

CG Final Project Report

项目介绍以及实现结果

项目的主要实现创意是，场景定为宇宙中的某个小型恒星系，拥有一颗发光的恒星以及一颗有简单地貌和地表建筑的行星。我们的主视角为一艘到访这个星系的宇宙飞船，飞船可以在星系中自由航行，通过键盘上的 WASD 控制移动，鼠标调整第三人称视角的朝向。

为了在远离星球时快速靠近，和在接近星球后恢复正常速度，我们添加了按住左 Shift 键来使飞船加速航行的功能，松开按键即可恢复速度。

同时还在星系中加入了空间传送门来实现将飞船直接传送到行星旁边，增加了一种快速旅行的手段同时也增强了项目的科幻风格

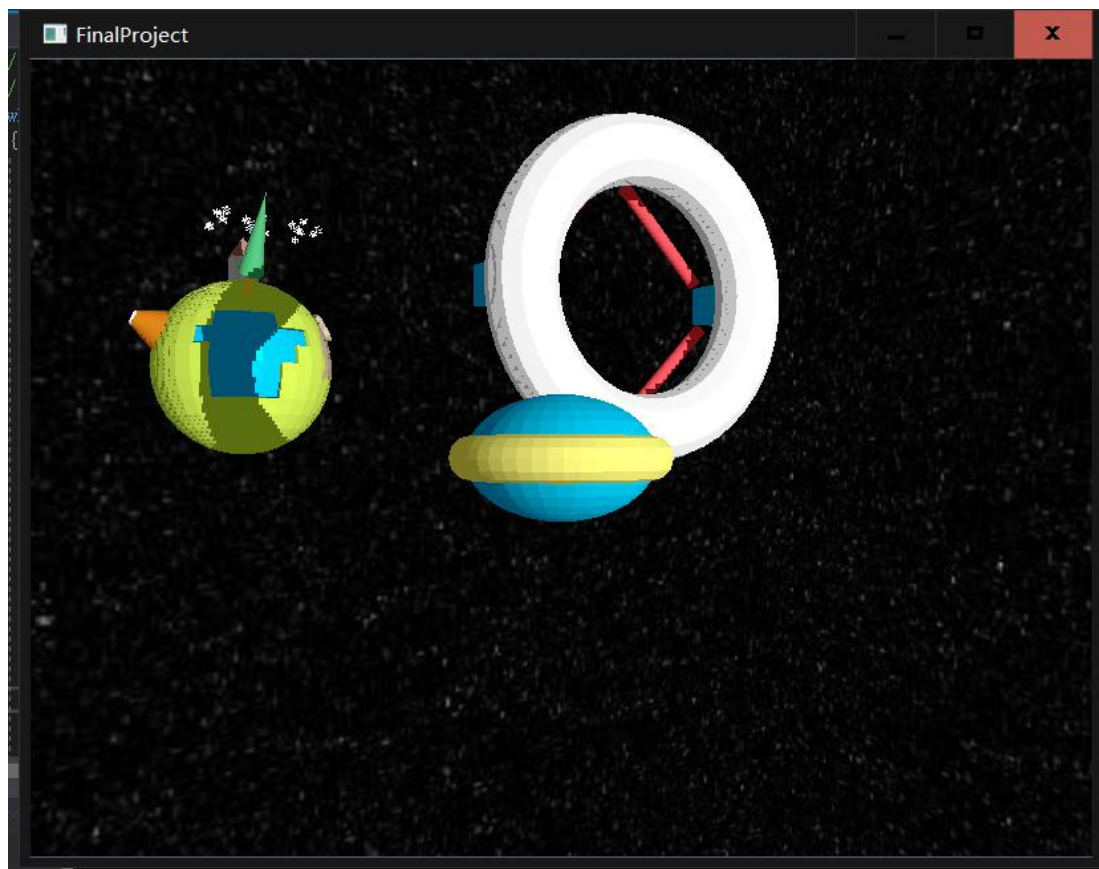
行星和飞船的模型通过在 Blender 软件中建模和贴图来完成。

我们在行星的上方添加了粒子特效来展示简单的地表天气效果。

添加伽马矫正来改善光照的渲染效果。

通过天空盒来实现模拟宇宙中的环境，使场景更加真实。

实现效果：



开发环境以及使用到的第三方库

开发环境是 Windows10, Visual Studio 2017, Blender 2.8

使用到的第三方库包括：Assimp, stb_image, SOIL

实现功能列表

Basic:

1. Camera Roaming
2. Simple lighting and shading(phong)
3. Texture mapping
4. Shadow mapping
5. Model import & Mesh viewing (Assimp)

Bonus:

1. Sky Box
2. Particle System
3. Gamma Correction
4. Collision Detection(碰撞检测)

实现的功能点简单介绍

Basic:

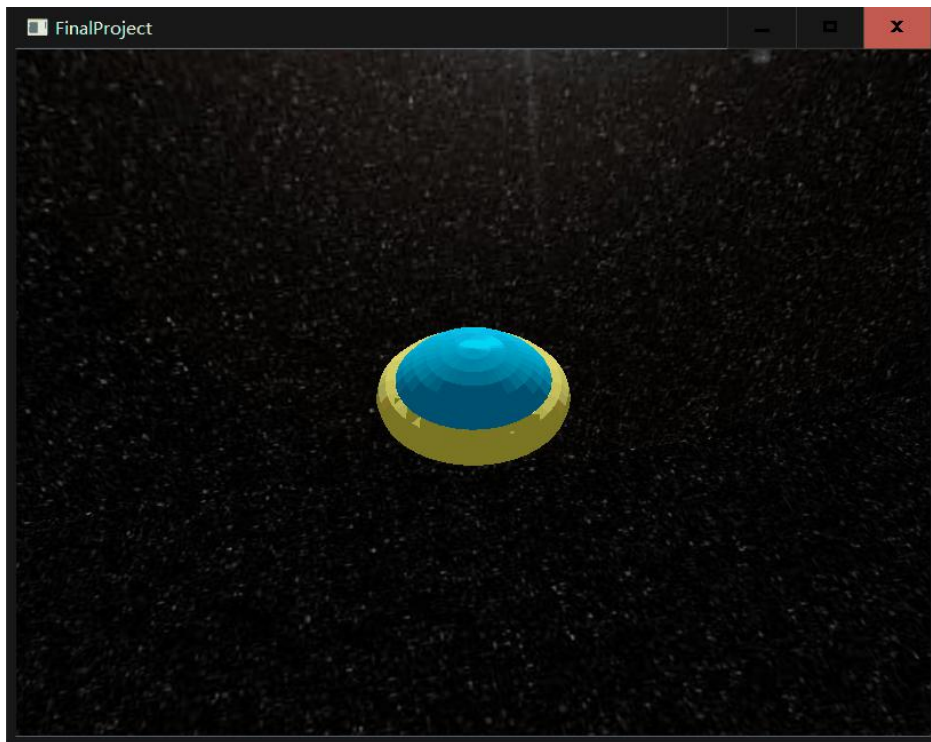
1. Camera Roaming

飞船的第三人称控制，是在原本的摄像机控制的基础之上，将飞船固定在摄像机视角的中央。同时需要改写摄像机控制中的摄像机视角旋转方法，因为第三人称视角下，旋转视角时动的应该是摄像机而不是物体。因此我们在视角旋转后，先计算出摄像机新的 Front 向量，然后再用当前的飞船位置反向计算出新的摄像机位置，这样实现视角旋转后来使摄像机绕物体旋转，而物体保持不动

2. Simple lighting and shading(phong)

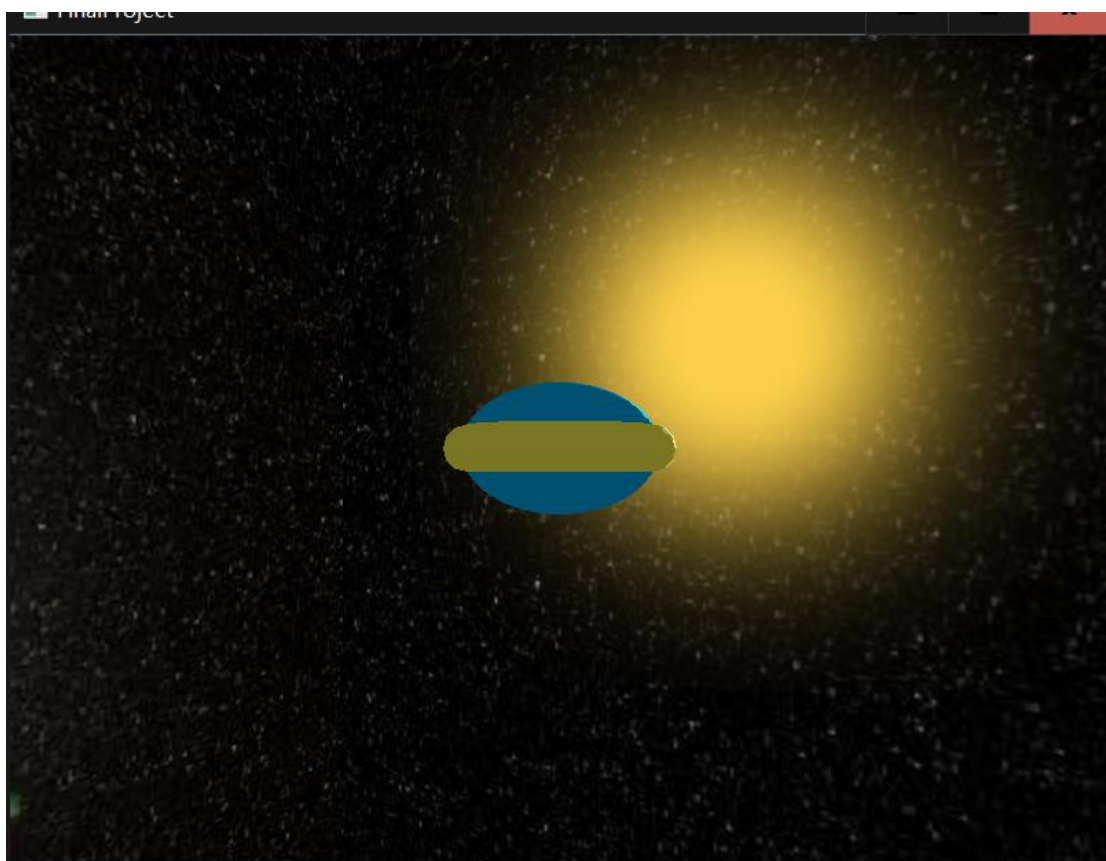
使用 Phong 光照模型和 Phong shading 光照着色。

为飞船和星球设置不同的漫反射、镜面放射系数以及镜面反光度来体现星球和飞船的不同材质的效果



3. Texture mapping

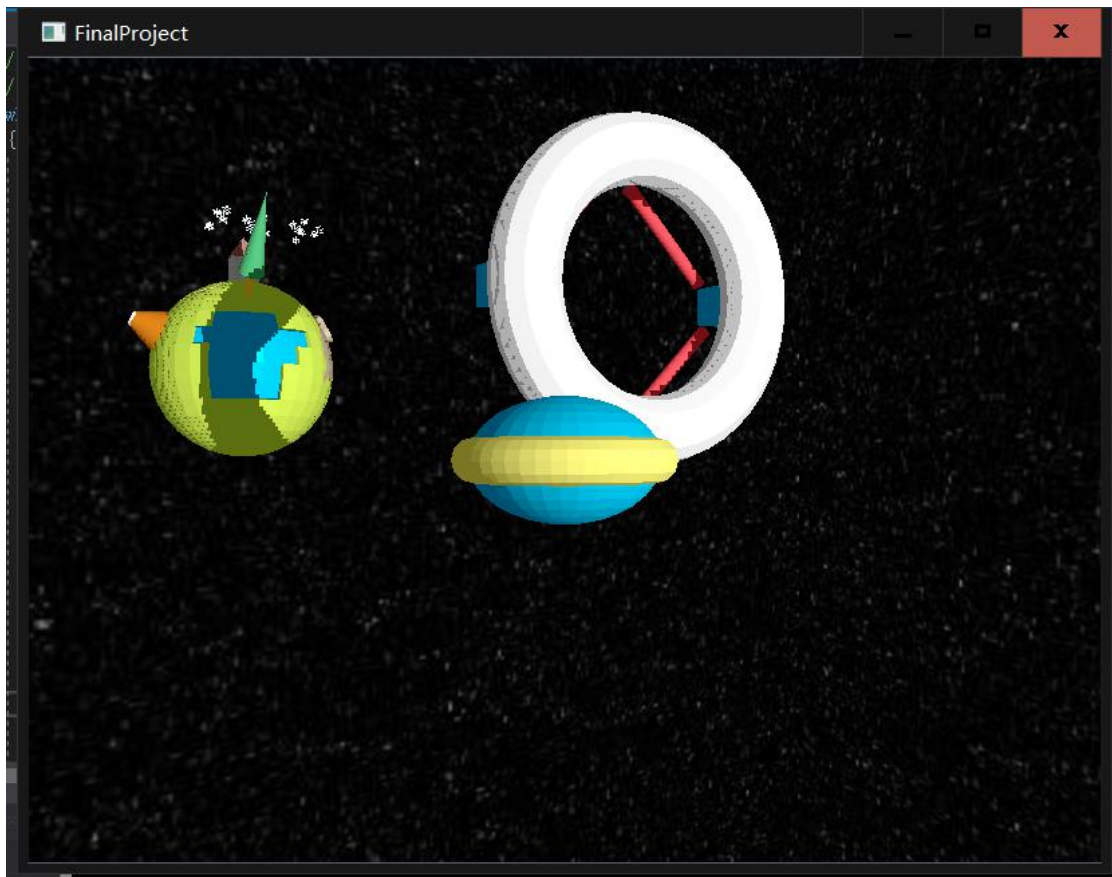
行星上的不同地貌主要通过纹理贴图来完成，同时场景中的恒星，我们没有使用模型，而是对场景中央的一块平面进行纹理贴图，然后在渲染循环中更新平面的旋转矩阵，来使平面始终朝向摄像机的位置。这样通过改变纹理贴图边缘的 Alpha 通道的值，来使边缘实现透明效果，然后在渲染平面时，启用 OpenGL 的颜色融合(Blend)，来实现太阳周围的模糊光晕效果



4. Shadow mapping

使用立方体深度贴图来实现点光源的阴影映射，实现效果可以看出飞船在行星表面的投影，以及飞船处于行星背面时被遮挡了恒星光线后飞船整个处于阴影之中，以及传送门和行星、飞船之间的投影效果。

可以看到飞船在行星上的投影



可以看到传送门在行星表面的投影

5. Model import & Mesh viewing (Assimp)

行星、飞船和传送门的模型我们在Blender软件中来建模完成, 然后利用第三方库Assimp和自定义的Mesh和Model类来实现模型的导入

Bonus:

1. Sky Box

天空盒使用了立方体贴图(Cube Map)的纹理映射方式, 通过渲染一个六面都贴上2D纹理的方盒, 将其作为背景来营造场景位于特定背景下的效果。为了让天空盒始终位于其他物体的后面, 可以采用最先渲染天空盒并禁用深度测试(后渲染的物体会覆盖先渲染的物体), 或者在天空盒的顶点着色器中, 将其的坐标输出的z分量等于其w分量(这样执行透视除法之后, 其深度值始终等于1.0), 并且将深度函数从GL_LESS改为GL_EQUAL, 这样有其他物体在前面时天空盒永远通不过深度测试。

2. Particle System

我们通过下面的两个类来实现粒子系统:

Particle

ParticleSystem

Particle

包含了粒子的基本参数以及更新粒子状态, 决定粒子渲染方式的函数 关键成员变量:

isActive - public bool : 粒子是否仍然存活
lifetime - public float : 粒子的生命周期
startTime - public clock_t : 粒子开始活动的时间变量 (转为浮点数使用)
position - public glm::vec3 : 粒子在世界坐标系中的位置
velocity - public glm::vec3 : 粒子的速度向量 (决定粒子运动的方向和大小) 关键函数:
void update() : 更新粒子的状态 —— 根据速度向量更新粒子的坐标, 以及通过 clock_t
clock()函数获取当前的时间, 与 startTime 相减后和 lifetime 进行比较, 判断粒子是否仍
处于活跃状态
void render() : 粒子的渲染函数

ParticleSystem

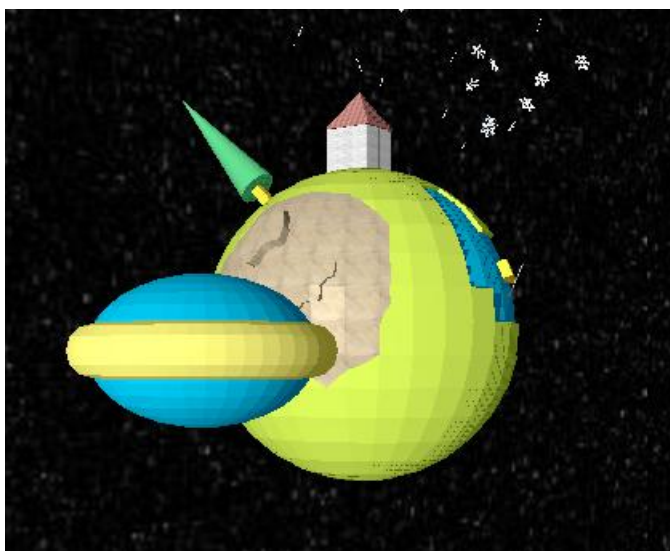
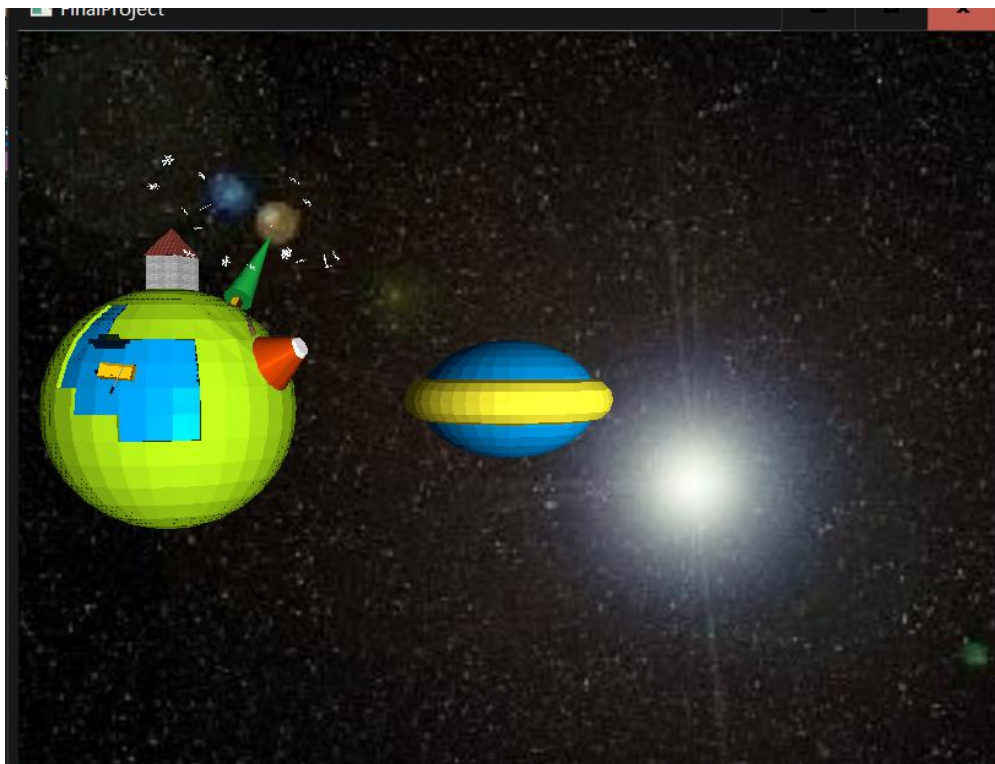
这个类决定了整个粒子系统的具体特性和功能, 运用工厂模式, 回收利用已经达到生命终点的粒子 关键成员变量:

position - glm::vec3 : 粒子系统整体的位置, 根据这个位置对粒子的发射位置进行初始化
direction - glm::vec3 : 粒子系统的整体发射方向, 根据这个向量对粒子的发射速度(方向)进行初始化
speed - float : 决定粒子的发射速度大小
lifetime - float : 决定粒子的生命周期
size - int : 决定粒子初始化位置的范围
emissionRate - float : 粒子的发射速率
last - clock_t : 上次粒子的发射时间
particles - Particle[] : 当前生成的粒子
numberOfParticles - int : 当前的粒子数目 此外还有一个宏定义的量
MAX_PARTICLE_NUM, 这个值决定了最大的粒子个数, 这里设置为 20 关键成员函数:
void update() : 这个函数首先获取当前时间(currentTime), 并与上次粒子的发射时间(last)计算, 判断是否大于 1/emmissionRate 并且当前粒子数目小于最大粒子数目, 则调用 spawn() 函数生成一个粒子, 并设置为活跃状态; 此外, 通过一个循环根据当前粒子数目遍历所有粒子, 并调用它们的 update() 函数, 然后判断他们的 isActive 是否为 false, 则调用它们的 respawn(int index) 函数。当然, 这些都是在 isPause 为 false 情况下才会进行的操作, 否则这个函数将不会对粒子的状态进行任何的更新
void spawn() : 根据粒子系统的 position,direction 和 size 对粒子的位置和速度进行初始化, 并设置粒子的 lifetime 以及粒子大小等相关成员变量
void respawn(int index) : 重新发射粒子, 即, 对粒子的位置和速度重新初始化, 并将其 isActive 重新设置为 true
void pause() : 设置 isPause 为 true
void start() : 设置 isPause 为 false

3. Gamma 矫正

Gamma 校正(Gamma Correction)的思路是在最终的颜色输出上应用监视器 Gamma 的倒数。

使用 Gamma 矫正之后可以让场景的颜色看起来效果更好

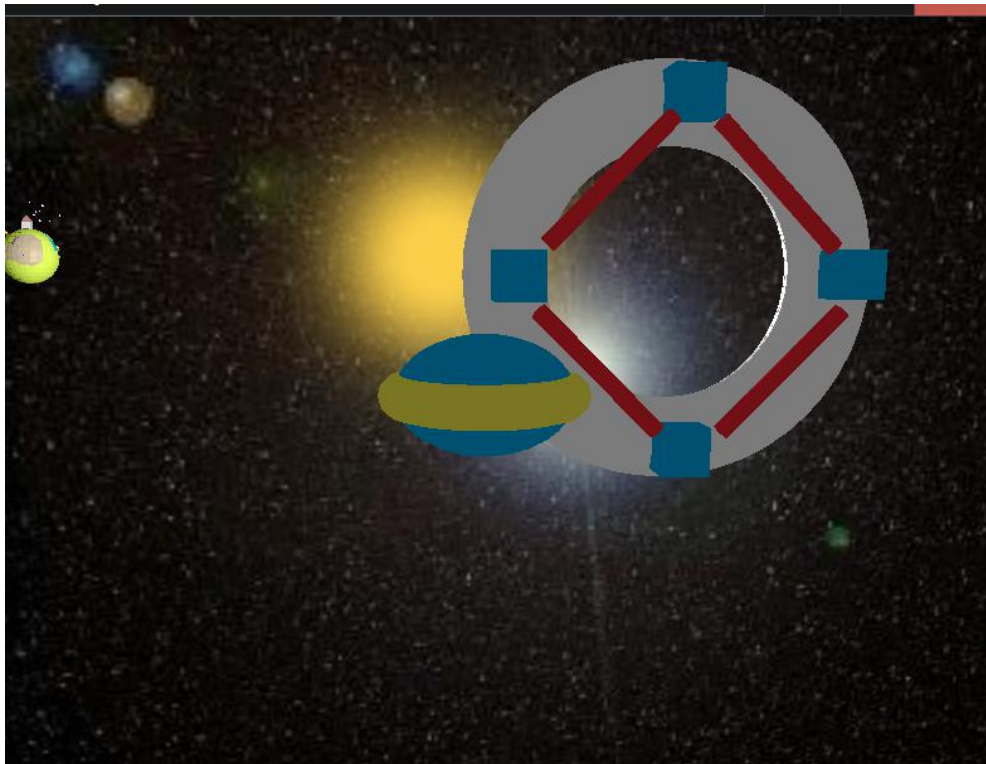
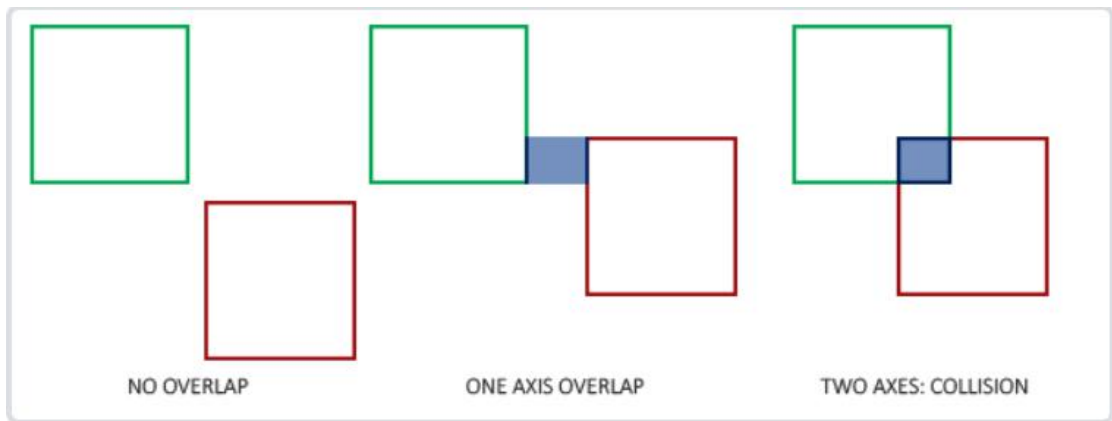


两张图片分别是 gamma 矫正之前和之后的效果。可以看出矫正之前物体表面明显偏黑偏暗。矫正之后的最终像素值输出效果得到了很大改善。

4. 碰撞检测

采用 AABB 碰撞检测实现了一个传送门的效果。

以始终与坐标轴平行的长方体盒作为碰撞检测的范围，当飞船与传送门的碰撞检测盒重叠时，将飞船传送到行星的旁边，利用科幻元素的空间传送门来实现快速旅行到行星附近，方便进行行星的观察。



可供飞船进行传送的传送门

遇到的问题和解决方案

1. 我们的恒星是使用有透明度的平面纹理贴图来实现的，然而在一开始渲染时它虽然可以透视后面的行星和飞船，但仍然会挡住后面的天空盒。这是由于使用天空盒实现的第二种优化方案时，天空盒的深度始终为最大值且深度函数设为小于等于。因此只能使用最基础的最先渲染天空盒的方式，这样透明贴图才不会遮挡住天空盒。
2. 我们希望用一张贴图来表示我们的太阳，需要解决的问题就是：如何让这张贴图始终朝向摄像机的方向。一开始通过计算太阳的位置和摄像机的位置得到太阳朝向向量，并结合 $\text{asin}()$ 反正弦函数得到这个向量的两个欧拉角的弧度值，再利用 $\text{glm::rotate}()$ 函数来得到最终的 model 矩阵。但是，受到反正弦函数的返回值的范围限制（在 $[-\pi/2, \pi/2]$ 之间），使得当方向向量两个欧拉角的真实弧度值在 $[\pi/2, 3\pi/2]$ 时，返回值依然是在原来范围中，使得贴图在一定角度范围中会朝向一个错误的方向，而这仅限于水平方向上的运动（因为事实上，垂直方向的运动所得到的弧度值只会在 $[-\pi/2, \pi/2]$ 之间）。所以对于绕 y 轴旋转的弧度值只能

通过构造一个旋转变换矩阵自己实现这个变换而不是调用 `glm::rotate()` 函数，即，通过得到绕 y 轴旋转角的 \sin 和 \cos 值，构造旋转矩阵：

在渲染贴图的函数中用这个矩阵乘以 `model` 矩阵。最终，实现了贴图朝向摄像机的效果

小组成员分工

林一山 16340144：粒子系统实现，恒星贴图的实现

刘峻佚 16340151：Blender 建模，模型导入，基本场景搭建和行星运动动画，摄像机第三人称控制系统

罗源茂 16340163：phong lighting, phong shading 模型的实现与优化，碰撞检测

卢林鹏 16340159：阴影映射的实现，天空盒的实现

贡献比

林一山 16340144：25%

刘峻佚 16340151：25%

罗源茂 16340163：25%

卢林鹏 16340159：25%

个人报告

林一山个人报告

这个项目我负责的是粒子系统的设计和贴图的实现（例如一些贴图实现的场景物体）。事实上，具体实现并不是什么有挑战性的问题，而是在代码的组织上，例如：整个粒子系统的类是怎么样的？如何设计？这样的问题上给我带来了很多的思考。然后，通过利用 Unity 3d 编程的一些经验，通过结合工厂模式，回收重复利用已经发射的粒子（这是一个类，主要维护粒子的一些参数例如速度，生命周期，并且提供更新粒子行为的函数给粒子系统这个类进行调用），提高了运行效率，减少了内存占用。这种从无到有实现一个粒子系统的经历给我的编程技巧和代码组织方面的能力带来了很多宝贵的实战经验。还有，最终的成功离不开团队的合作，离不开每个人的努力，最后，感谢每一个支持我的人，每一个带给我力量的人，愿苍天在上，诸事大吉

刘峻佚个人报告

我在这次的期末项目中主要参与了项目的主题讨论与确立，项目基本框架搭建，项目所需模型在 blender 中的制作与在 OpenGL 中的导入，以及对其他项目相关代码的修改与优化。这次的期末大作业让我们结合本学期学过的所有知识点来制作了一个完整的 3DCG 项目，这个过程既加深了我对本学期所学内容的理解，也让我将它们应用到真正的 OpenGL 开发场景中，是一次宝贵的实践机会。

这个过程让我更深刻地理解了 OpenGL 图形渲染管道的概念，更清晰地认识到流水线的各个

环节的职责以及它们之间的分工和顺序。通过亲手制作模型并导入项目中作为素材，也让我了解了计算机图形编程和 3D 美术之间是如何合作的。模型文件中的顶点信息、纹理映射信息、法向量信息等也都是光照模型、阴影映射、纹理贴图等进行渲染计算的基础。

而好的光照模型以及优化，是整个场景最终渲染效果和观感的关键，虽然 Phong 光照和 shading 只是最基础的光照渲染的应用，但通过这次实践让我理解了图形学编程中光照效果实现的基本原理。而我们在这次的项目中采用了点光源的阴影映射，也算是对课程中定向光源阴影练习的一个补充，这种实践也让我学到了更多关于立方体贴图和阴影映射的内容。天空盒对于观察矩阵的处理，让我了解了如何利用极少的资源在项目中实现观感较好的背景效果。同样这次我们利用一张贴图来实现带有光晕的恒星效果，我觉得也是一种很好的创意。

卢林鹏个人报告

这次的期末大作业要求我们结合本学期学过的所有知识点来完成一个完整的与计算机图形学有关的项目，这个过程既加深了我们对本学期所学内容的理解，同时也是一次宝贵并且有意义的实践机会。在这次的期末项目中，我主要参与了项目主题的讨论。在项目的实现方面，我主要负责阴影映射和天空盒的实现，这两个方面的实现都是参照 LearnOpenGL 中的相关教程。

其中阴影映射采用的点光源阴影映射，它的实现与我们课程作业中的定向光源阴影映射的主要区别在于要用立方体贴图来存储深度信息，其余部分与作业内容相似。另外在天空盒的实现方面主要的难点在于需要保证不管怎么移动飞船都不会拉近飞船于边界的距离，参考教程实现。

在这次的项目中，我们运用在课堂与课后学习到的知识亲身搭建了一个太空的场景。虽然实现的效果不是非常的号，但是对加深我们对计算机图形学知识的理解还是非常有作用的。总的来说这次实践还是非常有意义的。

罗源茂个人报告

我在这次项目中主要参与了 phong 光照模型与 phong shading 模型的实现和优化，以及碰撞检测的实现。这次项目与原先的作业最大的不同点在于这次没有具体的任务，需要我们去构思，同时需要我们将这学期学到的知识融合在一个项目当中。

我负责的 phong 光照模型和 phong shading 部分基本是沿用了原先课程作业是实现方案，只是加了一个 Gamma 校正，让最后的场景效果能稍微好一些。在我们的项目中，有一个关于传送门的设计，使用了 AABB 盒进行碰撞检测，基本方法是用一个六面体将传送门和飞船包围，AABB 盒的特点是六面体的每条边都平行或垂直于坐标轴，因此我们只需要知道物体的最小点和最大点，就能够判断两个物体是否发生碰撞。只要任一物体的最小点的 XYZ 轴任一坐标值大于另一物体的最大点对应坐标值，就能确定二者不发生碰撞，反之则发生碰撞。

这次项目最大的收获是重新复习整理了一学期以来学习到的内容，并参与到一个团队中，将一些内容重新实现。此外，还学习并实现了在 3D 坐标系下运用 AABB 盒的碰撞检测，对我来说也是一个很大的收获。