



我国学者在量子磁性材料中实现了解禁闭量子临界现象

日期 2023-06-16 来源：数理科学部 作者：郭尔佳 董斌 姜向伟 刘强 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

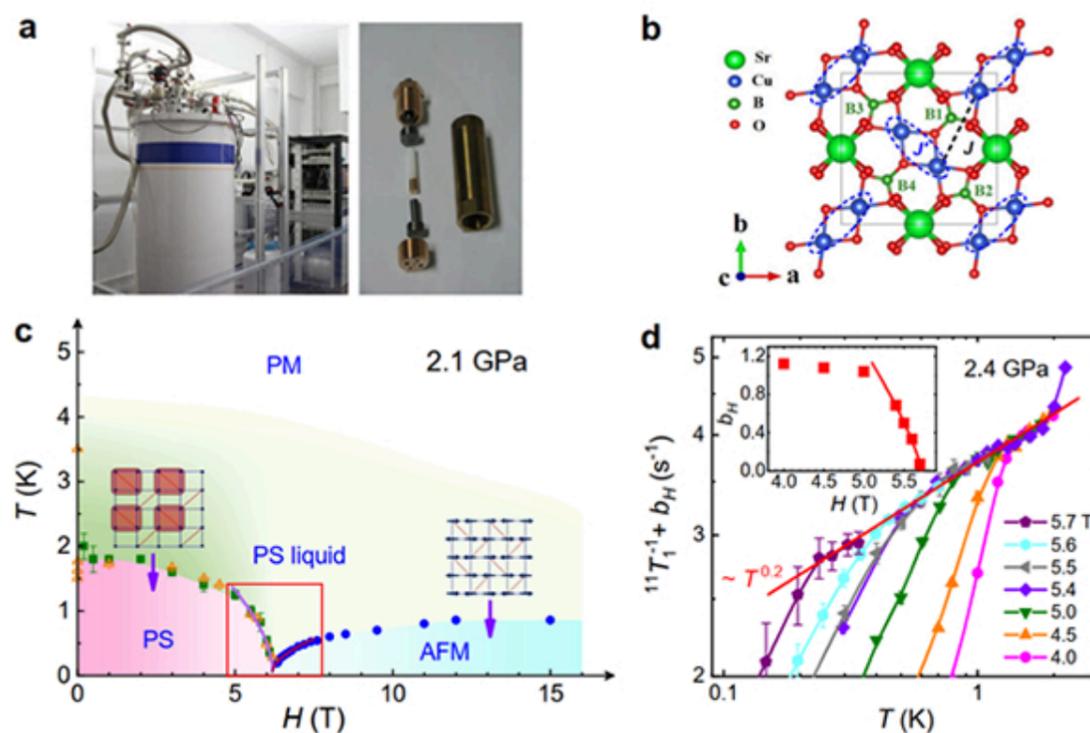


图 (a) 实验用稀释制冷核磁共振谱仪系统和高压设备； (b) SrCu₂(BO₃)₂材料的原子结构和交换相互作用； (c) 2.1 万大气压下磁场驱动的价格固体态 (PS) --反铁磁态 (AFM) 的量子相变相图； (d) 2.4万大气压下自旋晶格弛豫率 1/T₁呈现的量子临界标度行为

在国家自然科学基金项目（批准号：12134020、12104503、12174441）资助下，中国人民大学物理系于伟强课题组和俞榕课题组、美国波士顿大学安德斯·桑德威克（Anders W. Sandvik）课题组、中国科学院物理研究所李世亮课题组等合作，在准二维阻挫量子磁性材料中发现了一种超越朗道相变理论范式的全新量子相变模式，即解禁闭量子临界现象，并首次给出了解禁闭量子临界点附近量子临界行为的确凿实验证据。该成果以“SrCu₂(BO₃)₂化合物中的近解禁闭量子临界点（Proximate deconfined quantum critical point in SrCu₂(BO₃)₂）”为题，于2023年5月26日以“快速刊登（First Release）”形式在《科学》（Science）杂志发表。文章链接：<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adc9487>。

自旋阻挫体系蕴藏着量子自旋液体、自旋超固态、分数化磁化平台等奇异量子物态，并可能成为量子信息、量子计算和量子传感器的载体。在强磁场、高压等极端条件的调控下，这些竞争物态之间也可能发生量子相变。研究发现，绝大部分相变可以统一于朗道相变理论的框架内。但是，近年来随着分数量子霍尔效应的发现和量子自旋液体概念的提出，物理

学家对朗道相变理论是否可以统一描述所有物态相变产生了疑问。其中一个重要的问题是在两种自发对称破缺态之间是否存在连续的量子相变。以磁驱动的价格键固态和反铁磁态间的相变为例，由于两种态分别发生了晶格平移和自旋旋转两种互不相容的对称破缺，在朗道相变理论框架下，它们之间只能发生不连续的一级相变。在本世纪初，一些理论物理学家提出该相变可能是连续的，即超越朗道理论范式的解禁闭量子临界，在其附近呈现出新奇的解禁闭分数化元激发。这些早期的理论工作为量子相变的研究打开了一个全新的方向，然而长久以来一直缺乏有力的实验证据支持。

在本工作中，中国人民大学于伟强教授带领合作研究团队利用核磁共振谱学探测技术，结合稀释制冷极低温、强磁场、高压等极端条件的联合调控（图a），在准二维Shastry-Sutherland阻挫材料 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ （图b）中首次发现了解禁闭量子临界点存在的实验证据。他们首先通过核磁共振谱确认了拼板价键固态，并发现磁场驱动的反铁磁态，这是首次在该材料中通过多场调控实现并确认价键固体—反铁磁的量子相变。实验发现该相变是一个弱一级相变，两边的相变温度表现出和磁场依赖关系的对偶性；其转变温度仅约70毫开尔文，远低于两种态在远离相变点实现有序化的温度，因而接近零温极限下的连续量子相变（图c）。在2.4万大气压的相变点附近，核磁共振自旋晶格弛豫率符合量子临界幂率标度行为（图d），这是系统接近量子临界点的又一有力证据。同时，他们通过相关数值模拟和理论计算，发现在该相变点附近的价键固体与反铁磁序参量遵循增强的 $O(3)$ 旋转对称性。以上实验和理论证据显示该相变邻近一个解禁闭量子临界点，并呈现出解禁闭量子临界行为。

本工作首次在量子磁性材料中观测到解禁闭量子临界现象，为解禁闭量子临界的存在提供了坚实的实验基础，同时为阻挫量子磁性材料与量子临界的研究注入了新的活力，预期对超越朗道理论的凝聚态物理新范式的建立起到促进作用。

- 机构概况：** [概况](#) [职能](#) [领导介绍](#) [机构设置](#) [规章体系](#) [专家咨询](#) [评审程序](#) [资助格局](#) [监督工作](#)
- 政策法规：** [国家科学技术相关法律](#) [国家自然科学基金条例](#) [国家自然科学基金规章制度](#) [国家自然科学基金发展规划](#)
- 项目指南：** [项目指南](#)
- 申请资助：** [申请受理](#) [项目检索与查询](#) [下载中心](#) [代码查询](#) [常见问题解答](#) [科学基金资助体系](#)
- 共享传播：** [年度报告](#) [中国科学基金](#) [大数据知识管理服务平台](#) [优秀成果选编](#)
- 国际合作：** [通知公告](#) [管理办法](#) [协议介绍](#) [进程简表](#)
- 信息公开：** [信息公开制度](#) [信息公开管理办法](#) [信息公开指南](#) [信息公开工作年度报告](#) [信息公开目录](#) [依申请公开](#)

相关链接



版权所有：国家自然科学基金委员会 京ICP备05002826号 京公网安备 11040202500068号
地址：北京市海淀区双清路83号 邮编：100085

