



## 看到了最遥远的星系

最近,来自法国巴黎天文台的 M. D. Lehnert 等通过反复的光谱观察,确认了一个迄今为止最遥远的星系.这个星系位于所谓哈勃超深场(Hubble ultra deep field)天区,与地球的距离大于 40 亿秒差距(1 秒差距=3.26 光年),而红移 $z=8.56$ .这一发现打破了先前对  $\gamma$  射线暴(gamma-ray burst)观察所保持的  $z=8.2$  的高红移记录.值得指出,对  $\gamma$  射线暴的观察只可能持续几个小时,因为其发光强度衰减极快;而这次观察持续了 16 小时,因为观察对象是一个可能包括 10 亿颗恒星的星系.它形成于大爆炸之后的 6 亿年,原则上可以以我们今天见到的水平发光,持续数千万年.根据前期哈勃太空望远镜光学和近红外成像,这个星系原已经被命名,叫做 UDFy-38135539.

由于在源和观察者之间存在星际间介质,其中的中性氢原子将吸收高能光子,以至于一个红移量为  $z$  的星系,在观测时不可能看到它发出的波长短于氢-赖曼- $\alpha$  的红移谱线(其波长为  $0.1216(1+z)\mu\text{m}$ ).应该指出:由于技术上的某些困难,上述红移量估计有大约  $z\sim 0.5$  的不确定性(即误差).Lehnert 等的观察利用了位于智利的甚大望远镜阵列中的 SINFONI 积分场单元谱仪(integral field unit spectrograph).对结果谱的分析表明,一条  $1.1616\mu\text{m}$  的发射线,可以归于来自 UDFy-38135539 的氢-赖曼- $\alpha$  发射,具有很高的统计置信度,但没有 100% 的把握.

Lehnert 等的工作代表了宇宙观察中的一个跨越式进展.UDFy-38135539 是第一个被发现的、完全处于重新电离周期的星系,这个周期发生在大爆炸之后的 6 亿年.在此期间,来自宇宙早期发光体的辐射使得在大爆炸期间形成的氢原子重新电离.电离氢(气体)可能以气泡的形式包围着 UDFy-38135539(半径大于  $1\text{Mpc}$ ,即  $1\text{M}$  秒差距),以致于氢-赖曼- $\alpha$  光子有足够的时间逃逸,避开吸收,进入到中性的星际间介质.

在哈勃超深场天区红移量大于 8 的 5 个可能的目标中,UDFy-38135539 的亮度居第三位,这对光谱收集是有利的. Lehnert 等表示,未来利用地基望远镜探测到  $z\sim 8$  类似于 UDFy-38135539 的氢-赖曼- $\alpha$  发射线的几率较小,只有 50%.期待中的空基新手段主要是 James Webb 太空望远镜(James Webb Space Telescope, JWST),它将有能力应对许多观察方面的挑战,例如,排除地球大气发射线的干扰、缩短曝光时间,以及提高信噪比等.有专家认为,天文工作者不应坐等先进的观察设备,而应该像 Lehnert 等那样积极进取.

## 超高精度实验证实光子是玻色子

美国的物理学家对现代物理学的基石——两种基本粒子(玻色子和费米子)遵从两种截然不同的统计行为这一原理,进行了一项极精确的检验.利用激光的实验证实光子遵从玻色-爱因斯坦统计.与以前的实验相比,这一结果使光子实际上是费米子的可能性减少了 1000 倍.

物理学告诉我们,基本粒子分成两种基本类别:自旋值为整数的玻色子和自旋值为半整数的费米子.玻色子包括携带作用力的粒子如光子、W 和 Z 粒子,遵从玻色-爱因斯坦统计.由此产生的一个重要的结果是,许多相同的玻色子可以占据相同的量子态,导致玻色-爱因斯坦凝聚和产生激光等现象.

费米子包括基本的物质粒子,如夸克和电子,遵从费米-狄拉克统计.相同的费米子不能处于相同的量子态,导致原子的壳层结构及其化学性质的周期性变化.

整数自旋粒子遵从玻色-爱因斯坦统计而半整数粒子遵从费米-狄拉克统计,这一原理可以用量子场论的数学加以证明.但是某些物理学家,包括已故的费曼,被一个事实所困扰,即上述原理并没有简单的解释,而是建立在许多假设的基础上的,其中有些假设是说明了的,而有些则是暗含的.的确,有人猜测这些假设在更一般的物理理论中(如弦理论中),可能不成立.

California 大学 Berkeley 分校的 Dmitry Budker 和 Damon English 决定尽可能精确地检验这一所谓的自旋统计定理.他们研究了钡原子的一种特殊的两光子吸收过程,在这过程中,钡原子的总角动量从 0 变到 1.量子力学告诉我们,如果像对于全同的玻色子那样,波函数在交换粒子时是对称的话,那就不可能构建一个总角动量等于 1 的波函数.换言之,如果光子是玻色子的话,就不可能进行这样一种特殊的具有相同频率的成对的光子吸收过程.

研究人员将两束绿色激光从相反方向射向光学腔中的钡原子束,由两束激光中的各一个光子组成的光子对的能量等于钡原子的吸收能.他们通过测量钡原子吸收光子对之后退激发时发射的光子,发现当这两束激光的能量彼此略有差异时,发生这种吸收现象.但是当这两束激光的频率完全相同时,没有观察到这种吸收现象,证明光子确实是玻色子.

目前在 Yale 大学的 Budker 和 David DeMille 曾发表过他们于 1999 年进行的类似实验结果,表明光子是玻色子.但是,本文上面介绍的这项新的实验却要精确得多.这是由于改进了实验装置,使得结果的不确定性降低了 3 个多数量级,结果的精度在 90% 的置信度上好于 1 千亿分之 4.此工作结果发表在 *Phys. Rev. Lett.*, 2010, 104:253604 上.

(树华 编译自 *Physics World News*, 1 July 2010)