
中国科大量子模拟取得新进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23879.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！

中国科大量子模拟取得新进展。

中国科学技术大学潘建伟、苑震生等与清华大学翟荟、兰州大学么志远等合作，使用自主开发的超冷原子量子模拟器，研究了格点规范场理论中的非平衡态热化过程与量子临界性之间的关系，揭示了具备规范对称性的多体系统处于量子相变临界区域时易于热化到平衡态的规律。这项研究成果近日以编辑推荐的形式发表于《物理评论快报》。

规范理论和统计力学是物理学的两大重要基础理论。从经典电动力学的麦克斯韦方程组到描述基本粒子相互作用的量子电动力学、标准模型等，都是满足特定群对称性的规范理论。统计力学，则是基于玻尔兹曼等提出的最大熵原理，将大量微观粒子(原子、分子等)组成的系综的微观状态与其宏观统计规律连接起来的学科，如微观粒子的能量分布是如何影响其压力、体积或者温度等宏观量的。那么，由规范理论描述的、远离平衡态的量子多体系统会热化到热力学平衡态吗?回答这一问题将推动人们对规范理论、统计力学及两者关系的理解。虽然理论物理学家们提出了各种模型来分析这一问题，但是在实验上难于构建一个既由规范理论描述、又可人工操控并观测其热化过程的物理体系。

近年来，超冷原子量子模拟器的出现为同时研究规范理论和统计物理提供了理想的实验平台。2020年，中国科大的研究团队开发了71个格点的超冷原子光晶格量子模拟器，首次对U(1)格点规范理论--施温格模型的量子相变过程进行了实验模拟;2022年，他们对格点规范场理论中非平衡态过渡到平衡态的热化动力学进行了模拟，首次在实验上证实了规范对称性约束下量子多体热化导致的初态信息丢失。

近期，此次工作的合作者翟荟和么志远等通过理论研究指出，在此类格点规范模型中，量子热化和量子相变之间存在关联，并从反铁磁Neel态出发，预言系统只有在量子相变点附近才能达到完全的热化。进一步观测格点规范理论的量子热化和量子相变之间的关系，对之前的实验能力提出了新的挑战：如何在单格点精度原位地、可区分原子数地操控和探测多体量子态。

潘建伟、苑震生团队在他们已有的超冷原子量子模拟器基础上，将量子气体显微镜、自旋依赖超晶格和可编程光学势阱等技术相结合，开发了单格点精度、粒子数可分辨的原子操作和检测技术。基于此，他们得以制备和探测任意原子构型的多原子量子态,并在满足规范对称性约束下，追踪多体量子态的动力学演化过程。

在该工作中，他们在实验中制备了特殊原子构型的初态，利用绝热演化的方法研究了满足规范对称性约束的量子相变过程，通过有限尺寸标度理论首次在实验中精确地确定了相变点。同时，他

们研究了同一构型初态在远离平衡条件时的退火动力学过程，揭示了具备规范对称性的多体系统处于量子相变临界点附近时易于热化到平衡态的规律。(来源：中国科学报 王敏)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.131.050401>

作者：潘建伟等 来源：《物理评论快报》

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](https://www.iikx.com)转发