利用视界望远镜的偏振观测探索轴子

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/8328.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

利用视界望远镜的偏振观测探索轴子

。拥有极高空间分辨率的事件视界望远镜（EHT）让人们第一次清晰地看到了黑洞视界附近发出的电磁辐射，辐射环内部的阴影则是目前最直接的黑洞这一理论概念的证据。这次观测的数据被广泛应用在进一步验证广义相对论和黑洞物理、研究极端条件下的物理过程。同年9月份EHT团队获得300万美元的基础物理学突破奖。 在最近的一项研究中，中国科学院理论物理研究所研究员舒菁团队、中国科学院紫金山天文台研究员袁强及其合作者指出，视界望远镜不仅给天体物理带来了里程碑式的进展，即将发布的偏振数据还有望探索超轻质量轴子暗物质的存在，从而对粒子物理领域也有着深刻的影响力。 根据广义相对论的预言，如果存在足够轻的玻色子，其康普顿波长和黑洞视界半径在一个量级时，其波函数在旋转的科尔黑洞周围会被不断放大。这些粒子从黑洞的自转中提取能量，形成一个玻色云围绕在黑洞周围。这一过程被称为超辐射。旋转黑洞和玻色云组成的系统如同一个引力原子，原子核是旋转黑洞，相互作用则是引力。 值得一提的是，这种超辐射过程并不是能永久持续的，被广泛考虑的情况是在提取了黑洞足够角动量后，剩余的黑洞自转能不足以继续超辐射过程。这种情况的假设是玻色子之间的相互作用足够小到在超辐射中一直可以被忽略。当玻色子的自相互作用足够强，玻色云的能量密度会有一个上限，超过之后引力原子会发生崩塌，这一剧烈过程被称为玻色新星，其名来源于凝聚态实验室里玻色-爱因斯坦凝聚的塌缩现象。塌缩后的引力原子将抛出外层的轻粒子，之后超辐射过程将再次开启，这一周期性的过程使靠近黑洞视界的轻粒子维持在一个高密度的状态。而视界望远镜看到的光圈位置r_ring，则正处于玻色云密度最高处r_max的附近（图1）。 如何寻找这些可能附着在黑洞周围的轴子？超辐射产生的非相对论性轴子可以看成一个相干场，波函数随着时间而振荡。如果这个相干场和标准模型有耦合的话，会发现标准模型的一些参数也会有极微小的振荡。轴子作为一个赝标量，对应的也是在宇称变换为奇变换的观测量，比如轴子胶子耦合带来的中子的电偶极矩振荡。除了和强作用的胶子耦合外，轴子也能自然地与电磁场产生相互作用。如果一束偏振光从轴子云中辐射出来，其偏振角会因此而振荡。其振幅依赖于辐射发出点处的轴子密度，使得高速自转黑洞周围成了最理想的轴子探测目标。 除了时间振荡外，还可以比较不同位置处的辐射的偏转角的振荡。由于超辐射产生的玻色云携带和黑洞自转方向相同的角动量，其波函数在黑洞经度角方向上也会存在相位差（图2）：不同位置处偏转角振荡的振幅还可以用来分析玻色云系统能量密度的分布。 目前，视界望远镜尚未发表偏振角的观测数据。在过去的观测中，合作组的子天文台已经显示可以拥有3度的观测精度。研究人员以此为准，展望了在未来整个合作组的联合观测对轴子的参数空间能达到的限制（图3），发现会比现有的限制高出不少数量级。

该研究成果近日发表在《物理评论快报》（Phys.Rev.Lett.124 (2020) 061102）上。该项研究得到国家自然科学基金重大项目、面上项目、中国以色列国际合作项目、理论物理专款彭桓武理论物理创新研究中心和中科院战略先导科技专项(B)的支持。（来源：中国科学院理论物理研究所）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.124.061102



图1：轴子云波函数在径向方向上的大小
图2：同一时刻轴子引起的偏转角偏移在黑洞赤道平面上的投影

图3：视界望远镜偏振观测对轴子参数空间的预计探索空间，c正比于轴子和光子的无量纲的耦合强度

作者：舒菁等 来源：PRL

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发