**第十二届国际天文与天体物理奥林匹克竞赛**

**数据分析试题答案**

中国 北京 2018年11月3日11日

**1. 产星星系中的尘埃和年轻恒星**

**1.1.1**. 典型的产星星系的AB星等在紫外波段大致不变, 因此: *f* =常数.

*f*和*f*之间的关系式为:

.

*f* –2

所以, 这类星系的紫外连续谱斜率 = –2.

**1.1.2** 首先, 我们需要将所有波长转换为静止参考系波长, 根据红移的定义:



四个波段的静止参考系波长如下表所示:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 波段 | Y | J | H | K |
| 波长(Å) | 1382 | 1645 | 2171 | 2829 |

绘制出图1(纵轴为AB星等, 横轴为静止参考系波长).



**1.1.3** 我们可以将星系CR7的AB星等(仅紫外波段)用和rest表示为:



其中, *m*1600是静止参考系波长1600 Å (观测参考系波长为(1 + *z*) · 1600 Å)处的AB星等.

写出这个公式之后，我们就可以用线性方程*f*(lg ) = *a* lg + *b*进行拟合了, 其中, 斜率*a* = –2.5( + 2).

用最小二乘法拟合的结果是*a* = 1.7, 所以 = –2.7.

最佳拟合的紫外连续谱, 见图1中直线所示. 与1.1.1的星系相比, 星系CR7的值更小, 这表明它的紫外连续谱比典型的产星星系要更蓝. 因此, 星系CR7里的尘埃更少.

正确答案为否.

**1.2.1** 对于表2中的星系样本来说, IRX为:

IRX = lg *F*FIR – lg *F*1600.

计算并绘制出关系图, 见图2.

最佳拟合直线方程为: IRX = 0.98 · + 1.96.

**1.2.2** 根据以上得出的IRX-关系式, 我们可以计算出每个星系IRX的观测值与拟合预测值之间的差值.

因此, IRX的观测值与拟合预测值之间的均方差为:





**1.3.1** 根据问题(3)中所做的两条假设, *F*FIR/*F*1600可以化简为:



*A*1600 = 2.5lg(1 + 10IRX).

**1.3.2** 根据上面的公式, 我们可以计算出表2中所有星系在波长1600埃处的消光*A*1600.

绘制出*A*1600-关系图, 见图3.



最佳拟合方程:

*A*1600 = 1.92 · + 4.62

**1.3.3** 如果等式*A*1600 = 1.92 · + 4.62正确, 那么对于一个没有尘埃的星系, 尘埃消光 *A*1600应该等于0. 因此, 对于没有尘埃的星系, 紫外连续谱斜率期望值0 –2.4.

**2. 一个双星系统中的致密天体**

**2.1.1** 表3展示的是约化儒略日MJD56204到56233期间的三次测量值, 第一次和第二次观测之间的最大加速度为:



**2.1.2** 估算伴星质量的一个简单方法是根据恒星受到的力来计算:



因此, 我们需要正确估计*a*和*r*. 这里, 我们假设主星的加速度*a* = *a*max, 两颗星之间的距离*r* = (*v*2 – *v*1) · (*t*2 – *t*1)/2, 由此可以得出:



**2.2.1** 根据表4给出的数据, 我们可以将TRES径向速度测量值画在纸上, 将这些点连起来,拟合曲线为正弦曲线:



最佳拟合的轨道周期和径向速度的半变幅为:

 

**2.2.2** 轨道半径满足以下关系式:



.

**2.2.3** 双星系统质量函数的定义为:



这个质量函数实际上是从牛顿定律推导来的:

.

轨道半径与双星之间距离*D*的关系式为:

.

因此, 质量函数可以写成:



**2.3.1** 首先, 我们需要根据给定参数表求解出的是这个双星系统的距离: = 3.68 kpc. 其误差为: , .

恒星的光度: *L*1 = 4*d*2 · *F* = 464*L*. 其误差为: , *L*1 = 173*L*.

根据斯特藩-玻尔兹曼定律, 可以算出恒星的半径: .

其误差为:



结合观测径向速度, 算出轨道倾向的正弦值:

.

其误差为:

.

现在, 可以计算恒星的质量了. 首先, 我们需要将表面引力从对数尺度转换为线性尺度:

*g* = 10lg *g* = 1.58 m/s2.

其误差为: *g* = *g* ln 10 · (lg *g*) = 0.36 m/s2.

因此, 质量*M*1为: . 其误差为:

.

**2.3.2** 根据温度和光度值, 我们可以判断出, 这颗恒星是(3)红巨星.

**2.3.3** 由于我们已经推导出双星系统的质量函数, 给定*M*1的范围, 就可以计算出相应的*M*2的范围, 进而可以作*M*2 – *M*1的图(图5).



**2.3.4** 垂直阴影区的范围是2.9*M*到7.5*M*, 白矮星的质量上限为1.4*M*, 中子星的质量上限为2.4–2.6*M* (我们画图时取2.5). 从图5中, 我们可以读出伴星可能的质量大致为. 由于我们没有接收到来自伴星的任何光辐射, 而且*M*2已经超过了中子星的最大质量, 这个双星系统中看不见的那颗伴星可能是一个恒星质量的黑洞, 或是目前理论还未预测到的某种致密天体.