物理所发现非厄米体系中绕组数和趋肤效应之间的对应关系

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/11808.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！

具有能量耗散或粒子损失的体系往往需要用有效的非厄米哈密顿量来描写。体系失去厄米性的要求，其本征值一般情况下可以是一个复数，这也意味着相应的波函数会随时间有增益或者衰减。这样的非厄米哈密顿量能够有效地刻画开放量子体系、非互易光学体系、能带系统中有限寿命的准粒子模型等。近年来，非厄米的能带理论备受关注。很多新奇的不同于传统厄米体系的现象，如能谱对边界条件的敏感性、传统体边对应的失效等，都自源于体系存在非厄米趋肤效应（Non-Hermitian skin effect），即开边界条件下与体系格点数同量级的体态局域在边界上。非厄米趋肤效应的出现条件及其本质来源成为非厄米能带系统的核心问题。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心凝聚态理论与材料计算重点实验室研究员方辰指导博士研究生张锴、杨哲森（现卡弗里理论科学中心博士后）提出了非厄米体系中趋肤模、周期边界能谱绕数以及持久电流三者的对应关系。这一工作给出了趋肤模出现的判别条件，并首次揭示了非厄米趋肤效应的拓扑本质。

在布洛赫能带理论中，边界条件的改变对体能谱是微扰效应，总是可以选择周期边界条件，使得晶格动量是好量子数，从而开边界问题得以大大简化。在具有趋肤效应的非厄米体系中并非如此，周期边界与开边界下的能谱截然不同，因此开边界系统的一些性质（如拓扑边界态的出现）不再能被周期边界很好地表征，而需要将动量扩展到复数域，相应地布里渊区扩展为广义布里渊区（Generalized Brillouin zone）。以广义布里渊区为核心，发展出的非布洛赫理论可以很好地刻画开边界体系的性质。文章中严格证明在单带系统中，广义布里渊区作为复平面上的闭合曲线总是包围相同数目的体系特征多项式的零点和极点，这意味着随着广义布里渊区定向地绕过一圈，开边界能谱总是原路去而复返，在几何上不包含任何面积。若周期边界能谱存在绕数，则必然与开边界能谱不重合，则体系必然存在趋肤效应，反之亦然。文章中揭示了周期边界下非零的能谱绕数等价于存在持久电流，等价于非厄米趋肤模的出现。

该工作受到科技部重点研发计划、国家自然科学基金委和中科院相关项目的资助。

相关研究成果发表于*Phys. Rev. Lett.*并且被选为编辑推荐。

论文链接

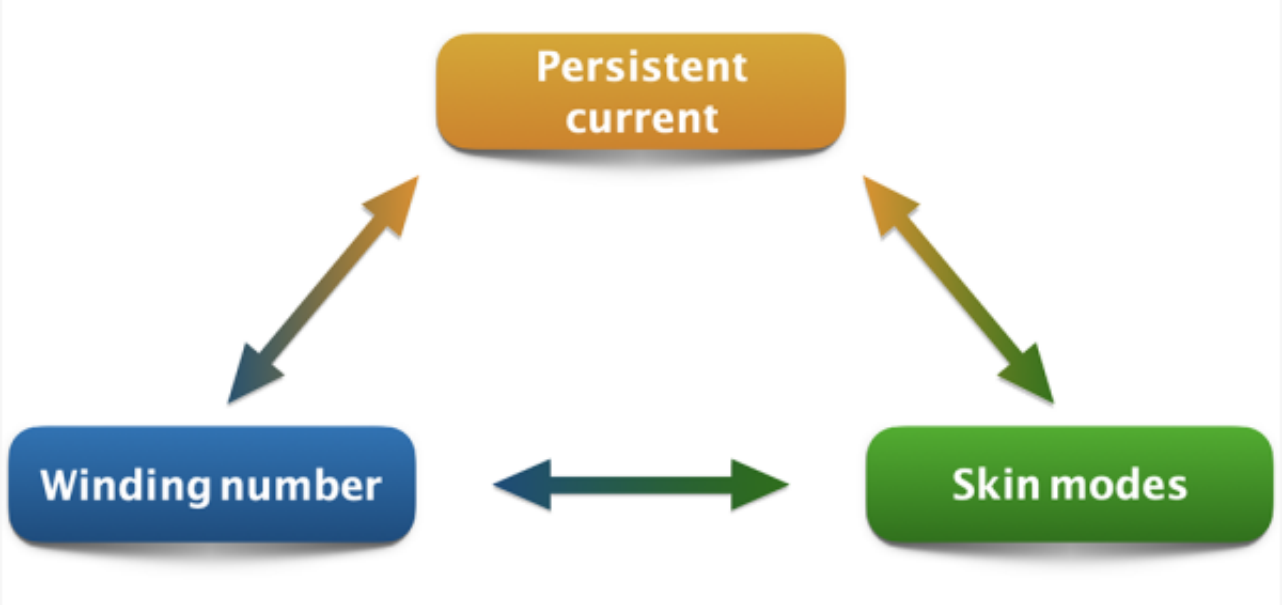


图1：非厄米体系独有的现象之间的等价关系：持久电流，能量的绕数以及趋肤模。其中任何一个现象的有效性都是其余两个有效性的充分必要条件。

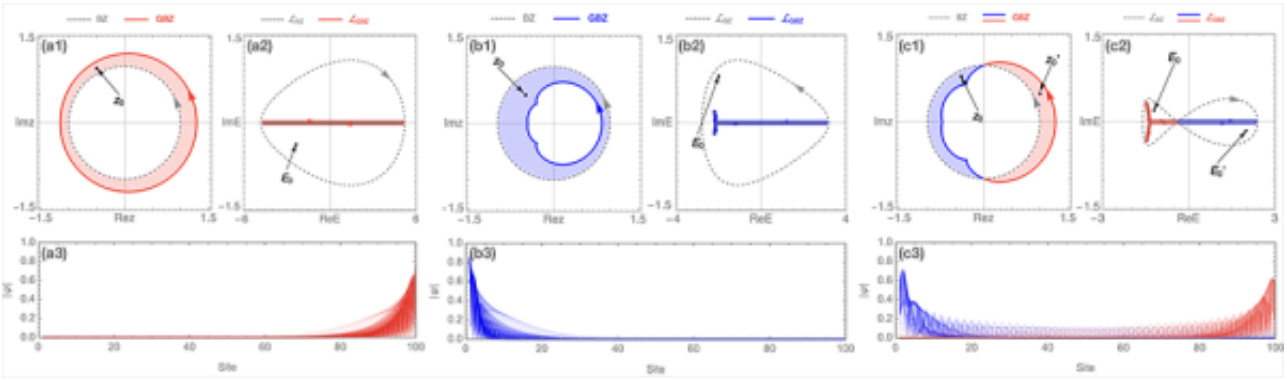


图2：不同哈密顿量的布里渊区和广义布里渊区的对比 (a1) (b1) (c1)，周期边界和开边界能谱 (a2) (b2) (c2)以及开边界下归一化波函数的空间分布 (a3) (b3) (c3)。布里渊区的内部且为广义布里渊区外部区域用蓝色标记，布里渊区的外部且为广义布里渊区内部区域用红色标记。

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转发