### 操作说明文档

1. **安装及卸载**

⑴ 安装

双击作品安装包，根据提示安装作品。安装完成后，打开桌面上新增的“引力模拟”文件夹，即可运行作品。

⑵ 卸载

打开开始菜单，找到“引力模拟”文件夹并打开，单击“卸载引力模拟”，根据提示卸载即可。

1. **基础按钮说明**

单击“播放”按钮，以正常画面速度播放，单击“暂停”按钮暂停模拟。

点击“加快”“减慢”按钮，调节画面速度；点击“清屏”按钮，清除天体轨迹；

点击“行星加速”“行星减速”按钮，调节行星的速度。

单击“退出”按钮，退出程序。

1. **程序“引力模拟 - 太阳系”**

运行作品“引力模拟 - 太阳系”，通过切换行星等操作，可展示太阳系中行星、卫星的运动。

在“引力模拟太阳系”作品中：

1. 按Ctrl+“+”或Ctrl+“-”进行缩放。
2. 按↑，↓，←，→键移动。
3. 按“+”或“-”键增加或者降低速度。将速度调节为负值，可使时间反转。
4. 单击屏幕开启或关闭轨道显示。单击行星即可跟随该行星。
5. 按Tab，Shift+Tab键切换行星，按delete键删除当前跟踪的行星。
6. 在程序目录下的表格中找到"天体列表.xlsx",进入编辑,即可自定义行星系中的行星。编辑过程中，点击Excel左下方"天体设置"右侧的"帮助", 可查看表格的说明。

(7) 如果是直接在Python中运行作品“引力模拟太阳系”的源代码，还需要使用“pip install pandas openpyxl”命令安装相关的库。

1. **关于Excel文件"天体列表"的说明：**

(1) 程序中的坐标系统

x

y

原点(0,0) (单位为像素)

行星坐标(80,100)

速度矢量为(-200,200)

屏幕

程序中原点位于屏幕中央。

天体的坐标(x,y)，用于标示天体在屏幕上显示的位置，速度矢量(vx,vy)对应天体速度的x分量和y分量。

屏幕长宽的单位为像素。

1. 表格的各个列

表格中列name对应天体的名字，列m,x,v分别对应天体的质量、天体的初始坐标(x,y)、天体的初始速度矢量(vx,vy)。其他的列对应天体的形状、样式等信息（详见文件"天体列表"左下角的“帮助(必看)”页，和程序源代码）。

1. 创建新天体的方法

在表格末尾加入新的一行，存放新天体的信息。

示例：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| name | m | x | v | type |
| 新天体 | 30 | (7500,0) | (0, 48) | Star |

1. 编辑天体方法

修改该天体的行的数据，并保存。

1. 删除天体方法

删除该天体对应的一行数据，即可。

1. 注意事项

①如果表格中输入的数据错误，运行程序后会出现弹框提示，便于找到错误发生的位置。

②表格数据既可使用英文标点符号，也可使用中文标点符号。

1. **程序“引力模拟 - 卫星变轨”**

运行程序，点击“行星加速”“行星减速”按钮，即可演示卫星的变轨过程，类似于发射人造卫星。点击“重来”按钮，恢复初始的卫星轨道。

1. **程序“引力模拟 - 日地月”**

程序可模拟太阳、地球、月球的运动。单击“日地距离+”“日地距离-” “月地距离+”“月地距离-”按钮，能改变地球、月球的轨道半径。注意如果月地距离过大或日地距离过小，月地轨道会受太阳潮汐力影响而不稳定。

1. **程序“引力模拟 – 开普勒第一定律”**

开普勒行星运动第一定律是指：

1.每一行星沿各自的椭圆轨道环绕太阳。

2.太阳则处在椭圆的一个焦点上。

如果程序输出的PF1+PF2近似等于输出的长轴2a，则验证了行星的轨道近似为椭圆，开普勒第一定律的验证通过。

1. **程序“引力模拟 – 开普勒第二定律”**

开普勒第二定律，指的是太阳系中太阳和行星的连线在相等的时间内扫过相等的面积。

如果程序输出的 行星扫过面积÷时间 近似为一个定值, 则开普勒第二定律的验证通过。

1. **程序“引力模拟 – 开普勒第三定律”**

开普勒第三定律，指绕同一天体公转的行星，椭圆轨道半长轴a的立方与周期T的平方之比是一个常量。也就是 。

如果程序输出的结果k近似为一个定值，则开普勒第三定律的验证通过

1. **程序“引力模拟 – 第一、二宇宙速度”**

运行程序可以观察到，第一宇宙速度的天体沿着圆形轨道环绕恒星运行，而第二宇宙速度的则沿着抛物线飞出。点击“重来”按钮，可重新开始模拟过程。

1. **程序中的单位**

程序中距离的单位为像素，时间的单位为秒。程序中的时间速度可通过单击“加快”“减慢”按钮调节。注意如果时间速度太快，引力模拟的精确度会下降。