**5 渲染流水线**

**1，怎样将3D场景的空间深度感和立体感在2D屏幕中表现出来呢？**

1，近大远小

2，光照和阴影

**2，专属于颜色运算的分量式乘法是怎么计算的？**

对应分量相乘。

**3，渲染流水线的九个阶段？**

**输入装配器阶段，顶点着色器阶段，**外壳着色器阶段，

**曲面细分阶段，**域着色器阶段，**几何着色器阶段，**

**光栅化阶段，像素着色器阶段，输出合并阶段。**

**4，输入装配器阶段的工作内容？**

从显存中读取几何数据（顶点和索引），将它们装配为几何图元（如三角形和线条等）。

**5，顶点着色器阶段的工作内容？**

1. 顶点着色；2，将坐标转换到其次裁剪空间中

**5.1 坐标空间变换流程？**

局部空间，世界空间，观察空间，齐次裁剪空间，NDC，屏幕空间

**6，曲面细分阶段的工作内容**

利用镶嵌化处理技术对网格中的三角形进行细分，以此来增加物体表面上的三角形数量。

曲面细分是一个可选的渲染阶段。

**6.1 使用曲面细分的优点：**

1，实现一种细节层次(LOD)机制；

2，在内存中仅维护简单的低模网格，以此节省内存资源；

3，在处理动画和物理模拟时采用低模网格，而仅在渲染的过程中使用经镶嵌化处理的高模网格。

**7，几何着色器阶段的工作内容**

几何着色器的主要优点是可以创建或销毁几何体。

几何着色器是一个可选渲染阶段，它的输入是完整的图元。

**8，裁剪的内容**

完全位于视椎体之外的几何体需要被丢弃，而处于平截头体交界以外的几何体部分也一定要接受被裁剪(clip)操作。裁剪操作是由硬件来负责的，所以我们也就不再赘述其具体的实现细节。

**9，光栅化阶段的工作内容**

**1 视口变换**

当裁剪操作完成之后，硬件会通过透视除法将物体从齐次裁剪空间变换为规格化设备坐标(NDC)。一旦物体的顶点位于NDC空间内，构成2D图像的2D顶点x,y坐标就会被变换到后台缓冲区中称为视口的矩形里。待此变换完成后，这些x,y坐标都将以像素为单位表示。

**2 背面剔除**

每个三角形都有两个面，根据观察者的视角看去，顶点绕序为顺时针方向的三角形为正面朝向。背面朝向的三角形都被正面朝向的三角形所遮挡，所以绘制它们是没有意义的。背面剔除就是用于将背面朝向的三角形从渲染流水线中除去的处理流程。这种操作将待处理的三角形重量削减一半。

**3 顶点属性插值**

从本质上来说，插值法即利用三角形顶点的属性值计算出其内部像素的属性值。

**10，输出合并阶段的内容？**

1，深度缓冲区测试和模板缓冲区测试

2，透明混合