

## 超高能宇宙射线的谜团

宇宙射线是指来自于太空的质子和其他原子核,少量宇宙射线具有极高的能量,可以超过  $10^{20}$  eV, 这比世界范围内最强大的粒子加速器所能达到的最高能量还大一亿倍。这些极高能量的宇宙射线的来源一直是一个谜团。最近,工作在阿根廷 Pierre Auger 天文台的科学家得出结论,这种高能射线极有可能来自于活跃的星系核(active galactic nuclei, AGN), 星系中心超大质量的黑洞为之提供了巨大的能量。相关的结果已正式发表在 Science, 2007, 318:938-943 上。

宇宙射线以近光速穿越星际空间来到地球,在与大气层撞击过程中产生大量次级粒子,次级粒子散布开来,到达地球表面时可遍布  $40\text{km}^2$  的面积,这种现象被称为大气雨(air shower)。由于宇宙射线在传播过程中,会与无处不在的宇宙背景辐射发生相互作用,同时也受到其他星体所产生的磁场干扰,而使其运动径迹发生偏转。但对于超高能宇宙射线,这些因素对其干扰甚小,因此能够准确地追踪其来源。换句话说,超高能宇宙射线为准确研究最剧烈活动的天体事件提供了一种手段。

位于阿根廷的 Pierre Auger 天文台是有 17 个国家共同出资兴建,总建设费用为 5 千 4 百万美元,共装配了 1600 个粒子探测器,平均间距为 1.5km,共占地  $3000\text{km}^2$ 。另外天文台还配备了 24 台特制的天文望远镜,用于记录大气雨所发出的荧光。自 2004 年 1 月投入使用以来,共记录到 77 例能量超过  $4 \times 10^{19}$  eV 的高能宇宙射线。把其中 27 例能量超过  $5.7 \times 10^{19}$  eV 的宇宙射线的来源标度出来后发现,它们的分布与距离较近的活跃星系核的关联度更高,例如人马座 A (Centaurus A)。对此, Pierre Auger 天文台的发言人 Watson 说:“这个结果开创了宇宙射线天文学的新时代,随着记录数据的增加,我们可以细致地研究单一的星系,可以说我们用宇宙射线代替光构建了一幅新的宇宙图像。”

## $^8\text{He}$ 的电荷分布半径

$^8\text{He}$  原子核中包含 2 个质子, 6 个中子, 是氦元素中最重的同位素, 也是地球上中子 - 质子比最大的核素。最近, 美国、法国、加拿大的一个联合研究组第一次成功地测量了其电荷分布半径, 结果显示,  $^8\text{He}$  原子核中质子分布的半径为 1.93 fm, 比  $^6\text{He}$  (2.068 fm) 要小。也就是说, 质量较轻的  $^6\text{He}$  核中质子的空间分布反而更大。

联合研究组在法国 GANIL 实验室使用 1 GeV 的  $^{13}\text{C}$  束流轰击加热到约 2000 K 的石墨靶, 同时产生  $^6\text{He}$  和  $^8\text{He}$ , 经慢化后注入原子束装置。磁 - 光阱 (magneto - optical trap) 是实验的关键所在, 利用电磁场和可变频率的激光组合, 具有选择单个原子的灵敏度以及极高的谱学分辨能力。通过比较原子光谱中的细微移动, 确定了  $^6\text{He}$  和  $^8\text{He}$  的电荷分布半径。

现今的核结构理论认为,  $^6\text{He}$  和  $^8\text{He}$  的核芯是包含 2 个质子和 2 个中子的  $^4\text{He}$ , 即  $\alpha$  粒子。 $^6\text{He}$  的 2 个多余的中子围绕着核芯做轨道运动, 形成所谓的中子晕结构。按照这个模型,  $\alpha$  核芯不是固定不动的, 它会在质量中心附近相对于晕中子做轻微的摇摆。换句话说,  $^6\text{He}$  和  $^8\text{He}$  的电荷分布半径实际上反映了  $\alpha$  核芯与晕中子的一种关联。对于  $^8\text{He}$ , 由于中子晕包含 4 个中子, 使这种关联更趋向球形对称, 从而减小了其核芯中的质子的空间分布半径。联合研究组发言人、美国阿贡 (Argonne) 国家实验室物理学家 Peter Mueller 说: “现今的核结构理论在预言  $^8\text{He}$  的电荷分布半径上非常成功, 这为预言更重的原子核增添了信心”。有关论文已发表在 *Physical Review Letters*, 2007, 99: 252501 上。

(友宝 编译自 *Physics News Update*, 21 December 2007)

## DNA 分子的电导率

自从 50 年前发现 DNA 分子的双螺旋结构以来,科学家们一直希望了解 DNA 分子的复杂结构与其化学及电性质之间的相互关系,其中很重要的一个问题是过去所测定的 DNA 分子的电导率结果很不一致,它可以表现为绝缘体、半导体、金属和低温下的超导体。

DNA 分子明显的金属与半导体性质,再加上它具有自复制的能力,促使科学家们产生了设计一个电路,让 DNA 分子能进行自组装的想法。现在美国一些科学家证实,DNA 分子的电导率是一个非常敏感的参数,当它的结构有一些微小的变化时,它的电导率就会发生变化,因此它不适合作为自组装的电路元件。

过去测定 DNA 分子电导率时存在着一些缺点,主要是 DNA 分子与两个测量电极之间的接触不好,因此造成测定的结果不一致。最近美国哥伦比亚大学的 C. Nuckolls 和加州理工学院的 J. Bartan 设计了一种新的能连续地测试 DNA 分子的电路。他们用一根厚度与 DNA 分子相近的纳米管,用等离子体蚀刻出约 6nm 的截面,再用氧化方法将表面的尖刺除掉,以避免测量精度的破坏。加上 50mV 的电压后,电流就会通过 DNA 分子而测出它的电导率。测出的结果表明,DNA 分子的电导率与石墨分子的电导率相近,这个结果是符合实际的,因为 DNA 分子与石墨分子具有相近的双螺旋环形结构。DNA 分子与电极是在室温与液体状态下相接触的,这保证了测试的可靠性,同时在液体内还增加了一种酶,它起的作用是当 DNA 被切断时,电路也将被破坏,这就能确切地表明测出的电导率是 DNA 的电导率,而不是其他物质的。

他们在研究过程中还发现了 DNA 分子发生错配时的电导率,DNA 分子通常是由盐基、胸腺嘧啶和胞嘧啶、鸟嘌呤配对组成。若其中有任一配对发生变更时,两股螺旋仍然会黏住,但它们的结构却形成了错配。开始时,研究组测定的是正常配对的 DNA 分子的电导率,然后让 DNA 分子只发生一组错配,再进行电导率的测定,实验发现,只有一组错配的 DNA 分子的电阻率要比正常 DNA 分子的电阻率高 300 倍。DNA 分子对电导率的这种高度敏感性表明,它们对今后的电子设备并不是一个理想的元件。但另一方面,这个性质却可应用于对 DNA 分子损伤的测定上。如果 DNA 分子发生错配或其他损伤时(例如癌症),就可以通过对它的电导率的测定来进行检测。