

## 郭文安课题组发现二维无序势玻色系统反常量子玻璃态

物理系郭文安教授和博士生王艳成与波士顿大学物理系Anders Sandvik教授合作在最新一期物理评论快报(Phys. Rev. Lett.)上发表了研究论文, 指出二维无序势玻色子系统存在一种新的量子态: 不可压缩的量子玻璃态。

探索强相互作用多体系统的新奇量子态是凝聚态物理和统计物理的重要研究内容。量子相变是获得新奇多体量子态的重要机制。郭文安教授课题组长期从事相变和临界现象的研究, 近年来尤其注重量子多体系统, 特别是量子自旋系统、Bose-Hubbard系统的新奇量子态和‘非朗道’量子相变的研究。

真实的物理系统总是存在无序或杂质, 因此研究无序对相互作用系统量子态的影响具有重要的科学意义。在这一工作中, 郭文安课题组研究了无序强关联玻色系统的特殊基态。

在没有无序的情况下, 光晶格里相互作用玻色子的基态可以是没有能隙的超流态(SF)或有能隙的莫特绝缘态(MI)。调整玻色子间的排斥作用( $U$ ), 系统可以发生两个基态间的量子相变。引入无序后, 系统可以有第三种基态: 绝缘同时没有能隙的量子玻璃态(Quantum Glass)。长期以来人们认为格点势无序的系统只能存在可压缩的量子玻璃态, 即玻色玻璃态(BG)。通过对密度 $\rho = 1$ 的格点无序玻色系统的大规模量子蒙特卡罗模拟, 王艳成、郭文安和Sandvik发现, 在莫特和超流相之间是不可压缩的莫特玻璃态(MG); 通过渗流机制, 他们对莫特玻璃态的温度行为作出了合理解释。针对旧的看法, 他们研究了莫特背景中的超流集团的有限尺寸效应, 据此指出了可压缩玻璃态理论的漏洞。进一步, 根据动力学临界指数的计算, 从临界理论角度获得了莫特玻璃态存在的证据。

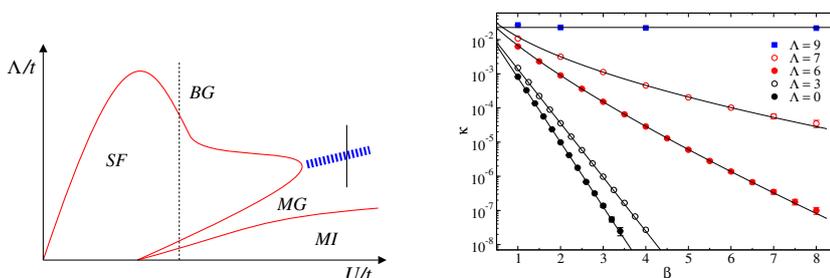


Figure 1: 左图为密度 $\rho = 1$ 时系统的相图。  $\Lambda$ 是无序强度,  $U$ 为相互作用能,  $t$ 是跳跃系数。右图为MG‘手指’附近三种量子态的压缩率随倒温度 $\beta = 1/T$ 变化曲线,  $U/t = 22$ 对应虚线,  $\Lambda = 6, 7$ 为莫特玻璃态,  $\Lambda = 0, 3$ 为莫特态,  $\Lambda = 9$ 为超流态。

郭文安教授的工作受到国家自然科学基金项目11175018资助。Sandvik教授感谢北京师范大学对他访问的资助。

[1] 王艳成, 郭文安, and Sandvik, Phys. Rev. Lett. **114**, 105303 (2015).