



新闻中心

您现在的位置: [首页](#) > [新闻中心](#) > [科研动态](#)[综合新闻](#)[学术活动](#)[科研动态](#)[研究生新闻](#)[通知公告](#)[学术报告](#)[公示](#)

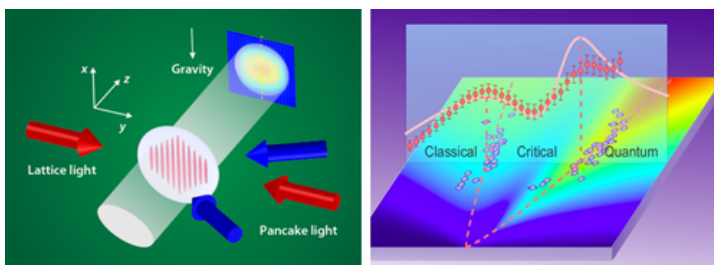
武汉物数所与中科大合作在一维量子液体研究领域获重要进展

2017-10-23 | 编辑: | [【大】](#) [【中】](#) [【小】](#) [【打印】](#) [【关闭】](#)

中科院武汉物理与数学研究所管习文研究员和博士研究生陈洋洋与中国科学技术大学潘建伟院士及其同事苑震生教授等合作,通过对光晶格中的超冷原子进行量子调控和测量,结合量子可积系统理论,在国际上首次得到了一维有限多体系统在经典气体和量子液体之间转变的量子临界性质,并通过测量其相位关联观测到了拉亨杰液体的幂定律关联特性,在低维量子多体系统研究领域取得了重要进展。该研究成果于近日发表在《物理评论快报》,并被选为编辑推荐文章(Editors' Suggestion);美国物理学会网刊Physics邀请该领域专家日内瓦大学的Giamarchi教授,以“一维量子材料理论在冷原子和超导体实验中得以验证”为题,在“观点”(viewpoint)专栏对这一研究成果做了评述;欧洲物理学会网站Physicsworld以“原子体系和约瑟夫森节模拟一维量子液体”为题报道了该成果。

一维量子系统的研究涉及从纳米线、纳米管到线型冷原子阵列等一系列物理材料,这些材料有望应用于纳米光电技术、传感技术、能源技术以及量子信息处理等领域。在一维量子系统的理论研究中,2016年诺贝尔物理学奖得主Haldane及其合作者在上世纪80年代作出了开创性的工作,他们建立了被称为朝永-拉亨杰液体(TLL)的理论。该理论抓住了一维体系特有的整体激发特征,预言了低温下一维体系的超导性、膺长程序、自旋电荷分离等一系列物理特性。同时,量子多体相变具有丰富的量子临界现象,是近年来低温物理研究的前沿问题。然而,在实验上制备和调控一维量子系统难度极大,观测TLL理论所预言的物理特性及一维量子临界现象长期以来是凝聚态物理和冷原子物理实验中的重大挑战。

针对这一悬而未决的重要基础物理问题,在实验上,该联合研究团队创造性地搭建了新的实验系统和开发了独特的量子调控技术,通过产生均匀冷原子势阱巧妙地制备了一维超冷原子系综;通过高分辨原位成像技术精确地测量了一维原子线密度;通过产生密度缺陷之后观测系统的声子传播获得了拉亨杰指数;引入原子再聚焦方法测量了原子动量空间分布并首次实验观测了TLL特有的性质——关联函数随着距离按照幂指数衰减。在理论上,该联合研究团队使用量子可积系统的Yang-Yang方法给出该模型的量子液体和临界行为(注:该方法由杨振宁和杨振平在1969年理论推导得出),通过对实验观测的原子密度分布数据进行分析,提取了体系压强、熵密度、比热和压缩率等热力学量,推导出其遵循的普适规律;通过比热的双峰结构首次用实验数据明确地定出了相图上经典气体、量子临界区和TLL三个区域(如右图)。



左:观测一维量子多体相变和拉亨杰液体的超冷原子实验装置示意图;右:一维量子多体系统相图。

该工作实验和理论结合,多个实验证据之间相互印证,充分证明了拉亨杰液体的存在,提供了研究低维量子系统的新实验方法,将推动低维量子模拟领域的研究进展。该工作得到了审稿人的高度评价:“这是一个高质量的、里程碑式的一维物理系统研究工作,不仅局限在超冷量子气体中,而将在其它物理体系中具有广泛的应用价值。”Giamarchi教授评述该工作称:“该实验获得了以往缺失的、支撑TLL理论的坚实证据,使得TLL理论在描述一维量子系统时,具有与费米液体理论描述高维凝聚态体系同等的重要性。”

该工作得到科技部、自然科学基金委、教育部、中科院等单位的资助。

附：

论文链接：<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.119.165701>

美国物理学会网站viewpoint专栏评述：<https://physics.aps.org/articles/v10/115>

欧 洲 物 理 学 会 网 站 Physicsworld 报 道：
<http://physicsworld.com/cws/article/news/2017/oct/19/atoms-and-josephson-junctions-simulate-1d-quantum-liquid>



中国科学院武汉物理与数学研究所
地址：武汉市武昌小洪山西30号 电话：027-87199543 邮政编码：430071
ICP备案号：鄂ICP备05001978号 鄂公网安备 42010602002512号

