科学家在量子模拟实验中观测到“弦断裂”现象

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/35504.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！

科学家在量子模拟实验中观测到“弦断裂”现象
。中国科学技术大学潘建伟、苑震生等，首次使用超冷原子光晶格系统，实现对格点规范理论中“弦断裂”现象的量子模拟，为探讨强相互作用体系中的禁闭行为与相变机制，提供了重要的实验依据。

规范理论是现代物理学的核心框架，是描述基本粒子相互作用的基础，广泛应用于理解凝聚态物理中的各类强关联多体现象。在高度可控的冷原子量子模拟平台上，实现对规范理论的模拟，能够基于第一性原理研究其动力学过程，还可以探索粒子对撞机难于达到的实验参数区域中的物理现象。因此，量子模拟器有望为高能物理问题提供新见解，成为研究凝聚态拓扑相和低能多体物理机制的工具。

近年来，研究团队开发出超冷原子量子模拟器，对格点规范理论开展系统实验研究，并取得一系列进展。2020年，该团队成功模拟施温格模型，实验观测到局域规范不变性，验证电动力学中的高斯定律；2022年，该团队进一步研究规范理论中的热化动力学。近期，该团队对量子热化和量子相变之间的关联、禁闭-解禁闭相变问题等进行系列研究。

在上述工作的基础上，团队针对格点规范理论中的“弦断裂”机制开展研究。在量子色动力学中，两个静止色荷之间的相互作用势，随着距离增加呈线性增长，这一特性使得单个夸克无法孤立存在。然而，当色荷间距超过某个临界值时，系统的能量足以生成一对夸克-反夸克对，导致弦的断裂。作为量子场论中的非微扰现象，弦态与双介子态之间的复杂相互作用，使得对“弦断裂”过程的研究极具挑战性。一方面，传统数值计算方法难以精确求解这一过程；另一方面，粒子碰撞实验也难以对其进行直接观测。

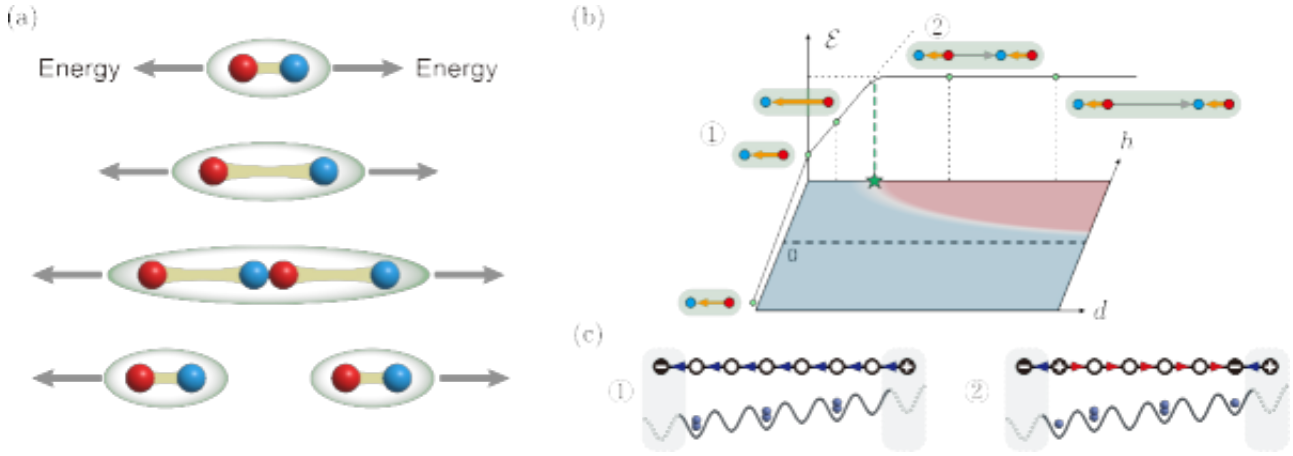
基于前期对格点施温格模型中禁闭动力学的研究，团队搭建了可编程光学超晶格量子模拟平台，将格点施温格模型映射至光晶格超冷原子的玻色-哈伯德模型，通过精确控制原子之间的相互作用，实现对系统初态的可控制备和多参数演化。通过调节系统演化参数，体系从弦态演化至形成粒子对，并发生“弦断裂”的“断裂弦态”，从而完整演示“弦断裂”物理过程。进一步，该团队通过定量控制系统中费米子质量、弦张力和弦长度之间的关系，提取出“弦断裂”发生时能量共振条件，揭示“弦断裂”现象的产生机制。

上述研究展示了光晶格量子模拟器在揭示规范理论微观机制方面的潜力，为将实验研究拓展至更高维度和更高对称性的规范模型，以及探索伪真空衰变、非阿贝尔规范理论、拓扑量子相变等关键物理问题奠定了基础。

相关研究成果以编辑推荐形式发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上，并作为研究亮点被美国物理学会《物理》（*Physics*）专门报道。研究工作得到国家自然科学基金委员会、科技部和安徽省的支持。

论文链接

《物理》报道链接



（a）“弦断裂”现象示意图；（b）“弦断裂”过程中系统能量随着弦张力和电荷间距的变化关系；（c）量子链接模型和玻色-哈伯德模型中，弦态①和断裂弦态②的构型。

研究团队单位：中国科学技术大学

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