

本刊记者/李娜

拿什么探测你,暗能量

自以为越来越了解自己生存的宇宙,但其其实到目前为止,人类只不过才了解宇宙结构的不足 5%,其余 95%被科学家们认为是暗物质和暗能量,尤其暗能量以超过 70%的比重令人震惊。可见物质,很容易被认识和了解;而不可见者,尤其是相互作用非常微弱的暗能量,难以被直接观测,因此目前只能通过对可见天体和空间的观测,间接地测定其性质。在 8 月 23 日举行的中国科协“科学家与媒体面对面”活动上,宇宙学家们介绍了探测暗能量的不同方法。

最具传统的超新星观测

一位重量级嘉宾现身,令本次活动增色许多,他就是 2011 年诺贝尔物理学奖得主之一、美/澳籍科学家 **Brian P. Schmidt**。其所在实验组荣获诺奖理由是“透过观测遥远超新星而发现宇宙加速膨胀”。

主流物理学界一直认为宇宙膨胀在不断减速,直到 1998 年 Schmidt 所在的研究团队以及另一位获奖人 **Saul Perlmutter** 教授领导的团队提出惊人观点:宇宙一直在加速膨胀——除万有引力之外,宇宙还受到一种万有斥力作用,正是不同力量的合力造成这种结果。这种万有斥力的源头,被美国科学家 **Mike Turner** 归结为暗能量。对于未知而诡异的暗能量,他们的探测方法就是观测超新星。

超新星观测在宇宙学问题的研究中颇具传统。中国科学院国家天文台宇宙暗物质暗能量团组首席研究员**陈学雷**告诉《科技导报》,1930 年代科学家提出超新星爆炸概念;1970 年代,超新星观测开始用于宇宙学问题的研究。超新星分为不同类型,其中 Ia 型超新星被用来作为宇宙的距离标尺。Ia 型超新星一般被认为是白矮星,它会从其伴星中吸附积聚物质,到一定程度后发生核爆炸,因爆炸时亮度异常耀眼,好像一颗新星出现,因此被称为超新星。白矮星发生爆炸时大都接近同一质量上限,所以它们燃烧、爆炸发出的光度基本一样。根据爆炸亮度,可以推测 Ia

型超新星到观测者的距离,这就是物理学界所说的“标准烛光”。科学家们通过标准烛光来判断星体在不同时期的距离,最终得到了宇宙加速膨胀结论。

标准烛光的道理貌似简单,但事实上,宇宙中有一些因素会使标准烛光产生偏差,比如科学家们发现 Ia 型超新星并不完全相同,导致爆炸时光度变化速度不一;星际空间的尘埃会吸收光子,导致超新星变暗,产生误差等,所以关于 Ia 型超新星作为“标准烛光”的争议也一直存在。宇宙学家们是怎么处理这种偏差的呢?

Schmidt 在回答《科技导报》上述提问时说,他们也在寻找偏差的可能来源,结果发现和所在星系种类、超新星的光变曲线等一些因素确实有关。“但我们也可以做一些检验,比如观测临近的超新星,对于同一距离或同一位置的超新星,检验它们是否具有相同亮度,如果不同就说明这个方法不对。最后我们发现,经过一些修正后,可以在精度为 1%(低于 1%是研究者们目前的追求)的程度上,认为它们是相同的,不过现在还很难超过这个精度。”

陈学雷告诉《科技导报》,超新星观测是目前研究中使用最多、也取得成果最多的探测方法,不过这种方法面临的挑战是精度的不断提高,而且要求更多的数据积累和经验判断。

未来可期的重子声学振荡

与传统的超新星观测不同,陈学雷的研究团队正在计划用一种叫做“重子声学振荡”的研究方法来探测宇宙中的暗能量。

“重子声学振荡作为一种精确测量宇宙膨胀率和距离尺度的方法,被认为是未来探测暗能量的主要手段之一。”陈学雷在 2011 年发表的一篇题为“暗能量的射电探测——天籁计划简介”一文中介绍:宇宙中物质的分布有不均匀性,在宇宙早期,原初密度扰动会引起光子-重子复合流体中的声波振荡。随着宇宙膨胀,温度降低,宇宙中的等离子体复合后,光子与重子退耦,此种振荡停止。但是这一

振荡的尺度与复合时的声波传播距离可以建立一种对应的线性计算关系,因此可以作为一种量尺测量宇宙膨胀速度。

“简单来说”,陈学雷告诉《科技导报》,“重子声波振荡就是通过探测宇宙大爆炸留下的早期声波,以不同的波长来判断不同时刻宇宙膨胀的速度变化。当初宇宙大爆炸从开始到结束,经历了一个非常突然的过程,虽然大爆炸结束了,但是伴随大爆炸而产生的声波还以等离子体的形式存留在宇宙里。这就好像水结冰了,但是之前的波纹被保留下来是一个道理。”

重子声波振荡可以说是与 Ia 型超新星观测非常互补的一种探测暗能量的方法。陈学雷认为,声波振荡与宇宙的膨胀速度之间可以建立清晰的线性或准线性计算关系,而无需像超新星观测那样过多依赖经验判断,因此有希望实现较小的系统误差。

目前,国际上包括斯隆数字巡天项目(SDSS)、“二度视野”项目(2DF),WiggleZ 项目等在内的实验组都在利用重子声波振荡进行暗能量探测,并且已经在五六个数据点实现成功测量。国内,由陈学雷主持的中国科学院国家天文台“天籁计划”也是以重子声学振荡来对宇宙进行大尺度观测的。值得一提的是,国际小组主要使用光学手段进行巡天观测,陈学雷实验组希望使用射电手段进行,他认为国际上射电探测研究刚刚起步,结合国内在射电天文、微波技术、计算机技术方面的学科基础,我国及时投入力量,有可能在这一领域取得领先地位。

除上述方法之外,还有两种探测思路也受到科学家关注——引力透镜和星系团。陈学雷告诉《科技导报》,前者是基于光在宇宙中的传播会产生偏折,造成所观测背景星系与其固有形状有微小改变和光度放大;后者则是基于星系团随红移的数量变化,“但是目前这两种方法因系统误差、观测难度等原因,在暗能量探测中贡献较小”。■