**第六届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛**

**数据分析试题**

巴西 里约热内卢 2012年8月4日14日

**问题1**

关于小行星的光度测量的一些事实:

· 小行星是太阳系中形状不规则的小天体, 它们围绕太阳运行, 轨道近似椭圆.

· 它们在地球上某一时刻观测到的亮度取决于太阳照射的表面积和观测者可以看到的小行星部分. 两者随着小行星的移动而变化.

· 太阳光被小行星表面反射的方式取决于其质地以及太阳、小行星和观测者之间的角度(相位角), 这个角度随地球和小行星沿轨道运行而变化. 特别是, 表面被细尘埃覆盖的小行星(称为浮土)在接近于零的相位角时(也就是说, 当它们接近于冲时), 亮度会急剧增加.

· 由于观测到的任何来源的流量都随着距离的平方而减小, 所以观测到的小行星的星等也取决于它在观测时离太阳和观测者的距离. 它们的视星等*m*在大气层外为



其中*m*r通常被称为约化星等(意思是如果小行星与太阳和地球的距离缩小到1天文单位时的星等), 并且只取决于可见光照射的表面积和相位角效应. *R*和*D*分别是日心距和地心距.

现在考虑下面的场景.某一小行星在轨道不同点的三个不同夜晚分别获得了该小行星的光变曲线, 每次在该小行星的同一视野内观测到一个光度标准. 表1显示了该小行星在每个夜晚的几何位置(以度为单位的相角, 以及与该小行星一起观测的标准光度恒星的校准星等). 考虑所有的影响后, 将校准的星等作为最终的星等.

表2、表3和表4列出了每个晚上每次观测相对于第一次观测的时间间隔(以小时为单位)、大气质量、小行星的仪器星等和恒星的仪器星等.

大气质量是沿着视线的大气层的无量纲厚度, 在观测天顶时等于1.

**1.** 为每一组画出星等-大气质量图

**2.** 计算每个晚上的消光系数(见文末附录A)

**3.** 这些观测是否有一个晚上受到云层的影响? 把你的答案表达为: (a) A晚, (b) B晚, (c) C晚, (d) 没有.

**4.** 为小行星的每一组观测数据画出校准的星等-时间图(见附录B).

**5.** 确定每晚的自转周期. 考虑这个小行星的光变曲线有两个最小值和两个最大值, 半周期是两个最大值和两个最小值之间的间隔的平均值.

**6.** 确定每个夜晚的光变曲线的振幅(从最大到最小的差)

**7.** 作出已校准的约化星等*M*r-相位角(使用每条光变曲线的平均值)图

**8.** 计算相位曲线的角系数(已校准的约化星等与相位角的关系图), 只考虑远离对方的点(参见上面关于小行星光度测量的事实的第3项)

**9.** 是否有任何理由假定表面覆盖着细小的灰尘(浮土)? 回答YES/NO.

表1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 夜晚 | *D* | *R* |  | *M*star |
| A | 0.36 | 1.35 | 0.0 | 8.2 |
| B | 1.15 | 2.13 | 8.6 | 8.0 |
| C | 2.70 | 1.89 | 15.6 | 8.1 |

表2: A晚 表3: B晚 表4: C晚

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t* | 大气  质量 | *m*ast | *m*star |  | *t* | 大气  质量 | *m*ast | *m*star |  | *t* | 大气  质量 | *m*ast | *m*star |
| 0.00 | 1.28 | 7.44 | 8.67 |  | 0.00 | 1.28 | 13.24 | 8.38 |  | 0.00 | 1.28 | 11.64 | 8.58 |
| 0.44 | 1.18 | 7.38 | 8.62 |  | 0.44 | 1.18 | 13.21 | 8.36 |  | 0.44 | 1.18 | 11.53 | 8.54 |
| 0.89 | 1.11 | 7.34 | 8.59 |  | 0.89 | 1.11 | 13.13 | 8.34 |  | 0.89 | 1.11 | 11.56 | 8.60 |
| 1.33 | 1.06 | 7.28 | 8.58 |  | 1.33 | 1.06 | 13.11 | 8.33 |  | 1.33 | 1.06 | 11.49 | 8.52 |
| 1.77 | 1.02 | 7.32 | 8.58 |  | 1.77 | 1.02 | 13.11 | 8.32 |  | 1.77 | 1.02 | 11.58 | 8.48 |
| 2.21 | 1.00 | 7.33 | 8.56 |  | 2.21 | 1.00 | 13.15 | 8.32 |  | 2.21 | 1.00 | 11.79 | 8.63 |
| 2.66 | 1.00 | 7.33 | 8.56 |  | 2.66 | 1.00 | 13.17 | 8.32 |  | 2.66 | 1.00 | 11.67 | 8.53 |
| 3.10 | 1.01 | 7.30 | 8.56 |  | 3.10 | 1.01 | 13.17 | 8.32 |  | 3.10 | 1.01 | 11.53 | 8.46 |
| 3.54 | 1.03 | 7.27 | 8.58 |  | 3.54 | 1.03 | 13.13 | 8.33 |  | 3.54 | 1.03 | 11.47 | 8.48 |
| 3.99 | 1.07 | 7.27 | 8.58 |  | 3.99 | 1.07 | 13.15 | 8.34 |  | 3.99 | 1.07 | 11.63 | 8.67 |
| 4.43 | 1.13 | 7.31 | 8.61 |  | 4.43 | 1.13 | 13.14 | 8.34 |  | 4.43 | 1.13 | 11.51 | 8.51 |
| 4.87 | 1.21 | 7.37 | 8.63 |  | 4.87 | 1.21 | 13.14 | 8.37 |  | 4.87 | 1.21 | 11.65 | 8.55 |
| 5.31 | 1.32 | 7.42 | 8.67 |  | 5.31 | 1.32 | 13.21 | 8.38 |  | 5.31 | 1.32 | 11.77 | 8.61 |
| 5.76 | 1.48 | 7.49 | 8.73 |  | 5.76 | 1.48 | 13.30 | 8.43 |  | 5.76 | 1.48 | 11.88 | 8.75 |
| 6.20 | 1.71 | 7.59 | 8.81 |  | 6.20 | 1.71 | 13.34 | 8.47 |  | 6.20 | 1.71 | 11.86 | 8.78 |
| 6.64 | 2.06 | 7.69 | 8.92 |  | 6.64 | 2.06 | 13.39 | 8.54 |  | 6.64 | 2.06 | 12.03 | 9.03 |
| 7.09 | 2.62 | 7.87 | 9.14 |  | 7.09 | 2.62 | 13.44 | 8.65 |  | 7.09 | 2.62 | 12.14 | 9.19 |
| 7.53 | 3.67 | 8.21 | 9.49 |  | 7.53 | 3.67 | 13.67 | 8.87 |  | 7.53 | 3.67 | 12.63 | 9.65 |

**问题2**

造父变星是一种非常明亮的变星, 其平均绝对星等是其脉动周期的函数. 这使得天体物理学家可以很容易地通过观测到的视光度的变化来确定它们的本征光度.

下面是一个造父变星数据的表. *P*0是以天为单位的脉动周期, 而*M*V是平均目视绝对星等.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 造父变星 | *P*0 (天) | *M*V |
| SU Cas | 1.95 | –1.99 |
| V1726 Cyg | 4.24 | –3.04 |
| SZ Tau | 4.48 | –3.09 |
| CV Mon | 5.38 | –3.37 |
| QZ Nor | 5.46 | –3.32 |
| UMi | 5.75 | –3.42 |
| V367 Sct | 6.30 | –3.58 |
| U Sgr | 6.75 | –3.64 |
| DL Cas | 8.00 | –3.80 |
| S Nor | 9.75 | –3.95 |
| Gem | 10.14 | –4.10 |
| X Cyg | 16.41 | –4.69 |
| WZ Sgr | 21.83 | –5.06 |
| SW Vel | 23.44 | –5.09 |
| SV Vul | 44.98 | –6.04 |

**(1)** 将所有造父变星绘制成散点图, log10(*P*0)为横坐标, *M*V为纵坐标.

**(2)** 用最小二乘法拟合*M*V–log10(*P*0)图的直线. 这个公式可以让我们从任何一颗造父变星的脉动周期中得到绝对星等.

**(3)** 图1和图2显示了两颗造父变星的光变曲线. 利用现有的数据来估计到这两个造父变星的距离. 同时估算距离测定的不确定度(不需要精确的公式).

**(4)** 比较两颗恒星的距离与一个星系的典型大小之间的差异, 这两颗恒星是否有可能在同一个星系中? 请注明YES或NO.



图1



图2

**附录A: 消光系数**

大气之外的星等是:

,

其中*A*是消光系数, *B*是夜间的零点系数, *X*是观测的大气质量, *m*是仪器星等(即直接从图像中获得的星等)

**附录B: 校准的较差星等**

如果标准星与该天体在相同画面内, 则可通过以下方法获得该物体的校准星等:



**附录C: 角系数的最小二乘估计**

已知的直线为



给出的最小二乘估计量

