
科学家使用量子模拟器观测规范理论中准粒子禁闭的微观动力学行为

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31163.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！

科学家使用量子模拟器观测规范理论中准粒子禁闭的微观动力学行为。

中国科学技术大学潘建伟、苑震生等与合作者，在超冷原子量子模拟实验研究中取得重要进展。该团队首次观测到格点规范理论中的禁闭相与非禁闭相转化的微观动力学过程，为剖析复杂的量子多体现象提供了新的研究手段。近日，相关研究成果发表在《自然-物理学》（Nature Physics）上。

禁闭是一类非常有趣的物理现象。其中，夸克禁闭为人们熟知。夸克是组成物质的基本粒子。夸克之间存在强相互作用，人们无法在自然界中观测到单个的夸克。它们总是以多个捆绑在一起形成复合粒子的形式被观测到。即便在高能粒子碰撞机中，人们几乎无法改变夸克之间的相互作用，粒子碰撞碎片中的夸克瞬间就形成了新的复合粒子。类似地，人们在凝聚态体系中观测到准粒子成对出现现象，通过量子调控手段可以改变准粒子间的相互作用，使得准粒子受控地处在禁闭或解禁闭状态。一个物理体系中是否存在禁闭现象以及能否人为调控粒子间相互作用实现禁闭到解禁闭状态之间的转换，牵涉复杂的量子多体效应，理论上一般没有解析方法求解，数值求解面临挑战。

近年来，超冷原子量子模拟器的出现为研究禁闭问题提供了新手段。2020年，中国科大研究团队首次使用超冷原子光晶格量子模拟器建模了U(1)格点规范理论并验证了相应的局域规范守恒特性，研究了该理论的非平衡热化过程。进一步，研究U(1)格点规范理论中的禁闭-解禁闭相变问题面临两个重要困难，即理论上缺乏产生有效外电场的可行方案，实验上缺乏产生和测控准粒子态的单格点原位调控技术。

在实验中，该研究巧妙地设计了线性倾斜势与超晶格势阱结合的方案。在该条件下，将玻色-哈伯德模型映射为具有动态电场的U(1)量子链路模型，实验模拟了具备动态外电场的量子电动力学规范理论。同时，研究开发了具备单格点及粒子数分辨的量子气体显微镜，原位产生并实时观测了粒子与反粒子对的微观动力学，展示了U(1)格点规范理论中禁闭相和非禁闭相的转变过程。

研究表明，超冷原子量子模拟方法为探索规范理论中的量子相变提供了全新视角，并有望在研究非阿贝尔格点规范理论、二维和三位格点规范模型的非平衡动力学等计算复杂度超越经典计算能力的物理问题中获得更重要的应用。

研究工作得到国家自然科学基金委员会、科学技术部、中国科学院和安徽省的支持。

[论文链接](#)

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