

在磁性阻挫晶体中存在Berezinskii-Kosterlitz-Thouless相的直接证据

BKT相变是一种超越了朗道范式的相变，半个多世纪以来，物理学家们一直在试图寻找一种能发生BKT相变的磁性材料。最近，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合作者，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整化群与量子蒙特卡洛方法，找到了阻挫磁性材料 TmMgGaO_4 (TMGO)中存在BKT相的直接证据。相关工作以“Evidence of the Berezinskii-Kosterlitz-Thouless Phase in a Frustrated Magnet”为题在线发表于综合学术期刊《自然·通讯》（Nature Communications）。

TMGO是一种磁性阻挫晶体，可以用一个二维三角格子的量子伊辛模型（TLI）来很好地描述。该合作团队的部分成员孟子杨、李伟、戚扬等在2020年2月完成的工作[Nature Communications 11, 1111 (2020)]中，给出了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，生长出了高质量的TMGO单晶样品，采用在晶体的ab面内施加3T强磁场的方法，成功利用NMR探测到了BKT相的信号。如图1 (c) 所示，在0.9 K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1.9 K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，但存在很强的磁涨落——这和BKT相的性质相吻合。

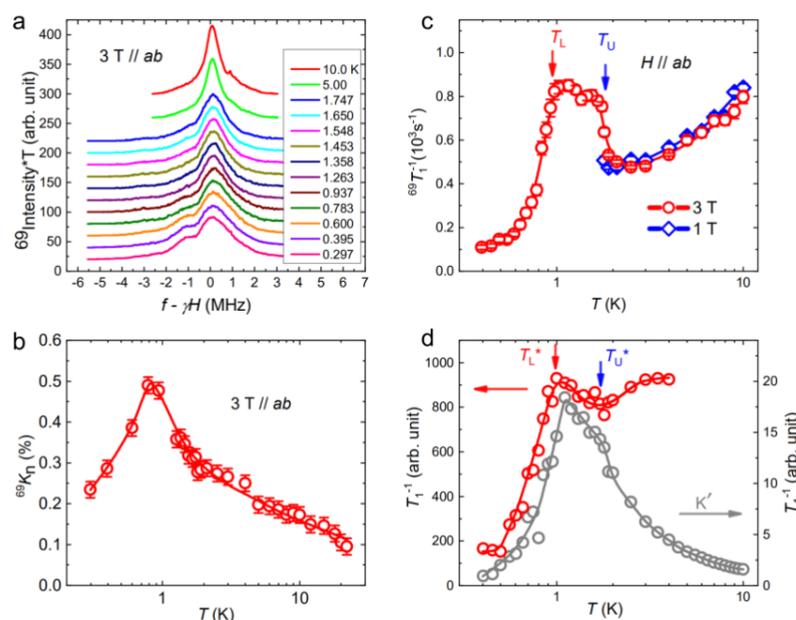


图1: (a) TmMgGaO_4 单晶在3 T的面内磁场下， ^{69}Ga 元素在不同温度下的NMR谱；(b) NMR超精细移动 ^{69}Ga 随温度的变化关系；(c) NMR自旋-晶格弛豫率 $1/^{69}\text{T}_1$ 随温度的变化关系；(d) 量子蒙特卡洛对 $1/^{69}\text{T}_1$ 数据模拟的计算结果

来自中科院物理研究所的博士生廖元达，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了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1 (d) 所示。可以发现，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，和实验给出的1.9K和0.9K符合很好。不仅如此，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。

中科院物理研究所博士生廖元达为论文共同第一作者，中科院物理所研究员孟子杨、北航副教授李伟、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共同通讯作者。本工作获得科技部重点研发计划2016YFA0300502，中科院先导专项XDB28000000，国家自然科学基金委项目11574359，以及香港特别行政区研究资助局Grant 17303019的支持。研究工作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。

[Nature Commun. 11, 5631 \(2020\).pdf](#)

[电子所刊](#) [公开课](#) [微信](#) [联系我们](#) [友情链接](#) [所长信箱](#) [违纪违法举报](#)

