



宇宙学家认为,我们的宇宙诞生于一个无限小、充满能量奇点的大爆炸。一次大爆炸造就了一个拥有完美条件的宇宙,最后孕育出我们所知的所有生命。大爆炸理论认为,大爆炸之后宇宙在不断生长,体现为宇宙至今仍在加速膨胀。

在这种情况下,大尺度的星系团中众多星系的相对运动速度非常高,而按计算出的引力大小来说,是无法把这些星系好好地“束缚”在星系团之中的——它们本应该像高速旋转陀螺上的水滴一样被甩出去。但它们却乖乖地待在星系团之中,并未四下散开。所以,一定有一些我们看不见的“力量”存在。假设星系团中存在着一些我们虽然“看不见”,但质量足够并具有引力的物质,就会确保星系团中众多星系虽然相对运动速度高也不会散开。

这让宇宙学家们笃信,宇宙之中除了 4.9% 的普通物质,还存在着像这样约占 26% 的“暗物质”。但是,既然暗物质无法被看见,如何能确定其真实存在呢? 我们到底该怎么找?

寻找暗物质

暗物质的早期历史

暗物质和普通物质有弱相互作用,但是不发光,不被我们所见。不过既然“看不见”,如何能确定其真实存在呢?

这就要从引力说起。传说中苹果从树上掉下引发了牛顿对引力的思考,为什么地球能围绕太阳旋转而没有落到地面。引力与两个星体的质量和距离有关,引力让天体稳定地运动。通过万有引力定律,科学家发展了天体运动学理论,预测天体的存在以及解释它的运动。牛顿引力定律最著名的例子可能是海王星的发现。引力也最终导致了科学家确认暗物质存在。

19 世纪后期,天文摄影给人们展示了宇宙中的黑暗区域,科学家发现恒星并不是均匀分布的。科学家们想知道这些黑暗区域是完全没有发光的星体,还是有物质吸收或阻挡了他们对恒星的观测。1884 年,英国物理学家开尔文勋爵提出了一种气体模型,把恒星当成气体粒子,可以在引力的作用下得出星系的大小和恒星的速度分布。通过这种方法他得出了银河系的总质量,他又计算了所有能看到的恒星的总质量,发现前者大于后者。两者能比较的意义在于,恒星占据了天体中极大的质量,比如我们生活的太阳系,太阳的质量占据整个太阳系质量的 99.8%。所以开尔文勋爵认为存在不发光的恒星,他在一次学术报告中说:“我们所知道的恒星,或许它们大多数是‘黑体’。”

在真正确定暗物质存在之前,还有几人的工作要记录在暗物质发现的历史中。1906 年法国数学家和物理学家庞加莱在回应开尔文勋爵的工作时,表示气体理论给他留下了深刻印象。他直接用法语写下了“暗物质”一词,不过他认为暗物质不存在,即便存在也比发光物质少。恒星死亡后是暗物质吗? 这位伟大的科学家并没有解决这个问题。1922 年时,荷兰天文学家卡普坦(Jacobus C. Kapteyn),在研究恒星速度的时候假设了暗物质的存在。卡普坦一生的工作极大地推动了对银河系结构的研究,他的学生奥尔特(Jan H. Oort)后来发现了银河系的悬臂结构。而奥尔特在 1932 年研究太阳运动的时候加入了暗物质,并由此计算了太阳附近的物质总密度以估计暗物质的密度。他在卡普坦的基础上更进一步,做了很多开创性的工作。

显然,他们在暗物质的早期历史中做了基础性的工作,暗物质从纯粹的看不到的区域变成了去了解代表黑暗的物质,但他们只认为这是不发光的普通物质,还不是我们现在意义上理解的暗物质。

暗物质的新证据

1933 年,瑞士天体物理学家弗里茨·兹威基(Fritz Zwicky)发现了一个奇特的现象,大尺度的星系团中众多星系的相对运动速度非常高,为了满足这样大的速度运动,所需极大的质量提供引力,否则它们就会脱离引力束缚四散分离。

兹威基把观测到的发光体质量计算出来,发现所需质量是他观测到的发光物质总量的 400 倍。为了解释这一现象,兹威基假设星系团中还有我们看不到,但具有引力作用的新物质,而且质量足够大让它们不会四散分离。兹威基通常被认为是提出暗物质的第一人,因为他给出了比之前更具普遍意义的暗物质存在证据。他在考虑暗物质组成的时候,想到的是冷星、宏观或微观固体或气体,或许是全新的物质。

20 世纪 70 年代,美国女天文学家维拉·鲁宾(Vera Rubin)发现了暗物质存在的另一个证据。她与天文学家肯特·福特(Kent Ford)合作研究银河系的运动。银河系是一个螺旋星系,恒星和气团围绕银河系的中心转动,运动速度与到银河中心的距离有关,从而能绘制一副旋转曲线。就像观测到太阳系中距离太阳最近的水星运动最快,距离最远的海王星最慢,距离银河系中心较远的恒星运动较慢。一般的旋转曲线应该随着距离越来越远,线条越来越低。

鲁宾惊讶地发现,她绘出的曲线没有倾斜,不管恒星距离星系中心有多远,它们围绕的行星中心公转的速度都是一样的! 这种情况完全不满足已经被无数次证明的引力定律。可能的解释是,存在一些没有考虑到的物质它们的引力作用控制着那些恒星的运动。鲁宾还计算出,普通物质仅仅占所需质量的 1/6,如果没有暗物质的帮助,恒星将飞出星系。

“用”引力透镜“看见”暗物质

爱因斯坦的广义相对论告诉我们,大质量天体周围的时空是弯曲的,时空曲率产生了引力。所以当光线通过大质量天体周围时,本来直线传播的光被引力弯曲了,类似于光线通过凸透镜后被弯曲聚焦,而弯曲程度与天体质量有关,这在物理学上被称为引力透镜原理。所以从地球上观察到的目标星系的光线是经过大质量天体后被弯曲后的光线,如今的科学家可以这些光线的成像推算出星系的大致分布、计算质量等数据。1979 年引力透镜效应首次发现后,至今成为了重要的天文学观测手段。

暗物质也在充当大质量天体,通过引力透镜方式最终计算出的星系质量远比一般天文学观测方法测量的数值高。后者通常需要做一些动力学假设,引力透镜效应则与这些假设无关,能直接测得发光物质的质量,所以引力透镜效应被认为是直接看到暗物质的方式。科学家们因此发明了一种引力透镜质量分不成像的方法,绘制出了宇宙中暗物质的分布。



暗物质存在的最强证据

透镜效应提供了最有说服力的暗物质证据,来自合并的星系团。

2006 年,美国天文学家利用钱德拉 X 射线望远镜对子弹星系团(Bullet Cluster)观测,它是由两个子星系团高速碰撞后形成的,用 X 射线测量到气体在中心区域,而通过引力透镜观测到暗物质质量分布在两边,也就是说暗物质与普通物质竟然分开了!因为普通物质会受电磁相互作用影响,碰撞后会相互粘滞产生减速效应,结果导致普通气体物质被阻挡在了中间部分。而暗物质几乎没有相互作用,无阻碍地穿过,暗物质与普通物质形成了空间分离的团块。这一现象被看成是暗物质存在的直接证据。

如今暗物质的存在已经得到了科学家们的承认,并希望真正地找到暗物质粒子。

从上世纪 80 年代起,粒子物理学家们开始寻求解释暗物质到底是什么,并提出了多种模型。尽管今天还有一小部分科学家认为暗物质不存在,试图修改引力理论,但并无公认的新理论。科学家们在按照暗物质模型中的可能性寻找暗物质,或许在不久的将来,我们将解开这个秘密。