

日全食,高中生可以做什么?

□浙江省杭州高级中学 杜竟杉 傅慎明 朱逸源

2008、2009 两年,我国发生了两次日全食,这吸引了国内外众多的天文爱好者前来观赏和进行科学研究。我们也抓住这两次机会,尝试进行了广义相对论引力透镜效应的验证实验。可惜“天公不作美”,两次观测的天气条件均不够理想。但是这经历我们终生难忘……

对于大多数中学生来说,广义相对论作为一个近代物理学理论,似乎难以接近。对于其天文学验证更只能从资料上了解到天文学家所进行过的实验,而难以亲身接触。我们在国家天文台老师的指导与支持下,在连续两年我国可见的日全食中都进行了验证的尝试。

1911年,爱因斯坦在他的广义相对论中预言了当光线经过大质量天体时其路径会朝向天体发生偏折,这种现象被称为“引力透镜”。根据广义相对论,远处恒星发出的光线经过大质量的天体如太阳时,由于引力的作用将发生偏折,偏转角为

$$\alpha = 4GM/c^2r$$

通过计算这个式子,我们可以得出,当光线经过太阳附近时,我们可以观察到偏折角为

$$\alpha = 1.74'' (\theta_{\odot} / \theta)$$

其中 θ_{\odot} 为太阳的视半径,约 15~16 角分, θ 为恒星到太阳中心的角距离。

为了验证其准确性,从 1919 年爱丁顿实验开始,历史上已经进行了许多次日全食验证。现在,由于射电天文学的发展,观测射电源以验证广义相对论的准确度已经非常高了。对于我们中学生来说,尝试进行日全食验证是较为可行的,并且作为一项要求很高的实验,日全食引力透镜效应验证可以使我们的各方面能力得到提高。在国家天文台胡景耀老师和裘予雷老师的提议和指导下,杭高天文台日全食远征观测队在 2008 年 8 月于甘肃省进行了第一次实验尝试。由于天气原因,我们无法拍摄到食甚的太阳及周围星场。回杭后,我们开始着手进行第二次实验的准备。2009 年 7 月的日全食带将经过杭州,使我们有更充足的条件进行实验。

在 2009 年的实验中,我们安排了两套实验器材:一组是 Celestron C925 S-C 望远镜,Apogee ALTA U9000 CCD;另一组是 Celestron C800 S-C 望远镜,Canon EOS 50D 数码单反。观测地点安排在了浙江省安吉县天荒坪。

我们计算了一些参数以确定实验的可行性。最重要的是星点的位移是否能被侦测出来。根据底片比例尺 $a/x=206265/f$,我们可以算出感光元件每像元对应的角度(即像元分辨角):

$$C925 \text{ 和 } U9000: 1.053268''; C800 \text{ 和 } 50D: 0.484723''$$

由于对恒星重心位置的测量技术较为完善,我们可以做到一定的亚像素测量,所以侦测星点位移是完全有可能的。

对于是否能分辨出恒星信号,我们也进行了如下计算:

定义信噪比 S/N,在忽略光学系统、成像设备的误差的情况下有如下关系:

$$S/N = (n_e \cdot \Delta t) / (n_e \cdot \Delta t + n_b \cdot m \cdot \Delta t)^{0.5}$$

式中 n_e 为接收到的有效信号光子数, n_b 为每个像元接收到的噪声光子数, m 为像元个数, Δt 为积分时间。

我们可以利用如下等式计算光子数:

$$\lg(n_e) = -0.4m_1 + \lg(A) + \lg(\Delta \lambda) + \lg(\Delta t) + \lg(u) + 2.9$$

m_1 为信号的星等, A 为通光面积 (cm^2), $\Delta \lambda$ 为接收信号的波长范围 (\AA), u 为感光总效率(包含环境变量)。

我们取天气良好时背景天光亮度为 7~8 等/平方角秒,计算以 1s 积分时间对 10 等恒星曝光信噪比可以达到 10 以上,属于非常良好的星像,予以使用。

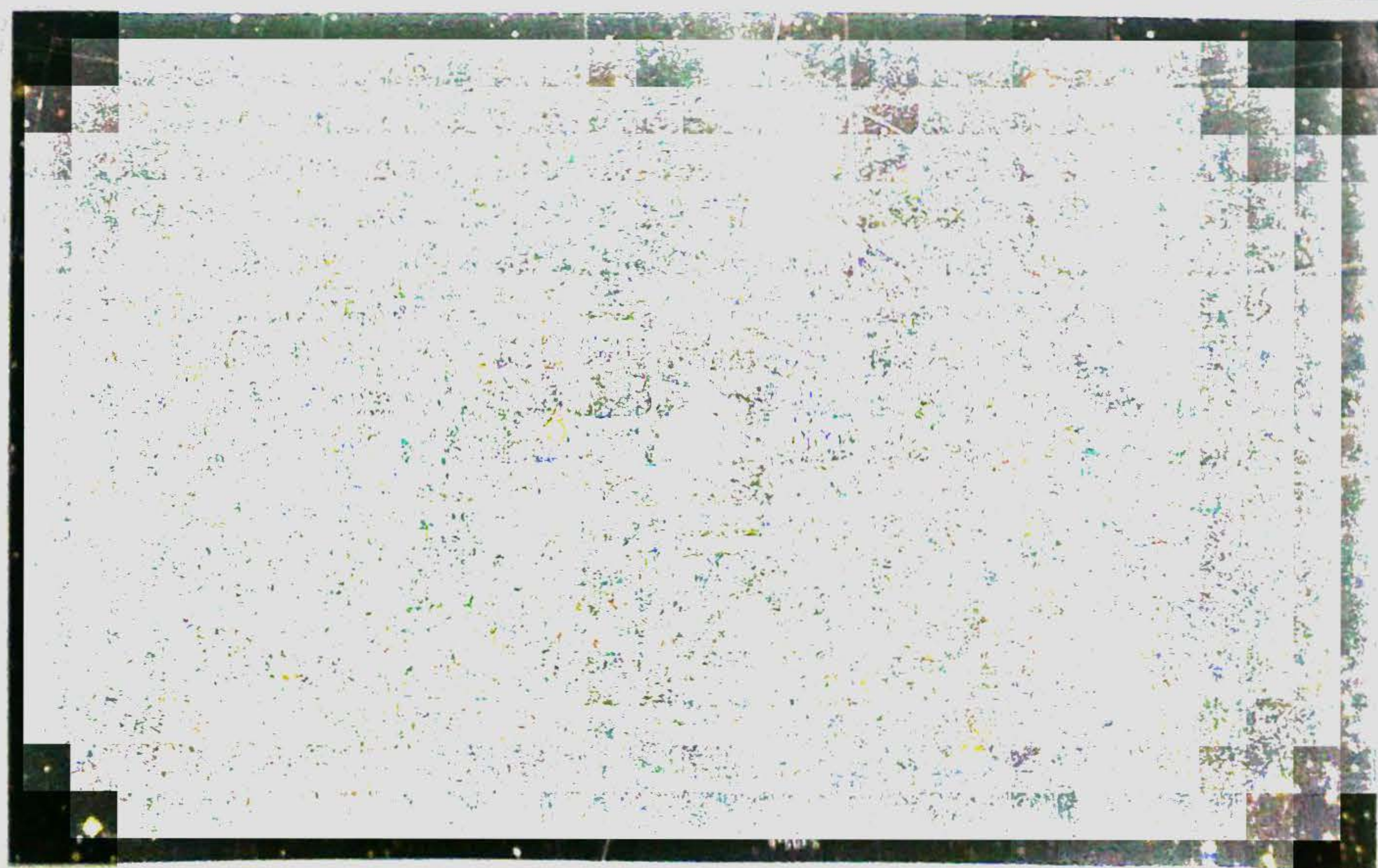


图 1 2009 年日全食星场模拟



图2 2009年日全食观测中

之后我们模拟了日全食背景星场(如图1)(恒星数据来自GSC 1.1,绘图来自Skymap Pro),并恰当地选择了最合适的拍摄方向,制定了拍摄计划。

2009年7月20日,我们实验组乘车到达了观测地天荒坪,进行了实验器材的初始化、校准和试观测。我们也不断地关注着天气变化。为防止薄云的遮挡,在CCD前还加装了Johnson I滤镜,来缓解薄云造成的背景过亮的情况。但是日全食期间,太阳一直被一层云雾所笼罩,目视时也只能看见非常近的内冕。日全食结束后,我们拍摄了平场图像。

观测完成后,我们分析了所得到的数据,如图3所示,找不

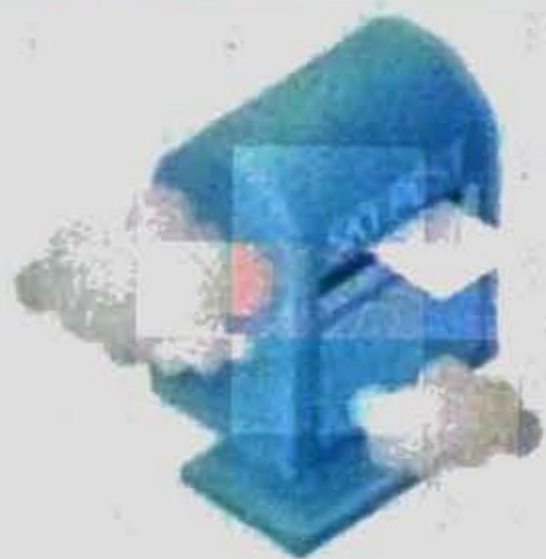
到可以分辨的星像。仍然留下了不小的遗憾。

虽然2008、2009年的两次实验都没有一个满意的结果,但是其中的学习、探究过程仍然很有价值。我们将它作为课题《中学生天体测量实验实施探究》的一部分,希望它能够起到一定的示范作用,提高我国中学天文实验的整体水平。❶



图3 平场改正后的像场

(责任编辑 陈冬妮)



读者来信

《天文爱好者》杂志的各位编辑:

你们好!我是来自浙江的16岁女孩,我的名字叫沈纯,我是《天爱》的新读者!

从小我就对天空有着特别的好感。还记得小学三四年级时,我最爱的CCTV-10科教频道每天晚上都会播放《斗转星移》节目,尽管每天的节目时间都很短,但那时就让我对天空产生深深的眷恋。小学一年级到四年级,我一直住在奶奶的老房子里,门外有个院子。夏天的时候,我和爸妈总是喜欢在院里乘凉。我的生日是天蝎座的,从书上得知天蝎座在夏天会出现在南方天空,还知道天蝎座中最亮的星——心宿二,是一颗美丽的红色恒星,它就位于“蝎子”的心脏部位。于是我找啊找,希望能找到我的星座,不过很可惜,我一直没能找到那只有着红色心脏的蝎子。

五年级时搬家了,住在四层的房子里,仰起头看见的不再是灿烂的星空,而是满眼的灯光。但第一次看流星雨的经历让我印象深刻。大概是六年级时,从电视上看到关于流星雨的预报,还记得那天天气很好。凌晨2点,我就从床上爬起来,坐在房间窗台前的桌子上。结果不知不觉中睡着了,醒来时已经4点多。就这样,我人生中第一次看流星雨是以在桌子上坐着睡了一晚而告终的。

不得不提的就是2009年7月22日的日全食了。中考后我最期待的就是这次日全食。我们桐乡又是最佳观测点之一,所以日全食前一天我满心欢喜地买了日全食眼睛就等好戏开场了。但老天爷就是爱开玩笑,那天下雨。记得我到青少年宫的教室时,就看到同学们眼里透着遗憾,我们都买了眼睛,眼巴巴地等着天晴。9点多,我们感觉到“夜幕”降临,放下手中的小提琴,我们站到窗前。尽管没有亲眼看到日全食,但我们切身感受到了日全食瞬间。也许有遗憾,才觉得更美。

2009年,我成了一名高中生,由于偏

好理科,地理课成为我惟一能在班级中保持前十名的文科功课。当我看到地理课本第一章是讲述地球空间科学时,激动极了。看到课本上那些熟悉的文字和图时,我又找回了小时候看《斗转星移》的感觉。

与《天爱》结缘实在是巧合。高中生活紧张,但每周六都有一节阅读课,我们可以去学校阅览室阅读杂志和报刊。开始时我直奔电影类杂志(我是超级影迷),可是11月的一节阅读课,我发现电影杂志已经被借走了。失落的我只能寻找其他杂志。看到《天文爱好者》时,我很惊喜,想起来小时的天文梦。那些瑰丽的图片让我深深感受到宇宙的壮美,而那些文字让我这个曾经自以为天文知识丰富的女孩在那间感到知识的贫瘠。再后来,我就到邮局订阅了2010年全年的《天文爱好者》。

因为《天爱》,我重拾了儿时的旧梦。衷心祝愿《天爱》越办越好!❶

(责任编辑 陈冬妮)

(请本刊作者与杂志社联系)