

动手验证广义相对论引力透镜效应

文 | 杭州市高级中学学生 杜竞杉

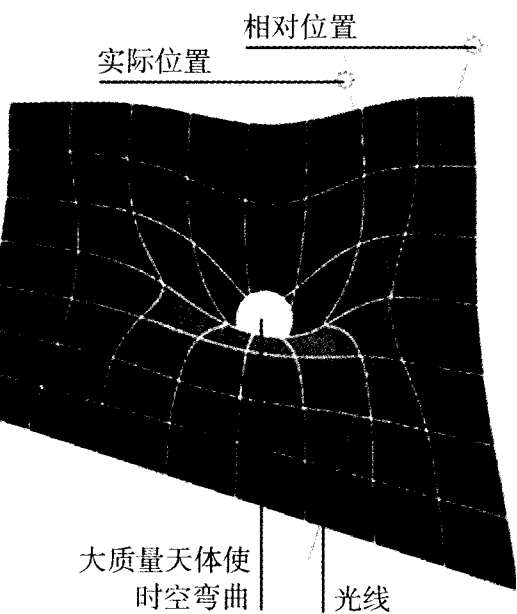
大家看到了本文的标题可能会感到一丝惊讶。像广义相对论这么前沿高深的科学理论,我们还可以动手去验证?的确,要想验证这一理论确实很难,而且需要很高的观测精度。对于我们普通人来说,这也许是不可能的事。那么,我们怎样利用中学生现有的条件来完成这个验证实验呢?首先,让我们了解一下广义相对论的引力效应到底是怎么回事吧。

1911年,阿尔伯特·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发生弯曲。这种现象被称为“引力透镜效应”。这是因为一个大质量的天体会造成时空的弯曲。这就好像你把一颗重弹珠放在绷紧的橡皮膜上,橡皮膜会凹下去。这时光子经过这一弯曲的时空,其路

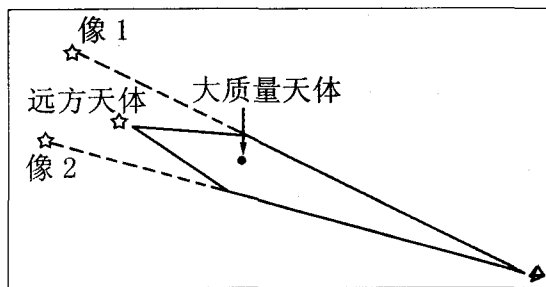
径会发生偏折。

大家知道,白天看不到星星是因为太阳的光芒掩盖了它们。在日全食过程中,太阳的视圆面被月球所遮挡,于是在白天光耀无敌的太阳顿时黯然失色,平时被它的光芒所掩盖的星光就会显现出来。如果在太阳的视位置附近有亮得足以被我们分辨出来的恒星,那么它的光芒在传到地球前会被太阳“折射”,这样一来我们所观察到的此恒星的位置就会发生变化。这是一个较为可行而方便的办法,所以日全食很快成了检验引力透镜效应的最佳时机。根据爱因斯坦的理论,光在太阳边缘处的偏折量为1.74角秒。

爱因斯坦的理论在当时受到了英国天文学家、物理学家亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士(Arthur Stanley Eddington)的关注与赞



>> 光线经过大质量天体附近发生偏折



>>射电望远镜验证实验原理

赏，他于1919年进行了世界上第一次成功的日全食时引力透镜效应验证实验。当时非洲普林西比岛(Principe)将发生一次日全食，爱丁顿率队携带一台33厘米口径的天体照相机前往观测。与此同时，英国天文学家戴森(Dyson)也率领另一支队伍前往南美洲巴西的索贝瑞尔(Sobral)进行同样的实验。他们除了带有同样的天体照相机以外，还都带了一台10厘米口径的光学望远镜。根据所摄的距太阳不同距离的恒星像与晚上拍的比对底片(由于地球的公转，相同的天区在相隔约半年时能在晚上看到，故这个比对底片也需要相隔约半年拍摄)进行对比，爱丁顿由拟合的函数得出了光在太阳边缘处的偏折量为1.64角秒的结果，与爱因斯坦的预言很接近。在这以后，由于观测设备与技术的发展，观测精度记录也被不断刷新。

真正的挑战出现在20世纪60年代初，一种新的引力理论——布兰斯-迪克理论(Brans-Dicke Theory)预言星光也会被太阳偏折，但偏折量比广义相对论所预言的要小8%。事实上索德纳早在1801年(Johann von Soldner)就根据牛顿力学，把光微粒当作有质量的粒子，预言了光线经过太阳边缘时

会发生0.87角秒的偏折，但这与爱因斯坦的理论相差较远，基本可以用日全食时实验的方法区别开来。但是布兰斯-迪克理论的出现使得对观测精度的要求剧增。射电天文学的出现用干

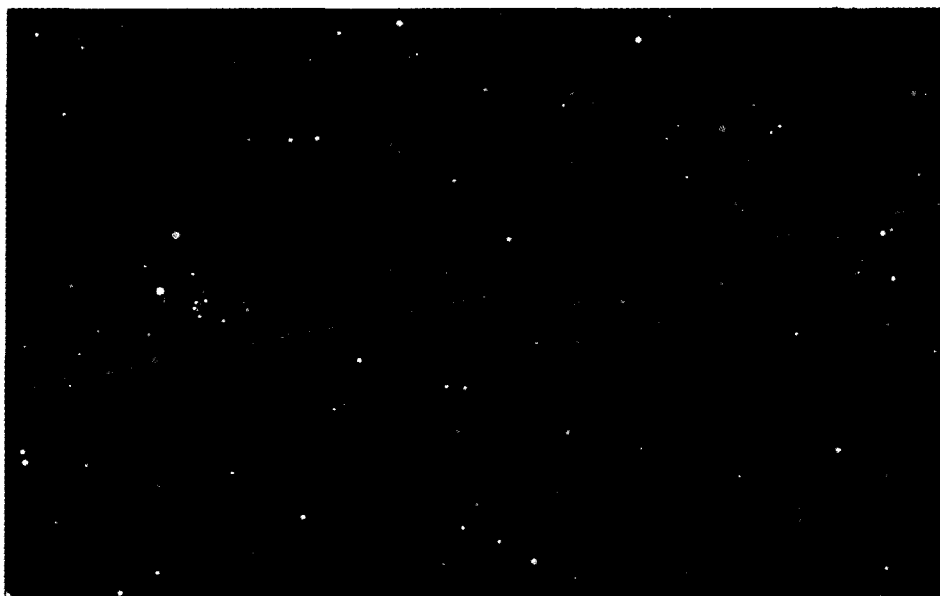
涉方法进行测量，极大地提高了观测精度，现阶段最高实验精度就是由射电望远镜保持的。但是验证之路还很漫长，要想真正地验证还是困难重重的。

2009年7月22日日全食的全食带将经过浙江杭州，这给我们中学生提供了一次良好的测量观测机会。在家门口进行的实验当然在设备、后勤保障等方面都会比千里迢迢到别的地方去观测要好得多。虽然这里的天气因素让人不敢恭维，但是也并不是彻底没“戏”了。我们的实验课题小组将观测地初步定在了浙江安吉天荒坪。这是一个比较适合科研观测的地方，上海天文台天荒坪观测站也位于其上。

我们届时将使用两架施密特-卡塞格林式望远镜、一台CCD光学成像设备与一台数码单反相机(感光元件为CMOS)，这将帮助我们更方便地运用计算机处理观测数据。这样的观测设备对于大多数中学来说可能是很难达到的，但也有一些中学天文台拥有这样级别的望远镜。在本次实验中，我们还得到了国家天文台的技术支持，我们所使用的专业CCD也是由国家天文台提供并支持的。

作为中学生以及业余天文爱好者，想要在这个实验中得出较为准确的结果是非常困难的，况且这次日全食发生的条件对于此实验来说并不是太好(太阳附近亮星不多)。我们进行这次试验的目的在于实验的过程，也就是准备、分析等步骤，以探究中学生天文观测的误差分析与科研及实验的可行性。对我们来说，这将是一次大胆而全新的尝试。

我们期待着这次壮观的日全食，期待着实验的成功!



>>日全食时太阳位置图