

大作业选题：OGLE 造父变星光度数据

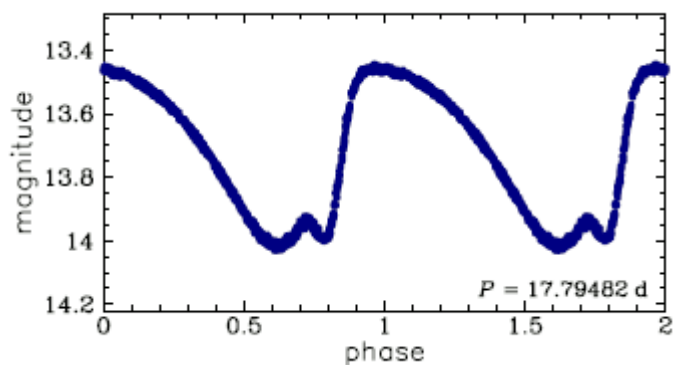
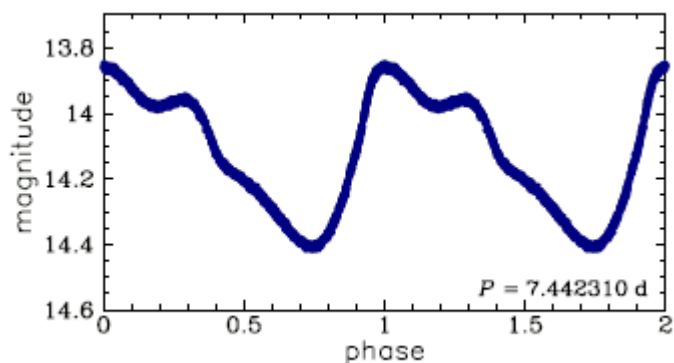
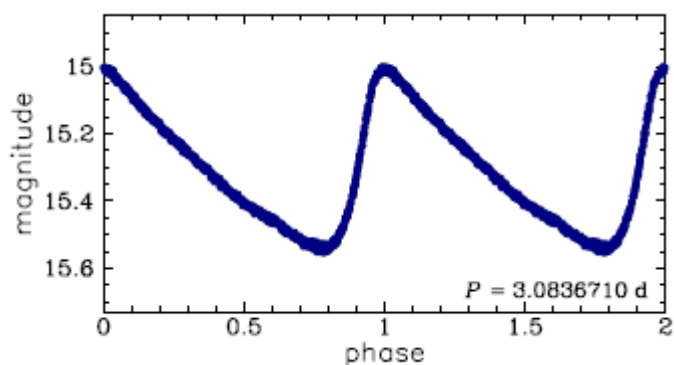
提示：如果你无法渲染其中的公式，请阅读 README.pdf，两者内容相同。

问题背景

变星指的是从地球上观察其亮度有起伏变化的恒星。造父变星是一种非常明亮的变星, 其亮度会随时间进行周期性变化（如下图）。根据造父变星的周光关系（Period-luminosity relation），可以进一步测量变星所在星云、星团距地球的距离。

OGLE（Optical Gravitational Lensing Experiment，光学引力透镜实验）是由波兰华沙大学主导的大型巡天项目，主要目标是通过引力透镜来寻找暗物质。

目前，OGLE 定期对来自麦哲伦星云、银河系核球和圆盘以及其他区域的约10亿颗恒星进行亮度观测，其最重要的成果之一就是收集了大量变星的光度数据，并形成了包含超过40万个天体的变星目录。这些数据对观测天体物理学的许多领域作出了重大贡献。



本作业的任务是来模拟生成造父变星的光度数据。

参考资料

1. [百度百科：造父变星](#)
2. [OGLE Atlas of Variable Star Light Curves](#)

作业要求（功能部分）

Makefile

本次作业提供了 `Makefile`，最终助教也将使用 `Makefile` 进行测试。需要注意，你在编写所有程序文件时，都应该使用 `make` 给程序传入的参数（来自 `sys.argv`），而非硬编码下面提到的文件名；否则，你可能无法通过测试。

在本目录中运行 `make -n` 即可看到实际运行的命令，这或许能帮助你开发。

数据说明

所有的输入数据存放在 `data` 文件夹下，因此请不要轻易改动这个文件夹下的内容，包括：

- 观测起始时间个间隔时间（`observation_time.csv`）
- 造父变星光变曲线的拟合参数（`fit_parameters.csv`），以及用于拟合的 `fourier` 函数（`fourier_func.py`）
- 造父变星的光变周期和天球坐标（`cepheid_info.csv`）
- 望远镜背景噪声分布参数（`gauss_std.csv`）

基本要求

作业功能部分（占80分）的基础要求分成以下几部分，完成各个任务即可拿到相应分数：

任务（程序名）	分数
<code>plot_lightcurve.py</code>	20
<code>preluminosity.py</code>	20
<code>add_noise.py</code>	10
<code>plot_data.py</code>	10
<code>simu_telescope.py</code>	20

`plot_lightcurve.py`

`data` 中的 `fourier_func.py` 和 `fit_parameters.csv` 分别给出了拟合造父变星光变曲线所使用的 `fourier` 函数及其拟合参数，由此可得造父变星在一个光变周期内的光变曲线。按光变周期从小到大的顺序，将三个造父变星在各自一个光变周期内的光变曲线从左到右依次布置在同一张图上，并给出坐标轴标签（横轴单位为day；纵轴为magnitude），子图题分别为三个光变周期 T_i ，格式为" $P_1 = T_i$ "；总图题为"Light Curve"。将图片文件保存为 `lightcurve.png`。

注意：

1. magnitude 越小，亮度越大，因此绘图时需要注意纵轴数据标签（参考“问题背景”中的示例图片）；
2. 在 `plot_lightcurve.py` 的实现中，要求导入 `data` 中提供的 `fourier_func` 模块，借助 `fourier()` 和拟合参数完成光变曲线绘制

preluminosity.py

根据 `cepheid_info.csv` 给出的光变周期，并按照 `observation_time.csv` 里给出的观测间隔时间对拟合曲线间隔采样，得到每个造父变星未加入望远镜噪声的原始光度数据。要求输出的每个造父变星光度变化的数据点数相同并至少有**400**个数据点，将输出保存到 `idealdata.csv` 中，文件的输出格式如下（ t_0 为观测开始时间； t_i 为观测间隔； j 为采样值，第一下标分别对应造父变星编号，即按光变周期从小到大的顺序）：

t_0	j_{10}	j_{20}	j_{30}
$t_0 + t_i$	j_{11}	j_{21}	j_{31}
$t_0 + 2t_i$	j_{12}	j_{22}	j_{32}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$t_0 + nt_i$	j_{1n}	j_{2n}	j_{3n}

注意：在 `preluminosity.py` 的实现中，要求导入 `data` 中提供的 `fourier_func` 模块，借助 `fourier()` 和拟合参数完成初步光度数据生成

add_noise.py

为了模拟望远镜带来的背景噪声，可选择某一标准差的高斯分布进行抽样，将抽样得到的噪声信息叠加在 `preluminosity.py` 生成的光度数据文件，最后得到模拟生成的光度数据。分布参数参考 `gauss_std.csv`，要求输出格式与 `idealdata.csv` 相同，输出保存到 `realdata.csv`。

plot_data.py

利用 `add_noise.py` 生成的模拟光度数据 `realdata.csv`，绘制出整个观测时间内（即包括所有的数据点）每个造父变星光度变化的散点图。要求将三个造父变星的光度变化绘制在同一散点图内，使用不同颜色且不同形状的符号对散点进行标识，并附上图例。注意标注坐标轴标签和图题，以及纵轴数据标签。图片保存到 `plotdata.png`

simu_telescope.py

假设巡天望远镜能够同时看到这三个造父变星并正对变星所在平面，尝试生成一个简单动画来模拟望远镜观测造父变星的亮度变化。首先需要读取 `cepheid_info.csv` 获得三个造父变星的天球坐标，适当变换后可以得到变星所在平面三个造父变星的相对位置（不对绝对位置和距离做要求），并按照相对位置将变星放入直角坐标系中。可以通过颜色或者图标大小来表征造父变星的亮度。利用 `realdata.csv` 中 `magnitude` 随时间变化的数据，得到一系列不同时间下各造父变星的星等图像，顺序显示这些图像便得到动画。将生成的动画存为 `simu_telescope.gif`。

提示：尝试使用 `matplotlib.animation`

提高要求

提高要求为加分项，至多可加 10 分。你可以自由发挥。

自行调研相关资料，提出唯象模型给出造父变星的光变曲线，根据完成情况酌情加分。

1. 从第一性原理出发定性分析光变曲线的变化；
2. 解出光变曲线方程，并与 OGLE 的观测数据比较（观测数据可参考 [OGLE Collection of Variable Stars](#)）。

作业要求（非功能部分）

非功能部分的要求详见大作业公告，此部分占 20 分。