研究发现磁性阻挫晶体中存在Berezinskii-Kosterlitz-Thouless相的直接证据

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/11840.html

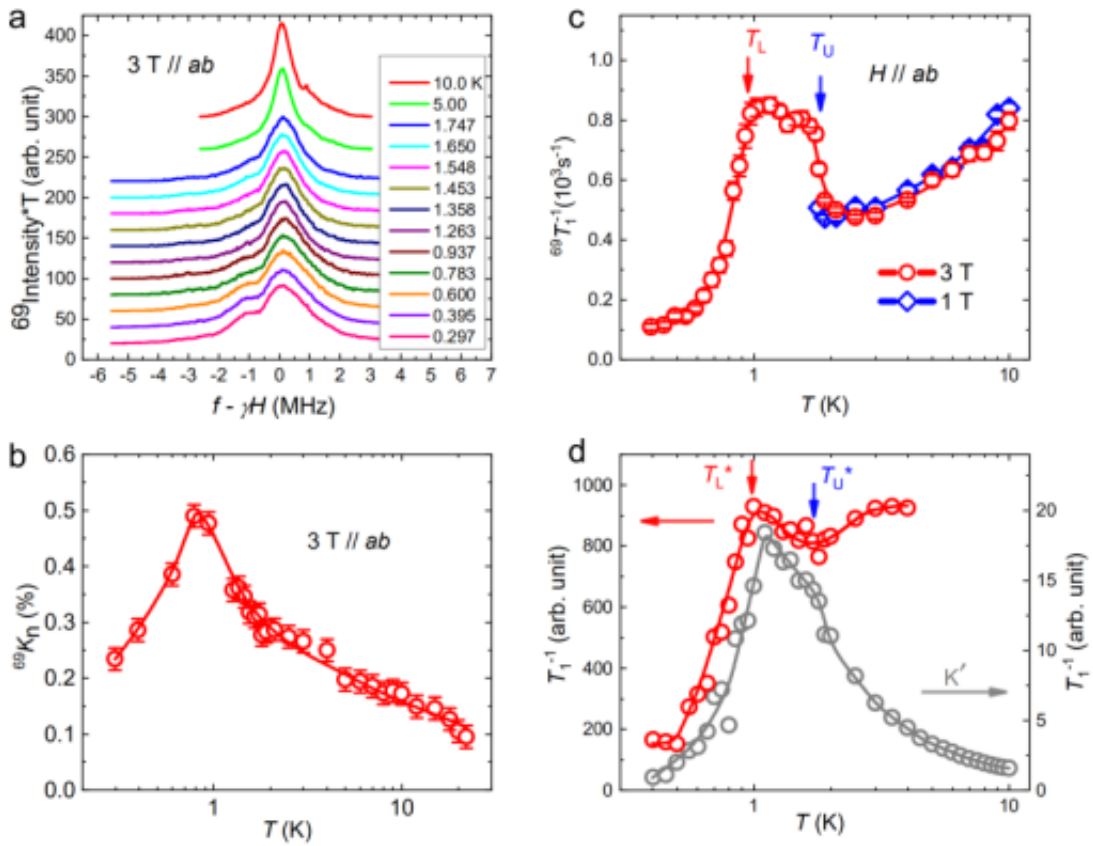
本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

BKT相变是一种超越了朗道范式的相变，物理学家一直在试图寻找一种能发生BKT相变的磁性材料。近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心的研究团队与北京航空航天大学、复旦大学、中国人民大学、南京大学和香港大学的科研人员合作，利用高灵敏度的低能实验探测手段——核磁共振（NMR）技术，结合先进的数值计算方法张量重正化群与量子蒙特卡洛方法，找到阻挫磁性材料$TmMgGaO_4$（TMGO）中存在BKT相的直接证据。相关研究成果以*Evidence of the Berezinskii-Kosterlitz-Thouless Phase in a Frustrated Magnet*为题，在线发表在《自然·通讯》（*Nature Communications*）上。

TMG0是一种磁性阻挫晶体，可用一个二维三角格子的量子伊辛模型（TLI）来描述。合作团队的部分成员在2020年2月完成的工作[*Nature Communications* 11, 1111 (2020)]中，给出TMGO合适的微观参数，并预言该材料中存在BKT相。该合作团队的实验研究者生长出高质量的TMGO单晶样品，采用在晶体的ab面内施加3T强磁场的方法，利用NMR探测到BKT相的信号。如图（c）所示，在0.9K以下，自旋-晶格弛豫率$1/T_1$随温度降低而降低，这表示长程磁有序相。到1.9K左右，$1/T_1$先随温度增大而快速下降，随后又开始快速增加，这表明低能强自旋涨落的出现。特殊的是，在0.9K到1.9K温度区间内，$1/T_1$显示一个平台，表示该系统存在两个相变点，且在两个相变点之间虽然没有长程序，但是存在很强的磁涨落，这与BKT相的性质相吻合。

物理所博士生廖元达在导师孟子杨的指导下，利用大规模量子蒙特卡洛方法计算TLI模型的动力学自旋-自旋关联函数，再使用随机解析延拓技术，得到该关联函数的频率依赖关系，从频率依赖关系中提取该系统的$1/T_1$，结果如图（d）所示。研究发现，数值计算得到的$1/T_1$，定性上和NMR实验结果很符合。从计算出的$1/T_1$，可以提取出BKT相的上下两个边界，与实验给出的1.9K和0.9K符合很好。同时，在垂直磁场中磁化率的标度行为与BKT理论预期完全一致，为该体系中BKT相的存在提供了强有力的直接证据。

廖元达为论文共同第一作者，物理所研究员孟子杨、北京航空航天大学副教授李伟、复旦大学研究员戚扬，南京大学教授温锦生和中国人民大学教授于伟强为论文共同通讯作者。研究工作获得科技部重点研发计划、中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金委项目，以及香港特别行政区研究资助局的支持。研究工作中的大规模量子蒙特卡洛计算，在国家超算天津中心天河1号平台、国家超算广州中心天河2号平台上进行。



（a）TmMgGaO4单晶在3T的面内磁场下，69Ga元素在不同温度下的NMR谱；（b）NMR超精细移动69Kn随温度的变化关系；（
c）NMR自旋-晶格弛豫率1/69T_1
随温度的变化关系；（d）量子蒙特卡洛对1/69T_1数据模拟的计算结果

研究团队单位：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