镜面反射，30%的成分是折射，50%的成分是漫反射

改进后算法变为：从视点发出一条光线，**光线与物体表面相交时根据表面的材质属性继续采样一个方向**



折射

3

光线追踪算法

◆ 改进后的新问题：

改进后算法变为：从视点发出一条光线，**光线与物体表面相交时根据表面的材质属性继续采样一个方向**

计算量很大

蒙特卡罗方法：通过概率理论，进行近似简化。

3

光线追踪算法

◆ 衍生出路径追踪

路径追踪的定义：为光线追踪的衍生技术，同样是追踪光线路径，但是一种引入了蒙特卡洛方法的全局光照技术

路径追踪 = 光线追踪 + 蒙特卡洛方法

4

效果演示

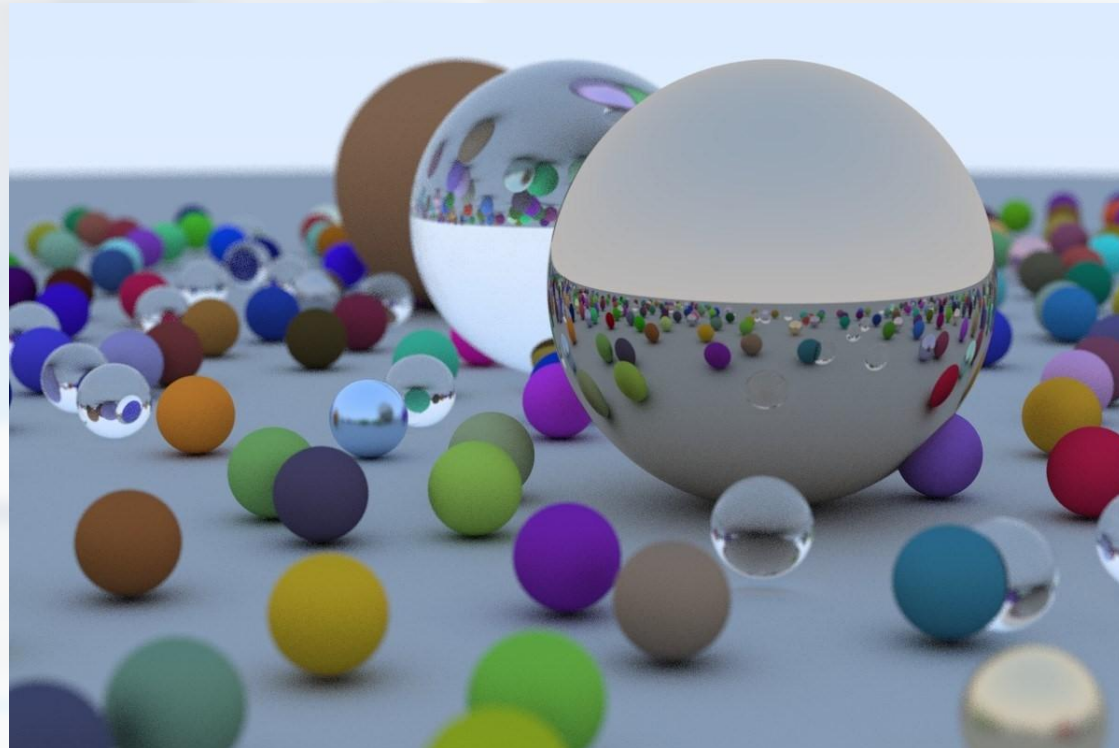
◆ 光线追踪



4

效果演示

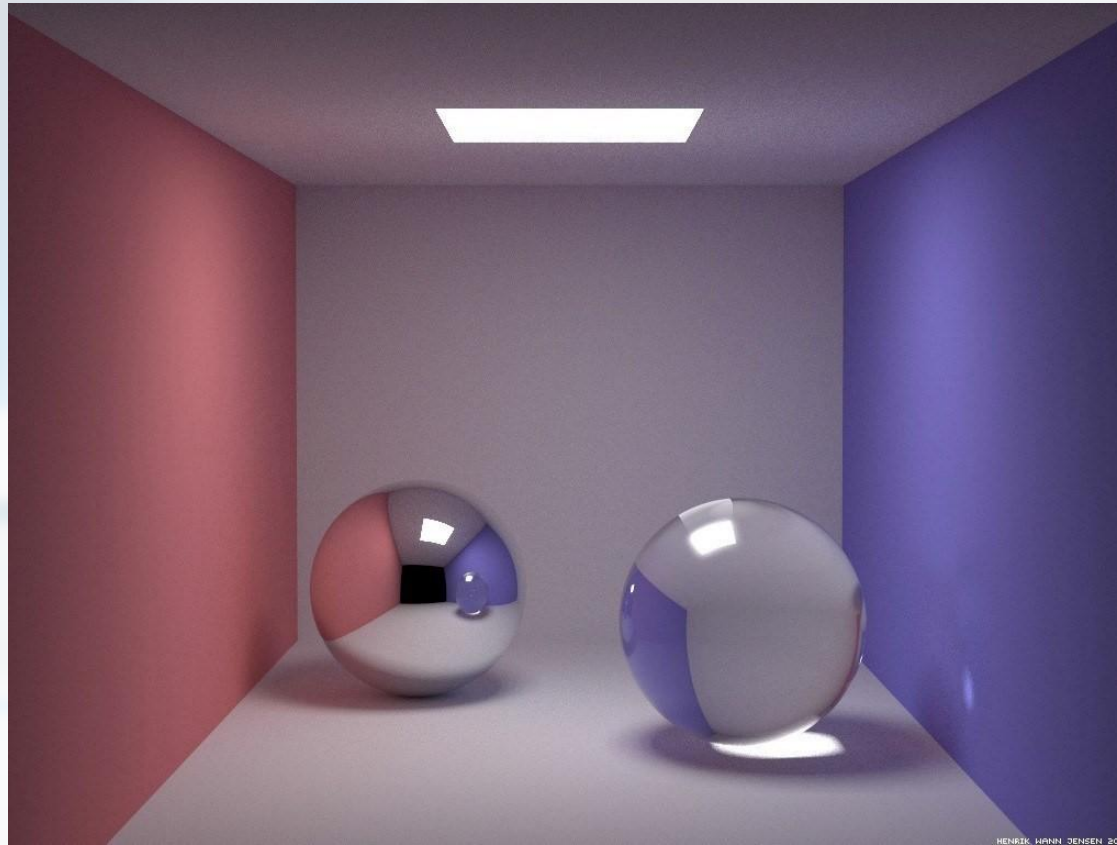
◆ 光线追踪



4

效果演示

◆ 光线追踪



4

效果演示

◆ 光线追踪

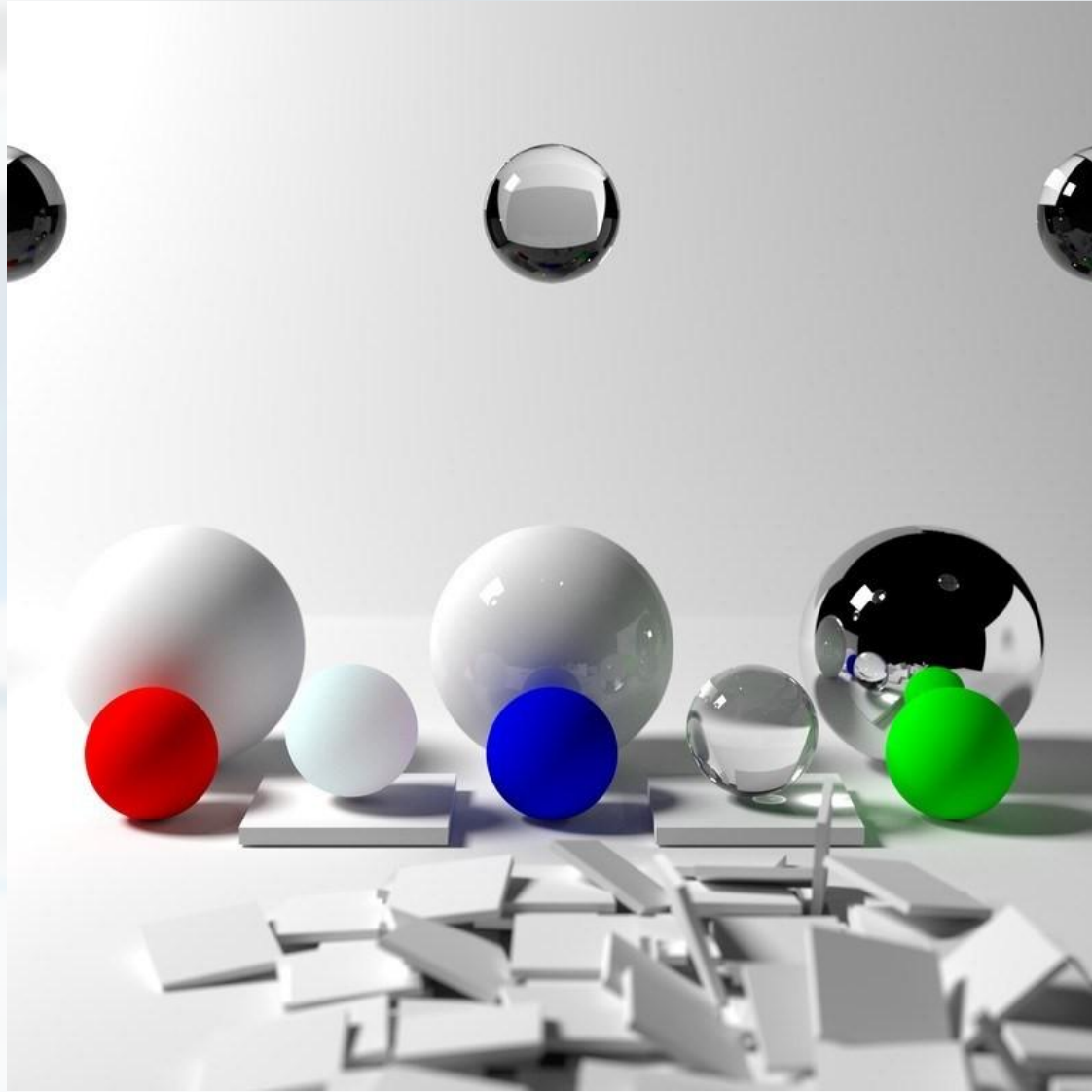


© Caustic Graphics, Inc.

4

效果演示

◆ 路径追踪



4

效果演示

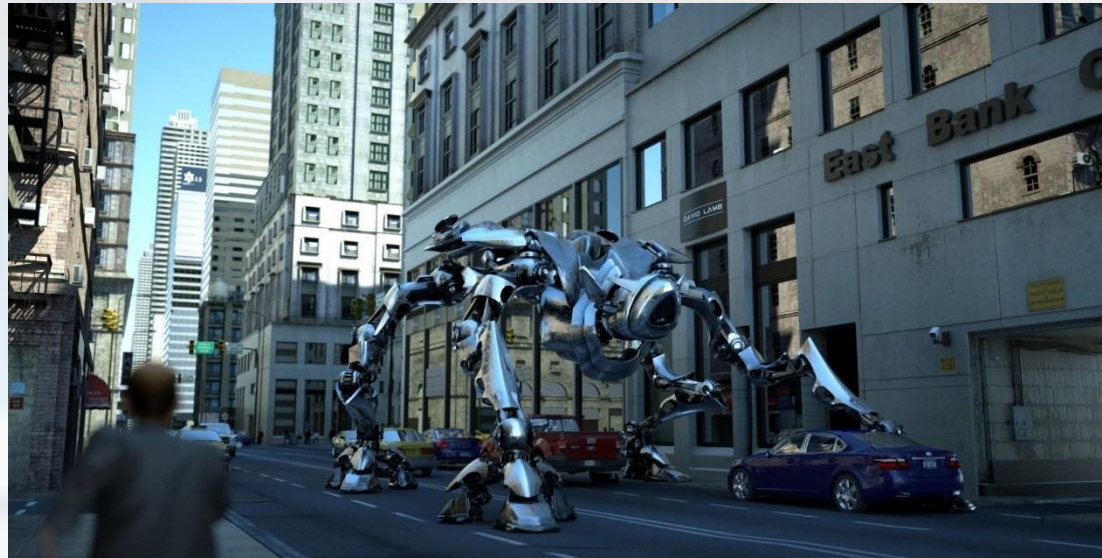
◆ 路径追踪



4

效果演示

◆ 路径追踪



4

效果演示

◆ 全局光照

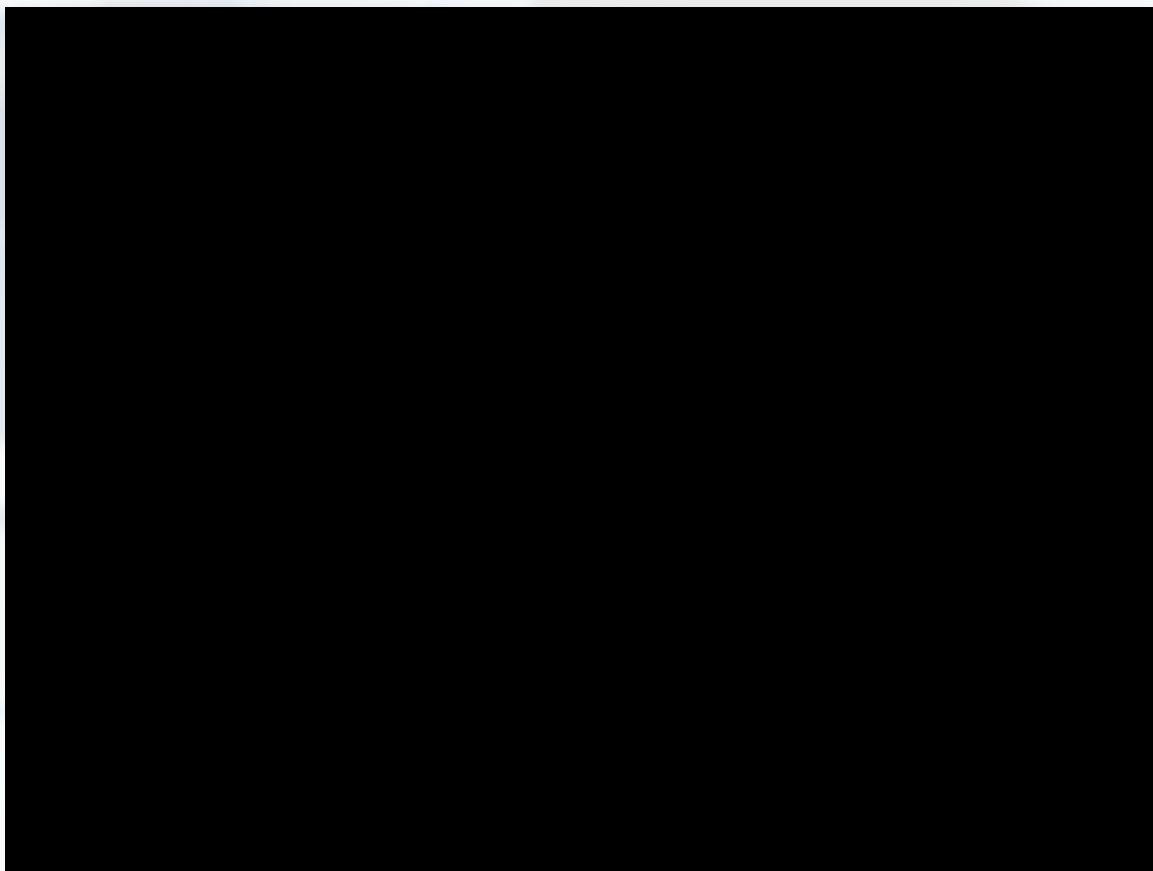


游戏《天国：拯救》开启全局光照前后对比图



效果演示

◆ 全局光照





谢谢

软件学院 万琳