

---

# 玻色系统中对称性保护的二度简并外尔准粒子研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10483.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！*

近年来，在凝聚态系统中寻找高能物理对应的准粒子激发一直是凝聚态物理的前沿热点研究之一。其中，外尔准粒子是一种非常稳定的拓扑激发，可以广泛地存在于晶体材料的电子、声子以及磁子激发中。在电子系统（自旋 1/2）的外尔半金属中，研究人员发现多种新奇的拓扑量子现象，比如表面费米弧、手征反常、负磁阻和手征光伏效应等。目前人们逐步开始研究各种玻色系统中的外尔准粒子。通常，寻找系统中的外尔点（零能隙且带有拓扑荷）并不是一件简单的事情，往往需要大量计算资源来对布里渊区中的k点进行一个高密度的搜索。虽然外尔点不需要对称性保护，但是对称性可以把它钉扎在特定的k点。所以，体系的对称性可以简化寻找外尔点的难度。在时间反演对称的电子系统中，在手征空间群对称下，时间反演不变的k点处的任一Kramers pair都是一个外尔点。但是，对于玻色体系，有没有这种对称性保护的外尔点的存在呢？如果有，它将极大地方便人们寻找玻色系统中的二度简并准粒子。

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特聘研究员王志俊与华中科技大学物理学院教授傅华合作，在对玻色系统中230个空间群做了系统的分析后，完整地给出了可以出现二度简并准粒子的空间群号和对应的高对称k点。这些二度简并点都被相关的对称性钉扎在固定的k点（对称性保护的外尔点），同时，它对应的拓扑Chern数也在表中给出。其中，既有 $C = \pm 1$ 的常规单外尔点，也有 $C = \pm 2$ 的双外尔点，同时还发现之前没有报道过的 $C = \pm 4$ 的四外尔点。这将为人们在玻色系统（或者自旋轨道耦合可以忽略的电子体系）中寻找各种外尔点提供有力的支撑和引导。

通过对称性操作和不可约表示的进一步分析之后，作者发现在表中的某些k点（由\*标注）只存在表中所列的二度简并表示。即这些k点的外尔点的存在是由对称性保证的（对称性保证的外尔点），与电子系统的时间反演对称保证的Kramers外尔点形成完美对应。不同的是，后者在电子系统中通常需要比较大的自旋轨道耦合才能很好地显露出来，而这里提出的外尔点完全受晶体对称性保护，在玻色系统中可以很容易“暴露”出来，从而导致非常大和清晰的表面弧。随后作者计算了对应材料的声子谱，验证了理论分析的结论。例如，在空间群号为199的 $K_2Sn_2O_3$ 材料的声子谱中，很容易地在P点发现Weyl点。值得一提的是，在具体考虑第39和第40两个声子

---

谱之间的拓扑简并点时，由于两个P的外尔点具有相同的Chern数

(C

=-1)

，这就需

要有其他的拓扑简

并点的存在，于是在H点发现了一个

三重的自旋1的简并点(C=+2)，在其(110)表面声子谱中，表面弧被清晰地显示出来。

这项研究近期发表在npj Computational Materials6: 95

(2020)上。该工作得到国家自然科学基金委、中科院战略性先导科技专项(B类)等的支持。

玻色体系中对称性保护的外尔点。第一列和第二列分别标记空间群号(SG)和高对称的k点，第三列和第四列标记k点的小群对应的抽象群 (AG) 以及对应的不可约表示 (irreps)，最后一列给出了对应的拓扑Chern数。星号标记对称性保证的外尔点。

---

(a-d)  
是 $K_2Sn_2O_3$ 的表面色散谱和表面声子的等频率谱，(e)为第一布里渊区图，(f)为 $K_2Sn_2O_3$ 的声子谱。

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](https://www.iikx.com)转发