科学家首次观测到共振荧光中的多光子纠缠

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/42301.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！

科学家首次观测到共振荧光中的多光子纠缠。中国科学技术大学郭光灿院士团队的李传锋、王健等人揭示了共振荧光中的多光子散射过程，提出并实现了一种基于单个二能级原子制备多光子纠缠态的新方法，拓展了对共振荧光物理过程的认识，为多光子纠缠在量子计算和量子网络等领域的应用提供了新的途径。9日24日，相关研究成果在线发表于《自然-光子学》。

共振荧光是量子光学中研究光与物质相互作用的基本物理过程，也是产生非经典光的重要途径。研究团队前期围绕共振荧光中的双光子过程开展了系统研究，揭示了双光子过程所蕴含的量子关联，成功实现光子纠缠对的制备。在此基础上，一个自然的问题是：当相互作用进一步拓展到三个乃至更多光子时，最简单的二能级原子能否产生更高阶的多光子关联与纠缠？这些高阶过程又具有怎样的物理性质？

理论研究表明，在弱光驱动下，二能级原子的量子涨落能够诱导多光子参与的非弹性散射过程：多个光子可以共同与原子发生相互作用，随后以具有量子关联的光子束形式辐射出来。这些高阶散射过程与原子的相干辐射场发生相消干涉，使其在通常的光谱和光子关联测量中的信号十分微弱，因而难以被直接观测到。为此，研究团队利用单个87Rb原子与光纤微腔构成的腔量子电动力学系统，增强原子与光场的相互作用并提高光子的收集效率，同时利用窄带光学腔有效抑制强烈的相干背景，从而提取出其中的量子涨落成分。实验中，研究团队观测到明显的三光子和四光子聚束现象，直接揭示了共振荧光中的高阶多光子散射过程。

进一步研究表明，这些多光子散射过程不仅表现出高阶光子关联，还能够产生多光子纠缠。研究团队对三光子量子态进行实验检验，结果显示其以超过三个标准差违背Svetlichny不等式，由此验证了三光子之间的真正三体能量-时间纠缠。在此基础上，研究团队利用所制备的三光子纠缠态演示了量子秘密共享协议。实验表明，只有至少两名参与者协同利用各自的测量结果，才能完整恢复共享信息，验证了该多光子纠缠光源在多方量子通信中的应用潜力。

该研究揭示了共振荧光中此前未被直接观测到的高阶多光子散射现象，并建立了一种带宽兼容物质系统的多光子纠缠态的制备新方法。与依赖复杂能级结构或人为设计相互作用的多光子纠缠制备方案不同，该方法利用量子发射体共振荧光中内禀的多光子散射过程产生纠缠，具有物理机制简单、对量子发射体结构要求较低等特点，并可推广至量子点、囚禁离子、固体色心和超导量子系统等不同量子平台，为多光子纠缠的制备及其在量子计算和量子网络中的应用提供了新的途径。（来源：中国科学报王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41566-026-02022-x

作者：李传锋等 来源：《自然-光子学》

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