科学家为磁性分类建立统一对称性框架

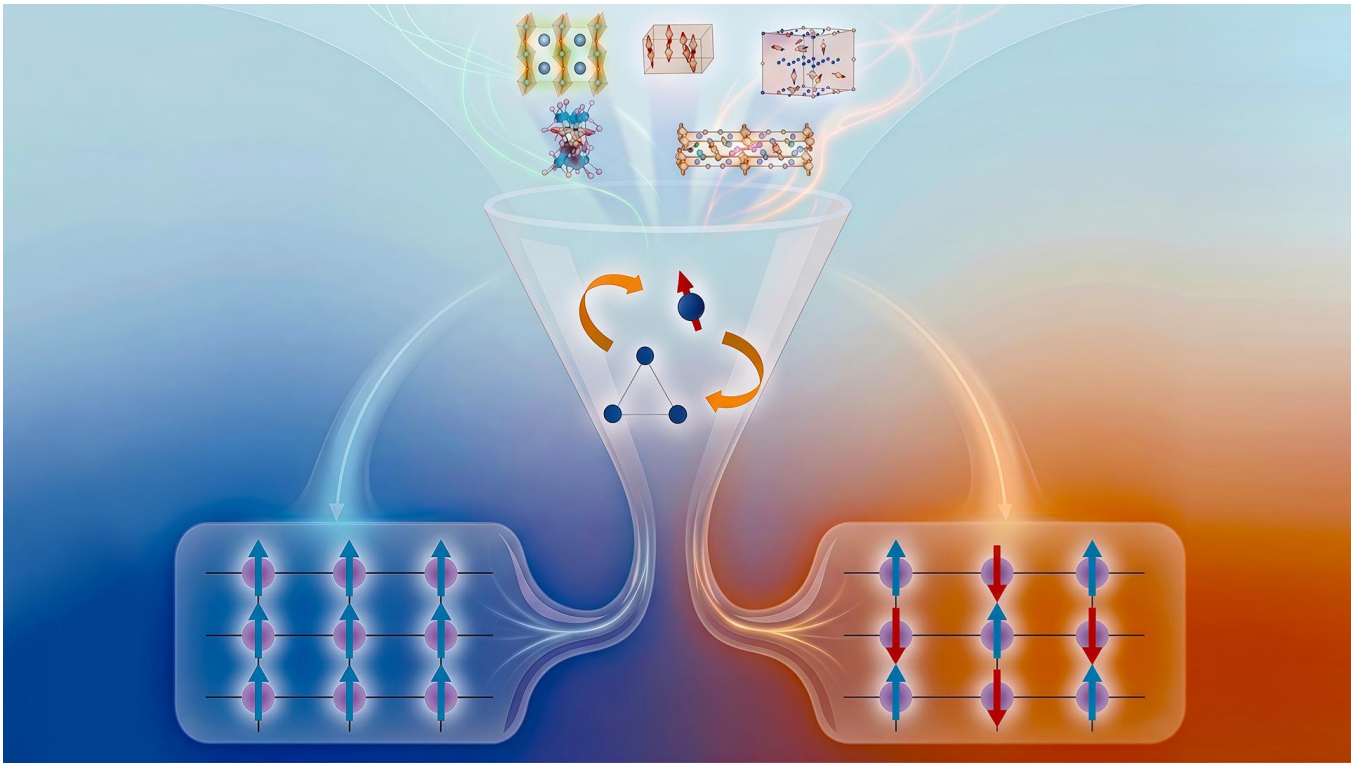
作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/39479.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！

科学家为磁性分类建立统一对称性框架。4月22日，南方科技大学物理系、量子功能材料全国重点实验室教授刘奇航团队组在对称性分类磁性的基础理论研究中取得进展，相关成果发表在《自然》上。

磁性是凝聚态物理重要的研究领域之一，在信息存储、自旋电子学以及量子材料研究中具有重要应用前景。根据系统是否显示宏观磁化，磁有序结构通常被划分为铁磁性（包括亚铁磁）和反铁磁性两大类。



研究示意图。南方科技大学供图

近年来，反铁磁自旋电子学快速发展，诸如交错磁体等非常规磁性材料被发现，传统的磁性框架逐渐显现出严密性不足的局限性。究其原因，是过去几十年来，物理学界主要依赖磁空间群框架来描述磁性材料的对称性，而磁空间群操作要求自旋与晶格的旋转保持一致，导致它无法完整描述磁序的几何特性。

那么，如何从数学方面严格界定铁磁性与反铁磁性的边界？为此，研究团队采用了自旋空间群框架对磁性进行划分。在该框架下，磁序的铁磁-反铁磁二分关系可以由自旋空间群是否强制系统的净自旋为零这一对称性条件严格定义。如果自旋空间群确保原胞内自旋完全补偿，则体系属于反铁磁，否则属于铁磁或亚铁磁。这一结果为磁序分类提供了清晰而严格的数学基础。

此外，研究团队进一步提出定向自旋空间群（Oriented Spin Space Group，OSSG）的概念，通过标定自旋相对于晶格的具体取向，与自旋空间群构成了多对一的映射关系，并与磁空间群形成群-子群的直接映射。

他们发现，在反铁磁的大类中有一种特殊磁性，表现为由自旋轨道耦合诱导的对称性破缺产生净磁化，因此被命名为自旋轨道磁性。在不考虑自旋轨道耦合时，其自旋空间群对称性强制要求系统的净自旋磁化为零，因此表现为反铁磁结构；而在引入自旋轨道耦合后，对称性降低，使系统允许产生有限的磁化。换言之，这类材料的自旋序属于反铁磁，但却可以表现出类似铁磁体的宏观物理性质，如反常霍尔效应、磁光克尔效应等。通过理论计算，研究团队展示了如何通过OSSG预测自旋轨道磁体可以在保持极小净自旋磁化的同时产生明显的磁输运响应，为下一代强抗干扰、高信息密度自旋电子器件提供了潜在优势。

进一步，研究团队通过其开发的在线分析程序，对2065种实验已知磁性材料进行了系统筛选，其中479种材料属于铁磁体系，1586种属于反铁磁体系，而在反铁磁材料中共有224种满足自旋轨道磁体的判据，为未来实验研究提供了大量候选体系。

该研究基于对称性的铁磁/反铁磁二分法磁序分类，为系统地分析和理解最近涌现的磁性分类提供了统一的概念基础。。此外，该研究统一了磁空间群与自旋空间群两种对称性框架，不仅从对称性理论上重新梳理了磁学的根基，也为寻找更多非常规磁体提供了新的理论工具。（来源：中国科学报 刁雯蕙）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-026-10401-1

作者：刘奇航等 来源：《自然》

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