Kitaev材料量子自旋液体研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/24518.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！

量子自旋液体是一种特殊的量子物质形态。量子自旋液体的基本概念最早由P. W. Anderson于1973年提出。这种物质形态具有如下特点：降温至零温不会发生对称性自发破缺，即不存在长程序的有序结构；具有高纠缠度的量子态和新奇的任意子激发，在量子信息处理如拓扑量子计算方面具有潜在的应用价值；与传统的对称破缺有序相不同，量子自旋液体具有拓扑序，其描述超越了传统的Landau范式。在Alexei Kitaev提出的六角晶格模型后，科学家在理论上确认了这种新颖量子物态存在的可能性。Kitaev自旋液体不仅仅存在于理论模型，在强自旋-轨道耦合材料中也有望被实现，故在理论和实验两方面均引发了科学家的研究兴趣。

在众多材料中，a-$RuCl_3$是备受关注的Kitaev自旋液体候选材料。a-$RuCl_3$具备自旋-轨道量子磁性，存在键依赖的各向异性相互作用——Kitaev耦合，并具有很好的二维性。这些特性使得a-$RuCl_3$成为研究Kitaev相互作用诱导量子物态和阻挫效应的优秀候选材料。然而，由于实际材料的复杂性，a-$RuCl_3$存在除Kitaev相互作用之外的其他磁性相互作用，这挑战了科学家对其中量子磁性物态的理解。

中国科学院理论物理研究所研究员李伟课题组致力于多体计算与阻挫量子磁性研究。2021年，课题组通过自主发展的有限温度张量重正化群方法，解析了a-$RuCl_3$的量子磁性“基因”即其自旋相互作用的微观模型，发现了其中存在很强的Kitaev相互作用，并进一步预言了在35-100特斯拉高磁场下存在一个自旋液体中间相。该进展为进一步探索a-$RuCl_3$

中的新奇量子物态和阻挫效应奠定了重要的理论基础。

强磁场实验是在强磁场环境下对物质的性质开展探索的实验，是极端条件下的前沿科学实验。目前，国际上少数先进的脉冲磁场实验室可以做到兆高斯（百特斯拉）级，即地磁场的数百万倍、通常
永磁体表
面磁场的数百到数
千倍。近日，李伟课题组与日本东京
大学国际强磁场实验室Matsuda研究组合作，利用兆高斯（100特斯拉）级的
强磁场，验证了此前提出的理论预言，找到了35特斯拉和
100特斯拉附近的磁场诱导
量子相变的证据，支持了强磁场自旋液体在a-$RuCl_3$中的存在（图
a）。进一步，李伟和博士研究生李涵（现为中国科学院大学卡弗里理论科学研究所博士后）基于此前提出的理论模型，针对转角度高
场实验开展了磁场-转角相图的密度矩阵重正化群计算（图
b）。结果与最新强磁场实验定量符合（图c），支撑了a-$RuCl_3$
在强磁场中存在自旋液体中间相的结
论。该工作为探索实际Kitaev材料中的自旋液体、研究其新奇量子性质开辟了新战场。

相关研究成果以*Possible intermediate quantum spin liquid phase in α -$RuCl_3$ under high magnetic fields up to 100 T*为题，在线发表在《自然-通讯》（*Nature Communications*
）上。研究工作得到国家自然科学基金优秀青年科学基金项目和面上项目、博新计划、中国科学院基础研究领域稳定支持青年团队计划等的支持。东京大学强磁场实验室等的科研人员参与研究
。

论文链接

（a）转角度高磁场磁化测量结果；（
b）理论计算采用的二维六角晶格圆柱面结构；（c）实验测量高场转角相图并与理论对照。

研究团队单位：理论物理研究所

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