



复旦大学修发贤课题组利用能谷非局域输运发现狄拉克半金属的手性反常现象

来源: 物理学系 发布时间: 2017-01-12 中文字体

近日, 复旦大学物理学系教授修发贤课题组在拓扑半金属碲化锡纳米片中成功实现手性反常 (chiral anomaly) 的能谷非局域输运, 该结果为外尔半金属中的手性反常现象在实验上提供了首次可靠的定量测量, 并给出了手性反常的一个重要参数, 能谷散射特征长度。1月9日, 相关研究论文“Room-temperature chiral charge pumping in Dirac semimetals”在线发表于《自然通讯》(Nature Communications 8, 1374 (2017))。该工作是与澳大利亚昆士兰大学邹进课题组、复旦大学物理学系吴义政课题组合作完成, 修发贤课题组博士生张成、张恩泽、王伟懿分别为前三名作者。

手性反常和外尔费米子

物理学的一个重要规律就是对称性总是对应着守恒量, 比如空间平移对称性对应着动量守恒。但是随着量子力学的发现, 人们发现一些经典情况下具有的对称性会在量子化之后被打破, 其对应的物理量就会因此不再保持守恒, 这就是所谓的量子反常。电影《星际穿越》中多次出现的书和登月舱模型自动掉落书架的情节对应的引力异常现象就是一个典型的量子反常行为。另一个著名的量子反常就是这里研究的手性反常, 对应着手征对称性的破缺。

1929年, 德国科学家外尔 (Weyl) 指出无质量电子可以分为左旋和右旋两种不同“手性”, 被称为外尔费米子 (Weyl Fermion)。这种新奇的质量粒子在粒子物理的标准模型中占有重要地位, 但是多年来并没有被实验所验证。之前备受瞩目的中微子曾经被认为是外尔费米子, 但是后来发现其实是有一定质量的。近期在凝聚态体系中发现非简并的能带交点附近的电子态恰好符合外尔方程, 这种半金属中的准粒子可以看成是凝聚态物理中的外尔费米子, 对应的母体称为外尔半金属。在平行的磁场和电场作用下, 外尔费米子会因为手征对称性的破缺出现手性反常现象, 对应特定手性的外尔费米子数目不再守恒。在外尔半金属中, 由于整体电子数不变, 手性反常的表现就是其中一种手性的外尔费米子会在外场作用下自发转化成另一种手性, 变成一种手性极化状态。

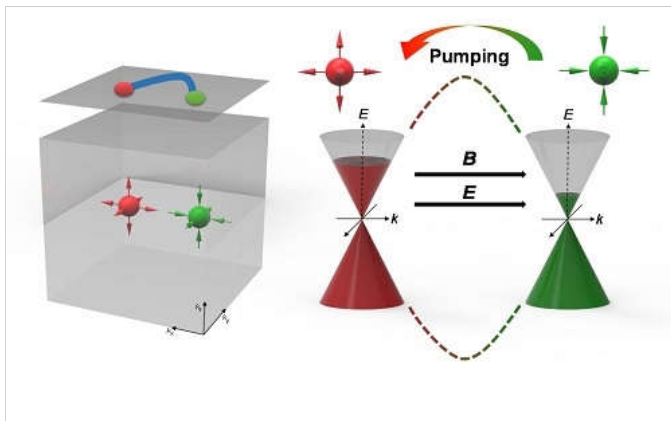


图1 不同手性的外尔费米子和电磁场激发的的手性转换 (Chiral anomaly)

手性反常的实验验证

手性反常下外尔费米子的手性极化在实验上的一个表现是会造成一个和磁场方向相反的电流, 在实验上的表现是当电场平行于磁场时出现负磁阻。在外尔半金属被发现不久, 国内外多个课题组都独立报导了外尔半金属中的纵向负磁阻现象。然而, 后期仔细的实验研究表明, 在外尔半金属这类高迁移率的导电材料中, 磁场会导致电流的非均匀分布, 导致测量时电压差不完全正比于样品本

[推荐](#) [收藏](#) [打印](#) [关闭](#)

[本周新闻排行](#)

[相关链接](#)

征的电阻变化, 出现所谓的Current Jetting现象。这种情况下也会导致纵向负磁阻的产生, 使得领域内一时出现大量关于手性反常实验验证的讨论。

和之前的研究不同, 修发贤课题组创新性地把电流诱导和探测手性反常的区域分离开, 在砷化镉纳米片加工出多对通电及测量的电极, 利用能谷运输的原理来把局域的手性极化电子态传输到测量电极。这种空间上的隔离很好地去除了Current Jetting现象的影响。更为重要的是, 多对测量通道同时测量到了极化电子态在样品中的扩散行为, 通过拟合扩散方程, 能够给出能谷散射特征长度。这是手性反常的一个重要参数, 能够表征极化电子态的稳定性, 也是理论上计算各种手性反常行为的主要依据。

这项研究在当前手性反常的大量讨论中给出了一个可靠的实验方案, 并且首次定量测量出了手性反常的特征参数, 给外尔半金属未来在能谷电子学的各种器件研究奠定了基础。

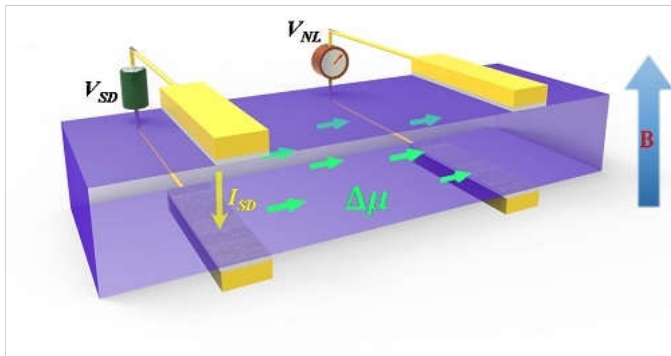


图2 手性反常的非局域运输测量

修发贤主要从事拓扑狄拉克材料的生长、量子调控以及新型二维原子晶体的器件研究。在狄拉克材料方面致力于新型量子材料的生长、物性测量以及量子器件的制备与表征。在二维材料的器件方面主要研究其电学、磁学和光电特性。本工作获得了复旦大学物理系、应用表面物理国家重点实验室、国家青年千人计划、基金委优秀青年基金和面上项目的大力支持。

(封面制图: 冯宇嘉)

相关文章

已有0位网友发表了看法

[查看评论](#)

我也来说两句!

验证码:

[发表评论](#)

[网站导航](#)

[投稿须知](#)

[投稿系统](#)

[新闻热线](#)

[投稿排行](#)

[联系我们](#)

复旦大学党委宣传部(新闻中心)版权所有, 复旦大学党委宣传部网络宣传办公室维护

Copyright©2010 news.fudan.edu.cn All rights reserved.