

中国科大等预言存在一种新奇配对超流相

文章来源：中国科学技术大学

发布时间：2013-10-30

【字号：小 中 大】

中国科学技术大学郭光灿院士领导的中科院量子信息重点实验室在超冷费米气体中的拓扑相变方面研究取得重要进展：该实验室邹旭波教授与易为教授分别同他们的合作者在理论上预言并刻画了一种同时具有非零配对质心动量及非平庸拓扑性质的新奇配对超流相。两项研究成果分别在线发表于10月28日刊出的同一期《自然·通讯》上。

在费米系统中，两个粒子通过配对产生超导或超流的性质，是一种典型的量子强关联现象。自从1911年实验上发现超导体之后，对该现象的研究持续了一个多世纪，并涵盖了包括凝聚态物理、粒子物理和天体物理等多个分支。在上世纪60年代，Fulde和Ferrell，以及Larkin和Ovchinnikov分别提出有可能在磁化的超导材料中实现质心动量不为零的新颖配对态，即所谓FFLO态。由于在传统的固态材料中观测FFLO态遇到了种种困难，关于这一新奇超流态的理论预言在固态系统中一直没有得到实验验证。近二十年来，超冷原子气体实验技术的发展为研究费米系统中的新奇配对超流相提供了崭新的平台。2010年，美国莱斯大学的研究小组在准一维自旋极化超冷费米气体中第一次观测到了FFLO态存在的迹象，标志着基于超冷费米气体的量子模拟进入新里程，引起了人们极大兴趣。另一方面，当前对固体系里量子自旋霍尔效应及其相关拓扑相的研究方兴未艾。人们在此基础上提出在二维费米体系中可能出现拓扑超流态，其涡旋激发的中心存在受拓扑保护的Majorana费米子。Majorana费米子是一类特殊的粒子：它是自己本身的反粒子，其独特的统计性质使Majorana费米子有可能为实现受拓扑保护的普适量子计算提供宝贵的资源。寻找Majorana费米子在基本粒子物理和暗物质的研究中也具有重要意义。由于Majorana费米子没有电荷，也没有自旋，因此在自然界很难被捕捉到，在实验室中经多年努力也尚未能观察到。若能在冷原子气体中得以实现，其意义十分重大。因此如何在冷原子气体中实现这样的拓扑超流态自然也成为备受关注的课题。

该实验室邹旭波研究组与美国德克萨斯大学达拉斯分校张传伟、香港中文大学龚明协作，致力于研究冷原子气体中超导态的拓扑相变。他们最近的研究成果发现：通过在超冷费米原子体系中同时引入自旋轨道耦合效应和磁场，可以在较大观测范围内找到有限动量配对的超导态。通过研究自旋轨道耦合效应对Berry相位的影响，联合研究小组在理论计算中发现他们所找到这种有限动量配对的超导态具有拓扑性质，并找到了其可能存在的费米点，这在超冷原子气体中实验探测以准粒子形式存在的马约拉纳费米子提供了一个新方案。

该实验室易为研究组与中国人民大学的张威副教授协作，发现在二维费米气体中可以通过引入Rashba类型的自旋轨道耦合和等效磁场实现拓扑非平庸的FFLO态。在这一体系中，自旋轨道耦合会引起自旋混合，而等效磁场会引起拓扑性质的变化和手征对称性的破缺。这两者结合，会诱导出多种配对可能性的竞争。易为和张威系统描绘了该系统的相图，证明了FFLO配对的稳定性，并刻画了不同FFLO态的拓扑性质。他们同时讨论了在超冷费米气体中制备和探测这一新奇拓扑超流相的方法。这为深入理解费米体系中的配对机理和实现新颖的配对超流态提供了支持。

上述研究工作得到国家自然科学基金委、中科院和科技部的支持。

打印本页

关闭本页