外尔声子兼具拓扑与手性

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/33121.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！

外尔声子兼具拓扑与手性。作为晶格振动的元激发，太赫兹量级的声子直接影响着固体材料的载流子迁移率、热导率等物性，并在结构相变、常规超导、光散射等物理机制中起着重要作用。然而，零自旋和电中性使得声子难以被操控，限制了其参与调控、影响的物理过程。因此，在声子系统中引入新的自由度可给复杂物理机制带来全新的理解（如高温超导），以及为物态调控、功能器件设计提供新的思路。近些年随着拓扑和手性这两个自由度在太赫兹量级声子谱中的成功引入,不仅为声子提供了调控手柄，也为理解声子是如何影响导热、超导等基本物理现象提供了新的思路。

拓扑声子指携带非平庸拓扑不变量（如陈数、Berry相位）的声子模式，对应材料具有拓扑保护的表面态。例如，在非中心对称晶体FeSi家族和BaPtGe家族中发现了携带陈数为±2以及±4的外尔（Weyl）声子，被称为double Weyl phonon及twofold quadruple Weyl phonon。手性内涵丰富，体现自然界的对称性破缺。从结构上说，手性物体的空间几何结构缺乏对称面或对称中心，无法通过刚体操作（旋转、平移）与其镜像重合。从粒子物理角度来说，费米子的手性（如左手中微子与右手中微子），与弱相互作用的手性相关。从拓扑能带论角度来说，准粒子激发也可以是携带手性（例如外尔费米子、外尔声子，其手性对应上述介绍的陈数的符号）。近十年，凝聚态物理中对手性声子的定义还有另外一种理解，即圆极化的声子模式（或者角动量非零的声子模式）。

近日，中国科学院理论物理研究所张田田副研究员团队在《自然·通讯》（Nature Communications）发表题Weyl Phonons: The connection of topology and chirality的评论文章，系统阐述了拓扑声子与手性声子的定义、区别及联系，揭示了拓扑与手性在外尔声子中的本质关联，并展望了其在量子器件与新奇物态中的应用。该文指出，外尔声子既是拓扑保护的，又具备非零的角动量，如图1所示。外尔声子作为拓扑与手性结合的关键载体，可利用声子角动量实现能量-角动量转换（爱因斯坦-德哈斯效应），开发高精度热电机与量子存储器；还可以通过角动量与电子、磁振子等耦合，诱导出量子反常霍尔效应、手性超导等新奇物态。因此，随着拓扑与手性声子理论的深化，声子不再仅是物性研究的背景参数，而有望成为调控量子态的核心自由度。（来源：中国科学院理论物理研究所）

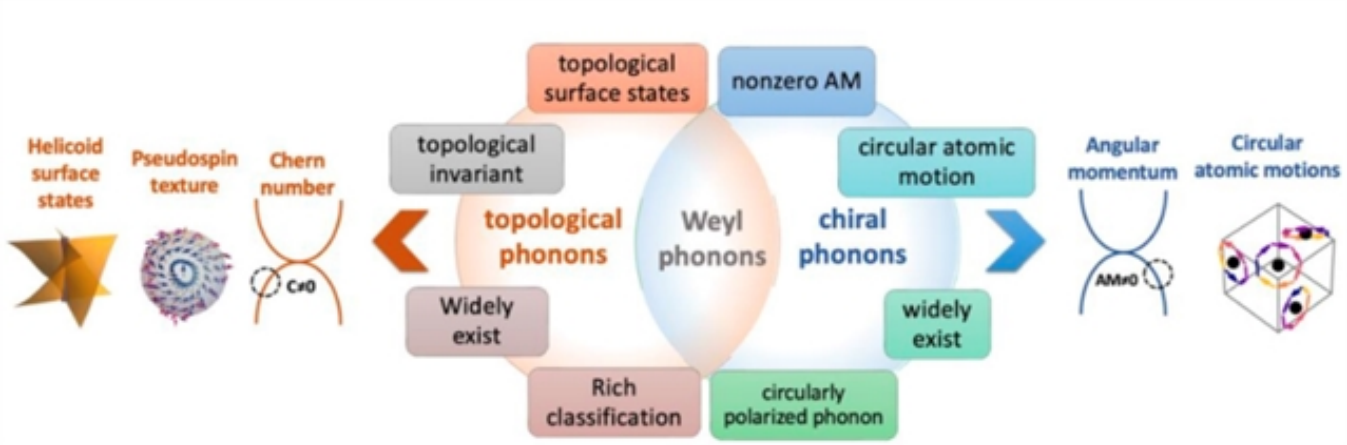


图1：量子材料中的拓扑声子与手性声子可以在三维非中心对称的材料中关联，如中图中的外尔声子。拓扑声子由非平庸拓扑不变量表征，如图左中为C=+4的twofold quadruple外尔声子的螺旋表面态、赝自旋分布和能带色散。手性声子对应圆极化的声子模式，具有非零的角动量，如图右中twofold quadruple外尔点附近的原子圆极化振动。外尔声子是拓扑非平庸的手性声子，但手性声子未必具有拓扑性质。

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41467-025-58913-0

作者：张田田等 来源：《自然—通讯》

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