基于物理的渲染

光

What:

光是一种电磁波。

Why:

How:

光由太阳或其他光源中被发射出来，然后与场景中的对象相交，一些光线被吸收，而另一些则被散射。

光线被吸收是由于光被转化成了其他能量，但吸收并不会改变光的传播方向。相反的，散射则不会改变光的能量，但会改变它的传播方向。

在光的传播过程中，影响光的一个重要的特性是材质的折射率。在均匀的材质中，光是沿直线传播的。但如果光在传播的介质的折射率发生了变化，光的传播方向就会发生变化。如果折射率是突变的，就会发生光的散射现象。

光在不同介质的边界会被分隔成两个方向：反射方向和折射方向，而有多少百分比的光会被反射(另一部分就是被折射了)则是由菲涅尔等式来描述的。

非金属材质同时会表现出吸收和散射两种现象，这些被散射出去的光又被称为次表面散射光。次表面散射光会从不同于入射点的位置从物体内部再次射出。如果像素要大于这些散射距离的话，意味着这些次表面散射产生的距离可以忽略，我们的渲染可以在局部进行。反之，我们要使用次表面散射渲染技术。

我们用辐射率来量化光。辐射率是单位面积，单位方向上光源的辐射通量，通常用L来表示，被认为是对单一光线的亮度和颜色评估。在渲染中，我们通常会基于表面的入射光线的入射辐射率Li来计算出射辐射率Lo，这个过程称为着色。

要得到出射辐射率Lo，我们需要知道物体表面一点是如何和光进行交互的。这个过程可以使用BRDF(双向反射分布函数)来定量分析。BRDF用f(I,v)来表示，其中I为入射方向和v为观察方向。这种情况下，绕着表面法线旋转入射方向或观察方向并不会影响BRDF的结果，这种BRDF被称为各项同性，与之相对的是各向异性。

BRDF有两种理解方式，第一种理解是，当给定入射角度后，BRDF可以给出所有出射方向上的反射和散射光线的相对分布情况；第二种理解是，当给定观察方向(即出射方向)后，BRDF可以给出从所有入射方向到该出射方向的光线分布。一个更直观的理解是，当一束光线沿着入射方向I到达表面某点时，f(I,v)表示了有多少部分的能量被反射到了观察方向v上。

反射等式Lo(v) = ∫f(I,v) x Li(I)(n·I)dwi

我们要计算表面上某点的出射辐射率，我们已知到该点的观察方向，该点的出射辐射率是由许多不同方向的入射辐射率叠加的结果。其中，BRDF表示了不同方向的入射光在观察方向上的权重分布。我们把这些不同方向的光辐射率(Li(I)部分)乘以观察方向上所占的权重(f(I,v))，再乘以它们在该表面的投影结果，最后把这些值加起来就是最后的出射辐射率。

点光源和聚光灯为精确光源，它们在某个观察方向v上的出射辐射率为：

Lo(v) = πf(Ic, v) x clight(n · Ic)

BRDF决定了着色过程是否是基于物理的。它满足交换律和能量守恒。BRDF可以用于描述两种不同的物理现象：表面反射和次表面散射。用于描述表面反射的部分被称为高光反射项，用于描述次表面散射的是漫反射项。

漫反射项

Lambert模型就是最简单也是应用最广泛的漫反射BRDF。准确的Lambertian BRDF表示为 fLambert(I, v) = Cdiff / π。

其中，Cdiff表示漫反射光线所占的比例，它也通常被称为是漫反射颜色。

给定入射I的光源在表面某点的出射漫反射辐射率为：

Ldiff = Cdiff / π x Li(I)(n · I)

Lambert模型虽然简单，但很多机遇物理的渲染选择使用了更复杂的漫反射项来模拟次表面散射的结果。

高光反射项