



物理所获得规范场中自旋极化费米气体的有限温度相图

文章来源: 物理研究所

发布时间: 2012-03-08

【字号: 小 中 大】

最近, 中科院物理研究所 / 北京凝聚态物理国家实验室刘伍明研究组在规范场中自旋极化冷原子费米气体的研究中取得进展。他们研究了由人工规范场模拟的自旋-轨道耦合效应对极化的冷原子费米气体的影响, 获得了有限温度相图, 分析了自旋极化超流态。研究论文已发表在2月24日出版的 *Physical Review Letters* 108, 080406 (2012) 上。

2004年, 美国国家标准与技术局和美国科罗拉多大学Deborah Jin教授领导的联合研究小组实现了费米子原子气体的玻色-爱因斯坦凝聚, 成为当年的国际科技十大进展之一, 使费米子凝聚态系统的理论和实验研究成为研究热点之一。2009年, 美国国家标准与技术局的Spielman博士的实验组通过控制光与原子相互作用, 实现了能够与中性原子相互耦合的阿贝尔和非阿贝尔规范场, 这种规范场作用在冷原子系统上使其得到一个有效的自旋-轨道耦合作用。而自旋-轨道耦合对费米子系统的影响也随之成为一个研究热点, 使人们关注自旋-轨道耦合效应会产生什么新的物理, 例如它对BEC-BCS crossover及自旋极化费米子气体的影响。

刘伍明研究组发现, 自旋-轨道耦合将会使两体系统在BCS一端形成一个束缚态; 而对于多体物理, 自旋-轨道耦合又会通过增加低能的态密度从而加强BCS的配对, 以及通过混合单态配对和三重态配对导致各向异性的超流, 等等。目前对有自旋-轨道耦合的自旋极化费米气体的研究主要集中在零温情况, 而对于有限温度的情形则少有涉及, 刘伍明小组进行了这方面的研究。

刘伍明和博士后廖任远、博士生喻益湘等研究了Rashba型自旋-轨道耦合对于自旋极化的冷原子费米气体系统的影响。相对于非极化费米子系统, 极化的费米子气体系统有着丰富得多的相图。他们获得了各个不同自旋-轨道耦合强度下系统的有限温度相图, 包括非极化超流相、极化超流相、相分离区、正常相, 并逐一分析了各个相随着自旋-轨道耦合强度的变化, 以及超流相、相分离区、正常相交界的三相点的移动。他们发现, 极化与自旋-轨道耦合在系统中存在相互竞争的关系, 有限温度的相图呈现出多种新的特征, 包括超流相区域的扩展, 相分离区域逐渐收缩, 并在自旋-轨道耦合达到一定强度时消失, 系统会逐渐趋于稳定。研究还发现, 当增加自旋-轨道耦合强度时, 三相点会向低温和高磁场区域移动。

这项工作扩展了人工规范场和自旋-轨道耦合的研究, 对于冷原子气体领域的研究有推动作用。

相关研究得到中国科学院、国家自然科学基金委员会和科技部的支持。

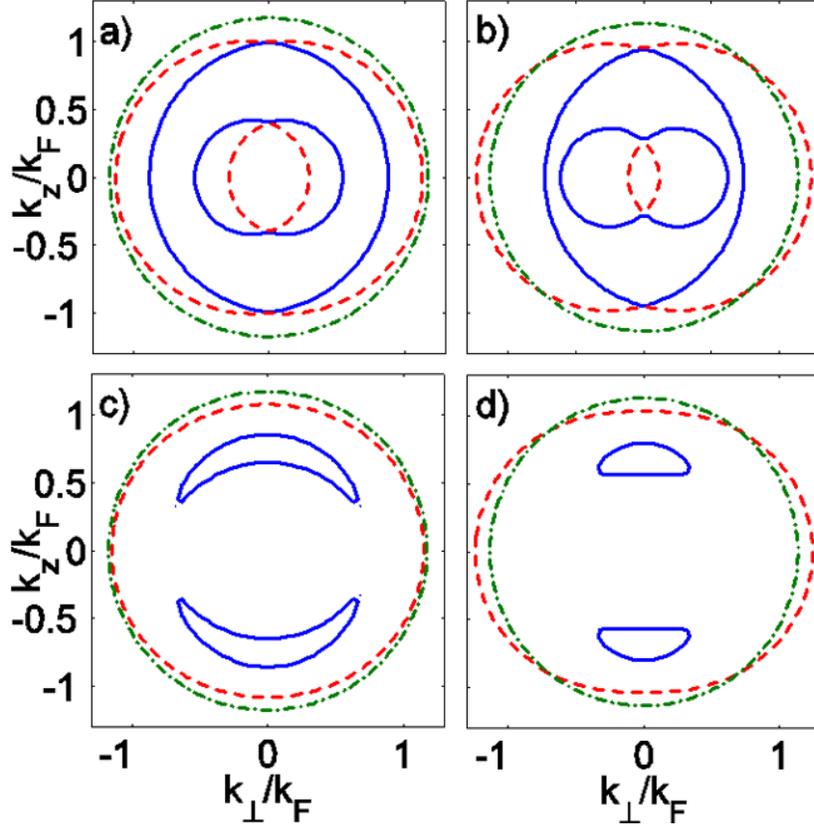


图1 零温下具有自旋-轨道耦合的自旋极化费米子系统的准粒子激发谱（等能面），蓝色为激发谱上支，红色为激发谱下支，绿色为自由粒子能谱。四幅图对应于不同磁场强度 h 和自旋-轨道耦合强度 λ ，其中a) $h = 0E_F$ ， $\lambda = 0.125v_F$ ；b) $h = 0E_F$ ， $\lambda = 0.25v_F$ ；c) $h = 0.1E_F$ ， $\lambda = 0.125v_F$ ；d) $h = 0.1E_F$ ， $\lambda = 0.25v_F$ 。

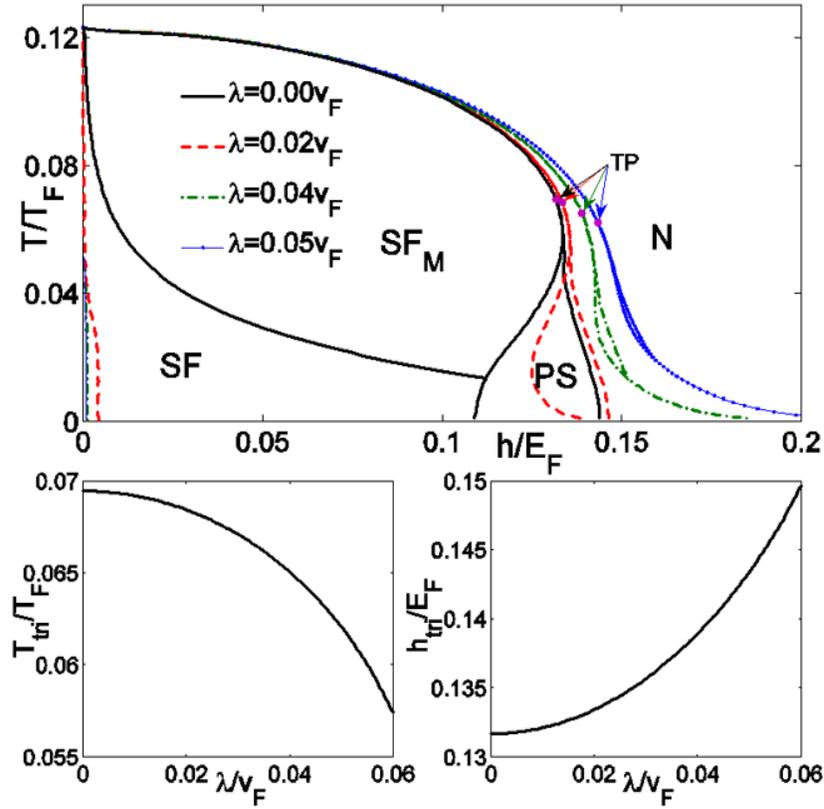


图2 上图：不同自旋-轨道耦合强度下的相图，包括非极化超流相（superfluid state，简称SF），极化超流相（magnetized superfluid state with a finite polarization，简称 SF_M ），正常相（normal state，简称N），相分离区（phase separation，简称PS）；左下：三相点（tricritical point，简称TP）的温度 T_{tri} 随自旋-轨道耦合强度 λ 的演化；右下：三相点（TP）的磁场强度 h_{tri} 随自旋-轨道耦合强度 λ 的演化。

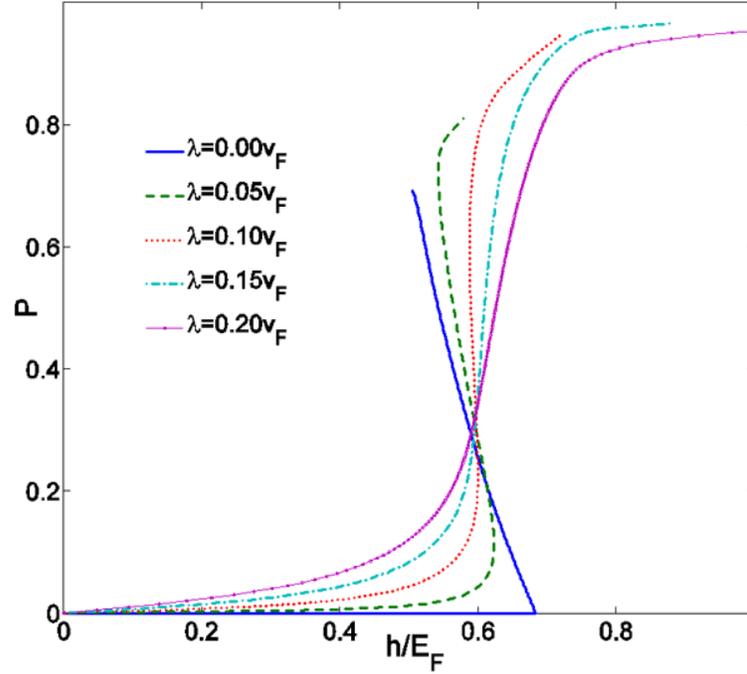


图3 零温下，对应于各个不同自旋-轨道耦合强度的极化率 P 与磁场 h 的关系。斜率为正的区段对应于稳定的超流态和正常态，斜率为负的区段对应不稳定的相分离态，自旋-轨道耦合会使系统趋于稳定。

打印本页

关闭本页