
科学家提出探测自旋超固态新方案

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37118.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！

科学家提出探测自旋超固态新方案。中国科学院理论物理研究所（以下简称理论物理所）研究员李伟团队与合作者创新利用有限温度张量网络方法，首次研究了三角晶格易轴反铁磁海森堡模型的自旋塞贝克效应，预言其中存在自旋流符号的反转以及低温下不衰减的超自旋流。这一理论发现为实验上直接探测量子自旋超固态的关键输运特征提供了清晰可行的方案。相关研究成果于12月5日发表于《物理评论快报》。

超固态是一种在接近绝对零度时涌现出的新奇量子物态，在保持固体的长程有序性质的同时，还具有超流性质。自旋超固态则是超固态的量子磁性实现。

2024年1月，李伟团队与合作者在钴基三角晶格磁性晶体中首次发现量子自旋超固态存在的实验证据。这一发现，引起了自旋电子学领域的国际著名专家、日本理化学研究所教授前川禎通的关注。当年4月，前川禎通访问理论物理所，与李伟团队就自旋超固态议题进行深入探讨，并开启了后续合作研究。

讨论中，李伟向前川禎通请教，如何直接探测反映自旋超固态超流动性的宏观量子输运性质？前川禎通建议可以从自旋塞贝克效应的角度做一些计算。自旋塞贝克效应指的是由温度梯度驱动产生纵向自旋流的现象。

该研究第一作者、博士生高源（理论物理所-北航联合培养）在讨论结束后，立即尝试计算。他利用原始公式计算自旋塞贝克效应，尝试计算有限温度三角晶格系统的自旋动力学。大约两个月后，高源发现这一计算非常具有挑战性，很难精确实现。但他没有放弃，而是尝试找方法把难点绕过去。

关键的转变在于一个细致的观察，高源通过改变公式中积分的核函数，巧妙地绕开了实时间演化与自旋动力学的计算。随后高源与导师李伟开展系统研究，提出了一种基于虚时间近似的张量网络算法，可以精确高效地计算低温下量子磁体的自旋塞贝克效应。

高源介绍，他们把该方法与原始公式在一维系统中做了详尽的对比计算，在低温下获得了一致的温度依赖行为。基于这一新方法，他们对三角晶格易轴反铁磁海森堡模型进行了研究。计算所得的自旋流结果精确符合已知的磁场—温度相图；进而，他们首次预言了自旋超固相内的独特自旋输运性质。这不仅有力验证了算法本身的可靠性，也为实验探测这一量子物态提供了具体可行的理论方案。

在这个过程中，我们意识到，自旋超固态的自旋塞贝克效应强，那么相应其逆效应也强，而这个

逆效应可以用来实现极低温制冷。李伟告诉《中国科学报》，极低温制冷广泛应用于量子科技、空间探测、量子物质、大科学装置等国家安全和高技术领域。近期，他们正围绕这一国家需求，开展系统化的基础研究，希望为极低温固态制冷提供新方案。

该研究从想法的酝酿，反复计算和深入研究，到最终发表经过了一年半的时间，而投稿到被接受发表仅用了4个月。审稿人认为这一工作发展了一种具有广泛适用性的计算方法，能够抓住问题的量子多体本质。

该研究属于自旋电子学和量子磁性两个领域的交叉。李伟说，以自旋超固态为代表的阻挫磁体有独特的低能磁激发，为实现极低温区的高效热-磁-电能量转换提供了理想平台。通过研究其自旋塞贝克及帕尔贴等多体效应，能够揭示基于新奇量子物态的能量转换新机理，从而为自旋热电子学开辟低温新方向。目前，实验团队正基于我们的理论研究开展验证，我们非常期待他们的结果。（来源：中国科学报 韩扬眉）

相关论文信息：<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/t25p-x319>

作者：李伟等 来源：《物理评论快报》

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](https://www.iikx.com)转发