

2018-2019年度第二学期 00106501

# 计算机图形学



童伟华 管理科研楼1205室

E-mail: [tongwh@ustc.edu.cn](mailto:tongwh@ustc.edu.cn)

中国科学技术大学 数学科学学院

<http://math.ustc.edu.cn/>





# 第九章 高级绘制方法

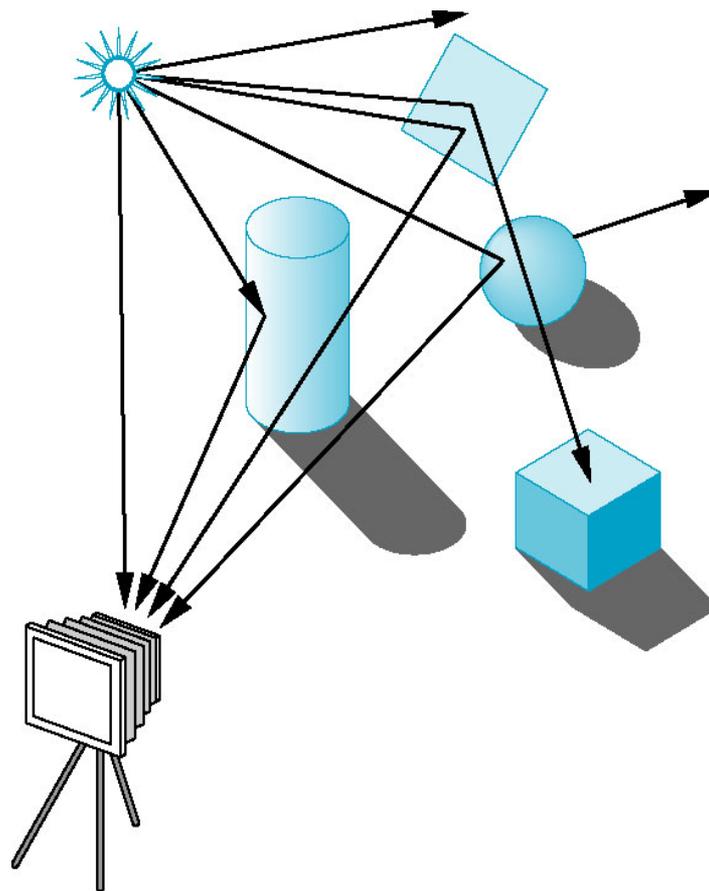


# 第一节 光线跟踪方法

# 光线跟踪



- 从一个点光源开始跟踪光线
- 可以给出反射和透明的效果



# 计算

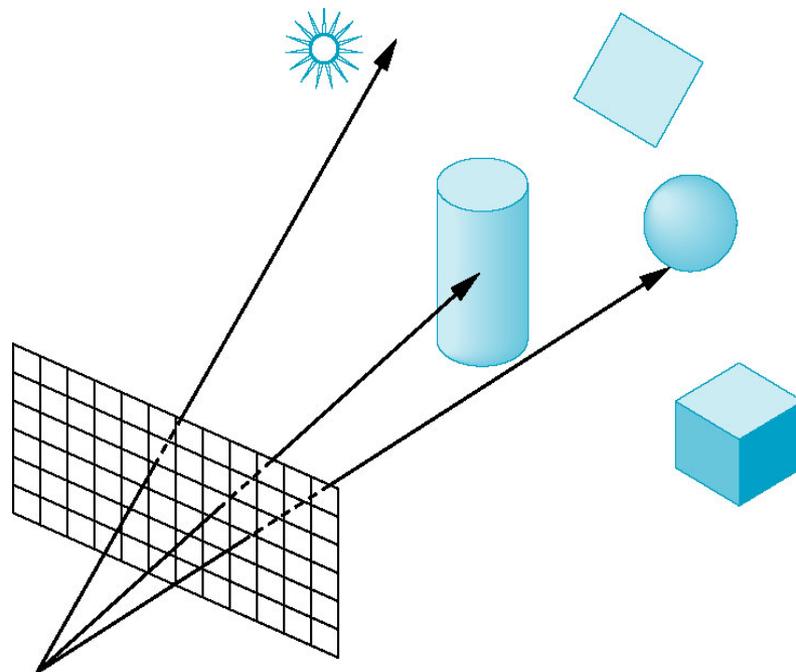


- 应当能处理所有的物理交互作用
- 光线跟踪架构不是容易计算的
- 绝大多数光线对我们能否看到对象没有影响
- 光源发射生成非常多（无穷）光线
- 替代方法：光线反向跟踪（ray casting）

# 反向跟踪



- 只有到达视点的光线才有作用
- 逆光线方向投射光线
- 每个像素至少需要一条光线



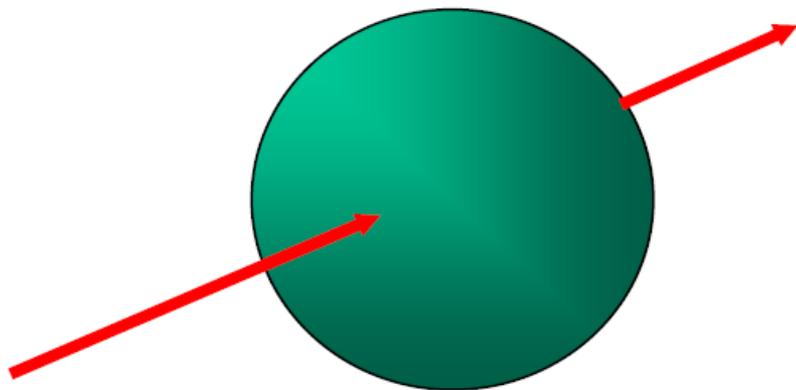


# 光线跟踪二次曲面

- 在CSG系统中大量采用二次曲面
  - 隐式曲面
- 光线跟踪是显示二次曲面的标准方法
- CSG: 构造实体几何 Constructive Solid Geometry
  - 基本元素为实体
  - 利用集合运算建立对象: 并、交、差

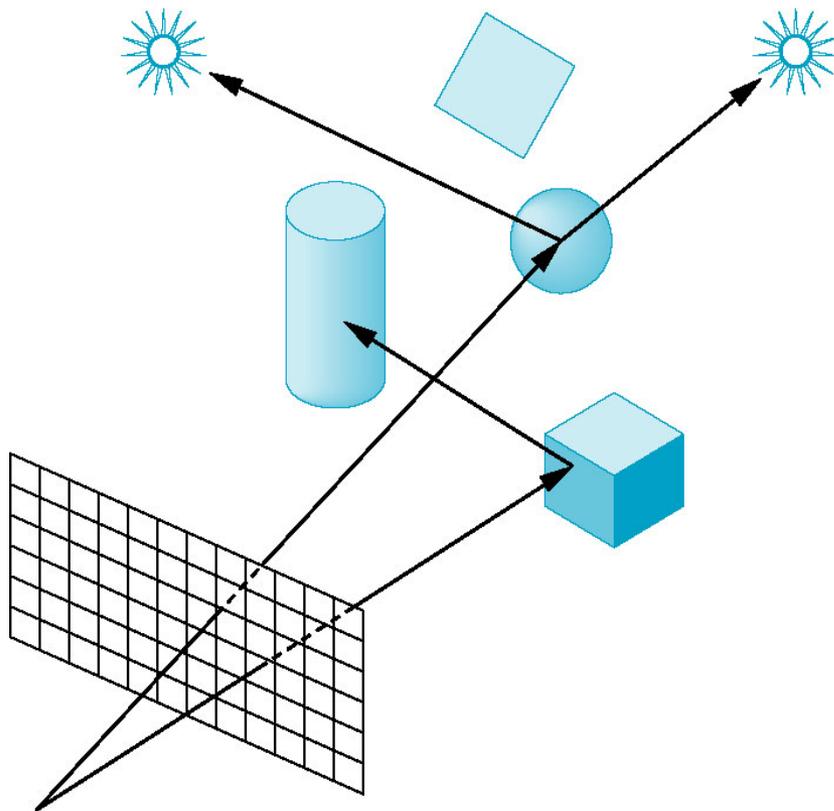
# 球的光线跟踪

- 光线为参数形式
- 球是二次形式
- 得到的方程为二次的，它的解给出光线进入和离开球的位置（没有解意味着光线与球不交）



# 阴影光线

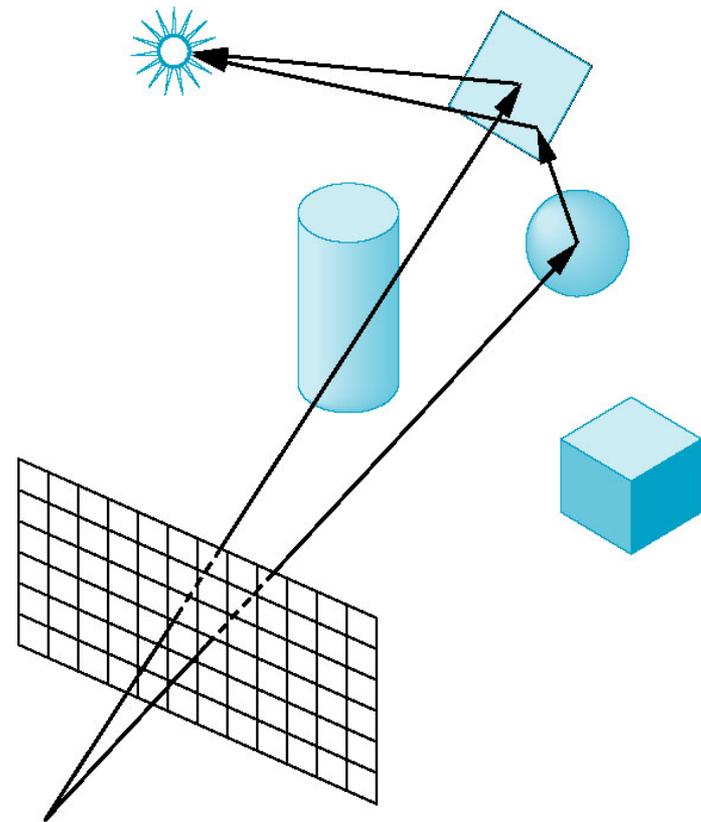
- 即使一个点是可见的，如果在该点见不到光源，那么它也不会有直接光照
- 从而形成阴影



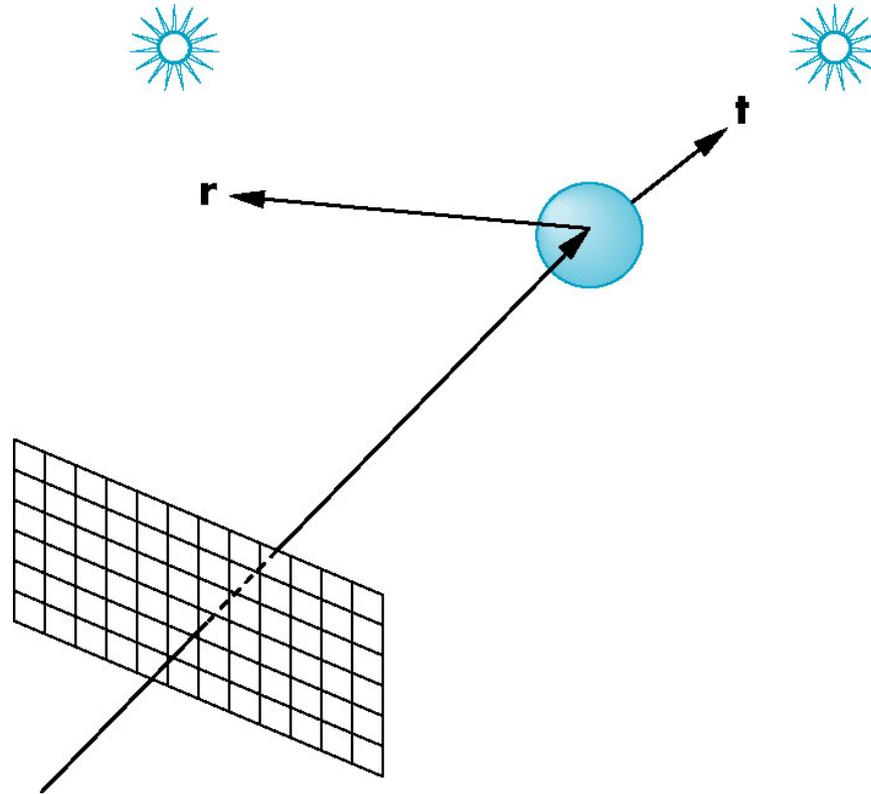
# 反射



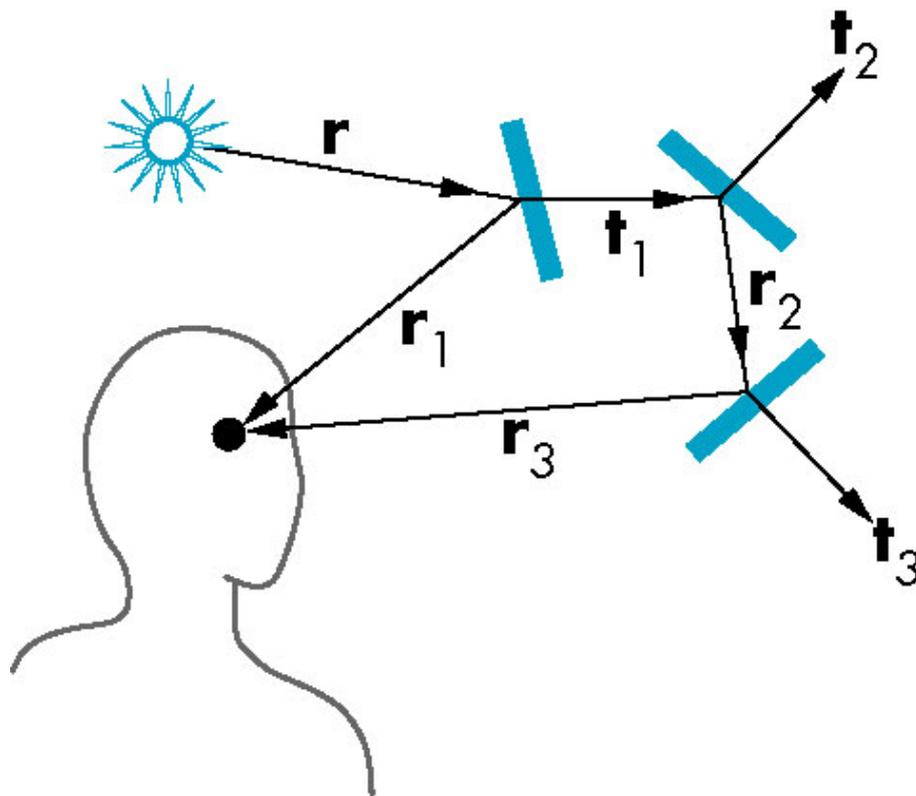
- 跟踪反射光或透射光
- 这个过程是递归的



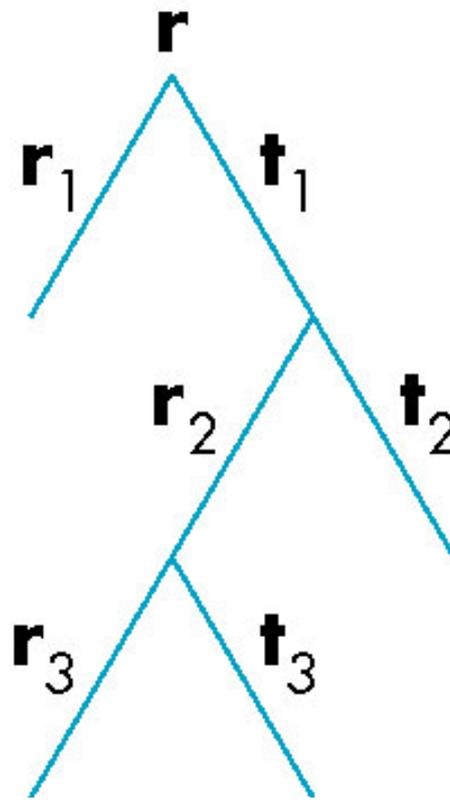
# 反射与透明



# 光线树



# 光线树



# 漫反射表面

- 理论上在光线与表面的交点处应当生成无穷多的新光线，它们都应当被跟踪
- 在实际中，我们只跟踪透射光和反射光，而应用Phong模型计算在交点处的明暗效果
- 辐射度方法对于漫反射表面处理的更好



# 建立光线跟踪程序

- 采用递归表示
  - 可以稍后去掉递归
- 基于图像的方法
  - 对于每条光线 .....
- 求出距离最近曲面的交点
  - 需要完整的对象数据库是可用的
  - 计算的复杂性限制了对象的类型
- 在表面上计算光照
- 跟踪反射和透射光

# 何时停止



- 在每个相交时，有些光线被吸收
  - 跟踪余下的量
- 忽略进入无穷空间的光线
  - 在场景周围放一个大球
- 递归步数有限制

# 递归的光线跟踪框架



```
color trace(point p, vector d, int step)
{
    color local, reflected, transmitted;
    point q;
    normal n;
    if(step > max) return(background_color);

    q = intersect(p,d,status);
    if(status == light_source)
        return(light_source_color);
    if(status == no_intersection)
        return(background_color);

    n = normal(q);
    r = reflect(q,n);
    t = transmit(q,n);
```

# 递归的光线跟踪框架



```
local = phong(q,n,r);  
reflected = trace(q,r,step+1);  
transmitted = trace(q,t,step+1);  
  
return(local+reflected+transmitted);  
}
```

# 计算交点



- 隐式对象
  - 二次曲面
- 平面
- 多面体
- 参数曲面

# 隐式曲面



- 在 $p_0$ 点发出沿方向 $d$ 的光线  
 $p(t) = p_0 + t d$
- 一般的隐式方程为 $f(p)=0$
- 求解方程 $f(p(t)) = 0$
- 一般需要应用数值方法

# 二次曲面



- 一般的二次曲面可以表示为

$$p^T A p + b^T p + c = 0$$

- 把光线方程  $p(t) = p_0 + t d$  代入得到一个二次方程

# 球面



$$(\mathbf{p} - \mathbf{p}_c) \cdot (\mathbf{p} - \mathbf{p}_c) - r^2 = 0$$

$$\mathbf{p}(t) = \mathbf{p}_0 + t \mathbf{d}$$

$$\mathbf{p}_0 \cdot \mathbf{p}_0 t^2 + 2 \mathbf{p}_0 \cdot (\mathbf{d} - \mathbf{p}_0) t + (\mathbf{d} - \mathbf{p}_0) \cdot (\mathbf{d} - \mathbf{p}_0) - r^2 = 0$$

# 平面



$$\mathbf{p} \cdot \mathbf{n} + c = 0$$

$$\mathbf{p}(t) = \mathbf{p}_0 + t \mathbf{d}$$

$$t = -(\mathbf{p}_0 \cdot \mathbf{n} + c) / \mathbf{d} \cdot \mathbf{n}$$

# 多面体



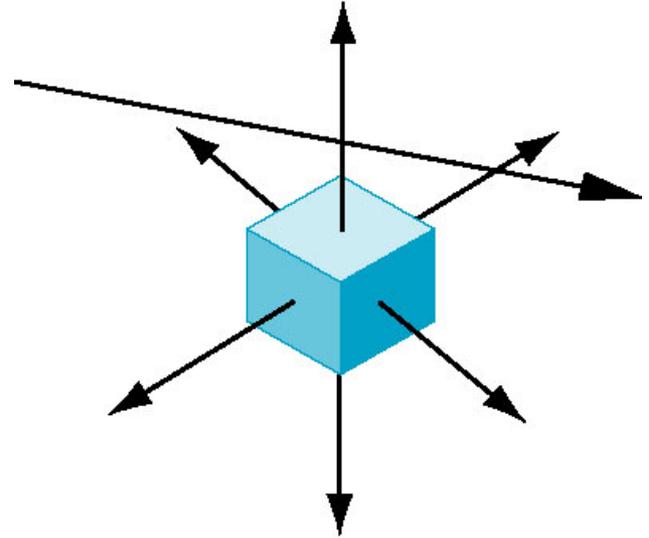
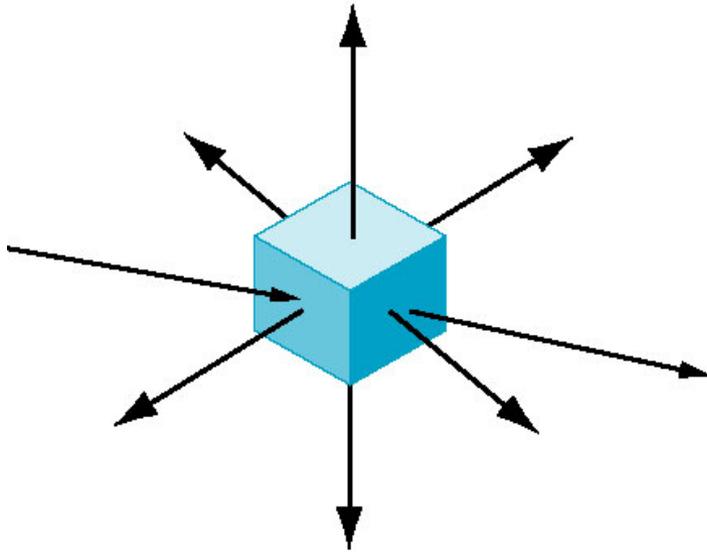
- 一般地，我们希望求交的对象是封闭的，例如多面体，而不是平面
- 因此需要考虑内外检测问题
- 对于凸多面体，存在一些快速的检测方法

# 多面体的光线跟踪

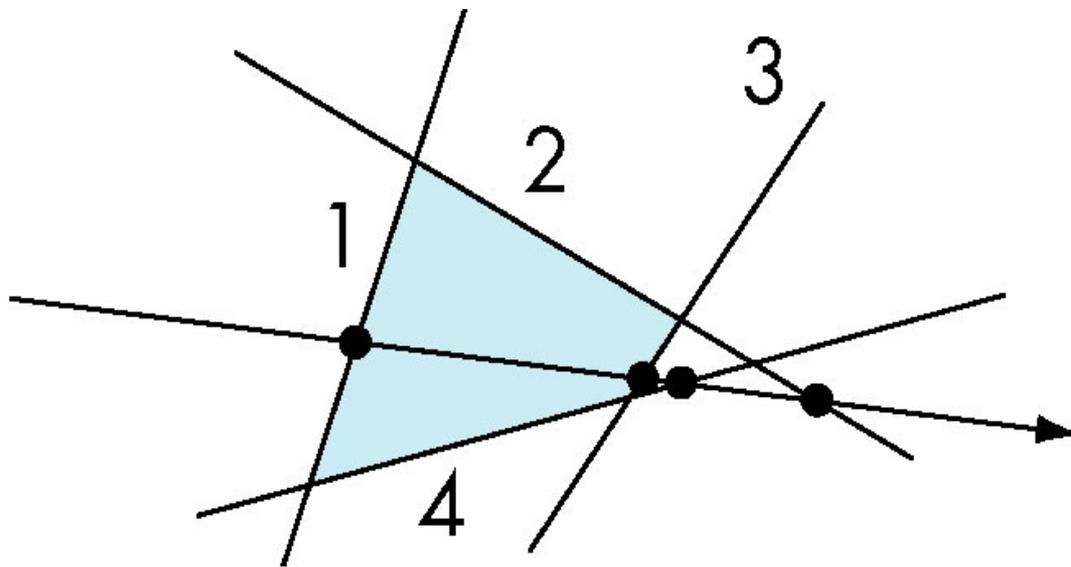


- 如果光线进入对象，那么它必定从一个前向的多边形进入，从一个后向的多边形离开
- 多面体是由平面的交构成的
- 光线进入点为所有前向交点中最远的那个
- 光线离开点为所有后向交点中最近的那个
- 如果进入点比离开点还远，那么就是光线与多面体无交

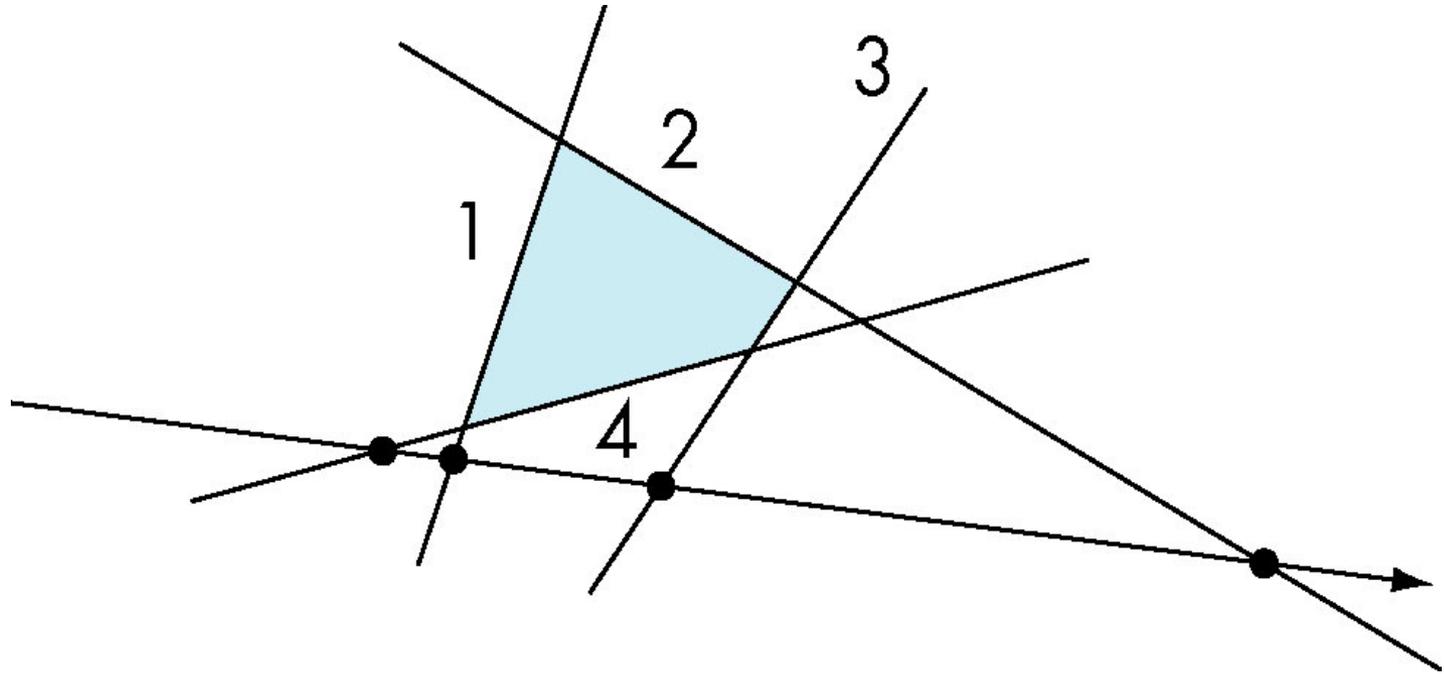
# 多面体的光线跟踪



# 多边形的光线跟踪



# 多边形的光线跟踪





Thanks for your attention!

