

最新测量结果为5500亿倍太阳质量 银河系的“体重” 怎么“称”出来的

一支国际合作团队近日利用我国郭守敬望远镜以及欧洲航天局“盖亚”空间望远镜的数据,精确测量出银河系的质量为5500亿倍的太阳质量。该结果与国际其他团队测量的平均值(约1万亿倍太阳质量)相比,小了近一半,测量结果的精度却几乎翻倍。人类是如何一步步认识我们所在的银河系的?对于银河系质量的测量有哪些重要价值?天文学家又发明了哪些巧妙的“称重”方法?

从数星星开始 窥探银河系全貌

17世纪初,伽利略第一次将望远镜指向夜空,发现淡淡的银河其实是由无数颗恒星组成的,开启了人类利用天文设备研究银河系的大门。那银河系在夜空中究竟是什么样子呢?18世纪后期,英国天文学家威廉·赫歇尔花费十余年时间,用望远镜将天上的星星数了一遍,并记录下它们分布的位置和数量,手绘出了第一幅银河系画像,揭示出银河系是一个接近扁平的结构。

随着大型望远镜设备的发展,通过沙普利等一代天文学家的努力,目前人类已经认识到,银河系看起来是一个扁平的盘状结构,主要由三部分组成:盘子的中心部分是凸起的明亮核球;核球往外延伸是银盘,绝大多数恒星聚集于盘上;银盘外围还有一个很稀疏的球状空间,被称为银晕。我们所在的太阳系位于银河系中心2.6万光年远的地方,由于万有引力作用,围着银河系中心旋转。

提到恒星绕着银河系中心旋转,科学家们却发现了反常的现象。通过测量银河系中心以外不同距离处物质的绕转速度,可以绘制出银河系的旋转曲线图。按照银河系中可见物质的观测范围,在距离银河系中心半径5万光年外,就几乎看不到有恒星和尘埃气体存在了,换句话说,那个距离外测量到的物质绕转速度,应该逐渐减小才对。但实际测量结果却令科学家大吃一惊,在银河系可见边界的外围,物质的绕转速度不降反升,这并不符合牛顿的万有引力定律。仿佛有一只看不见的手,在支撑着银河系外围物质绕银心高速旋转。不仅仅是银河系,很多其他星系也发现了类似的旋转曲线,科学家就此引入了暗物质的猜想。

给银河系“称重” 操作困难重重

天文学家们之所以非常重视对银河系“称重”,最核心的还是因为银河系的“体重”与暗物质息息相关,而暗物质又对星系形成演化和周遭环境物质产生重要影响。

银河系的一部分质量由可见物质组成,也就是能够用各个波段望远镜探测到的恒星、气体和尘埃等,比如目前我们已知银河系中大约有1000亿至4000亿颗恒星,它们的质量占整个可见物质的96%,剩下3%是气体,1%是尘埃,这一部分质量大小和分布范围在各种望远镜探测下已经相对比较明确。而剩下不可见的暗物质,究竟质量有多少,具体是如何分布的,因为与银河系很多性质息息相关而备受科学家关注。

首先,银河系质量尤其是暗物质质量的大小和分布情况,对研究银河系的起源和演化非常重要。其次,银河系周围,还存在很多离它较近质量较小的卫星星系,银河系质量的多少,也影响着它与卫星星系的关系,以及能否有足够的引力将卫星星系束缚在轨道上。对银河系质量的精确测量,也是对宇宙中其他星系质量研究的有益补充和重要参考。

然而,给银河系“称重”真正操作起来却是困难重重。因为暗物质不发光,无法利用望远镜直接观测,我们只能借助其它发光天体在暗物质引力作用下的运动规律来推断暗物质的质量和分布。测量笼罩在银河系周围的暗物质分布情况,更多需要借助银盘之外的遥远天体,它们环绕银河系运动一圈的时间极其漫长,而且距离越远越难以观测,可用的样本数量少、数据质量差。此外,与直接测量相比,这种间接手段必然会在数据收集和处理过程中带来各种误差,影响“称重”的精度。这些原因也导致银河系质量一直是银河系所有基本物理参数中最不准确的一个。

尝试多种方法 测量银河系质量

面对重重困难挑战和充满未知的暗物质,科学家们不断利用最新的数据,尝试新的方法,试图提高“称重”精度,得到更准确的结果。在过去的20多年间,文献中可以找到不下50组对银河系总质量的测量结果,但这些结果相互之间具有不小的差别,是一个覆盖了0.5万亿至2万亿倍太阳质量的宽泛范围。

计算银河系质量的理论方法并不太复杂。根据万有引力定律,可见物质的旋转速度、逃逸速度和速度弥散都可以有效地估计银河系的质量。

在银晕上不同位置的恒星样本在绕银心旋转时,轨道内的质量提供了绕转的速度,如果能够测量速度和距离,结合相应模型,就可以推算出相应轨道内的质量。换句话说,银河系越重,重力对自转的影响越大,恒星穿过圆盘的速度就越快。许多不同团队利用不同样本得到的银河系质量为太阳质量的1万亿至2万亿倍之间。

还有一种方法,科学家在银晕中找到一些超高速星,它们正在以极快的速度逃离银河系,逃出银河系的引力束缚范围。通过对超高速星逃逸速度的测量和运动轨迹的推算,可以给出相应位置的重力势能,从而估计银河系的质量分布和大小。2017年,哈佛大学阿维·勒布教授和他的合作者就利用超高速星样本得到银河系质量在1.2万亿至1.9万亿倍太阳质量范围内。

除了较为传统的方法外,2020年年底,中国科学院上海天文台郭福来研究员带领的团队,首次利用银河系周围星系周介质中的热气体温度测量了银河系总质量,是太阳质量的1.2万亿至3万亿倍。银河系热气体晕趋于稳定状态后,温度分布受银河系总质量的影



响最敏感,即银河系质量越高,热气体晕的温度就越高。

国际合作强强联手 取得新成果

天文学相比于其他理工类学科而言,由于研究对象更加遥远,一方面需要更加先进的观测设备,需要不同位置和性能的望远镜协同配合,海量的数据需要更多的合作;另一方面作为纯基础科学研究,不直接产生经济利益,所以天文学研究更加注重国际合作与交流,是最为开放的学科之一。

本次最新的银河系质量测量成果,是由三峡大学、中国科学院国家天文台、澳大利亚斯温伯恩理工大学以及上海交通大学等单位组成的国际研究团队,利用我国郭守敬望远镜的海量光谱和欧洲航天局“盖亚”空间望远镜的高精度自行数据相结合所作出的。郭守敬望远镜是目前世界上光谱获取率最高的望远镜,而“盖亚”空间望远镜则拥有数量最大、精度最高的天体测量数据。

利用中国和欧洲世界领先望远镜获取的数据,研究团队最终精选出1万多颗“均匀”的银晕恒星作为样本,该样本不仅数量多、覆盖范围大(20万光年范围),而且每颗星都精确测定了三维位置、三维速度以及金属丰度。研究团队最终通过两种方法测得了较为一致的银河系质量,约为5500亿倍太阳质量。

这一结果表明,银河系可能比先前研究普遍认为的还要再“苗条”一半。这意味着银河系中不发光但产生引力的暗物质比原先估计的要少得多。高质量大样本的数据和两种测量方法互相验证,才有了相较于前人精度提高一倍的结果。

中国科学院国家天文台兴隆观测站里的郭守敬望远镜。

延伸阅读

郭守敬望远镜 揭示银河系更多细节

“郭守敬望远镜”——大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜,由中国科学院国家天文台承担研制,它突破望远镜大口径与大视场难以兼得的瓶颈,是目前世界上口径最大的大视场望远镜,开辟了以数千光纤定位进行光谱巡天的新途径。“我们通常使用的望远镜如果要看得远,就无法看得广,但郭守敬望远镜可以既看得远又看得广。它就像一张在深海捞鱼的大网,一网下去可以捞到形形色色很多鱼。”郭守敬望远镜运行和发展中心常务副主任赵永恒说,尤其是在搜寻特殊天体方面,郭守敬望远镜为世界天文学研究作出了巨大贡献。

望远镜坐落于河北省兴隆县,作为中国天文界的第一个国家重大科学工程项目,于2009年6月顺利通过国家验收。2022年9月30日,郭守敬望远镜获取的1660万条光谱和791万组的恒星光谱参数表向全世界发布,两类数据数量均居国际首位。

郭守敬望远镜海量数据在天体物理学研究的多个领域取得了一系列突出进展。其中在银河系结构与演化研究方面,揭示出银河系许多新的细节:获取了迄今为止最为精确的大样本恒星年龄信息,按照时间序列清晰还原了银河系幼年和青年时期的形成演化图像,刷新了人们对银河系早期形成历史的认知;通常认为,银盘有一个清晰的边界,直径10万光年,在郭守敬望远镜的帮助下,现在我们已经清晰地知道银河系至少有20万光年之大;证实银盘并非完全扁平,而是在银盘平面两侧向不同方向弯曲,从而首次勾勒出银河系翘曲结构的三维空间分布特征,为人类真实地观看银河“炸薯片”结构提供了直接的观测证据。

据新华社、《北京日报》