
精密测量院等在一维自旋-电荷分离现象研究中获得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11738.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！

中国科学院精密测量科学与技术创新研究院研究员管习文、博士研究生何丰、研究员姜玉铸与中科院院士、北京计算科学研究中心主任林海青，美国莱斯大学教授Randy Hulet和浦晗合作，通过量子可积系统理论，得到一维超冷费米气体独特的分数化准粒子和自旋-电荷分离现象的精确结果，并给出实验验证该一维多体物理现象的具体方案，在低维量子多体普适规律研究中取得进展。相关研究成果发表在《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。

粒子间复杂的相互作用和系统丰富的内部自由度通常给系统物理特性的描述带来挑战，尤其是对费米子之间的相互作用如何影响低温下量子液体状态，这一研究已进行多年，学界发展出近似理论和唯象理论来描述和理解这种普适的低能物理，例如，朗道-费米液体理论描述高维电子体系、重费米子、近藤杂质等体系的低能量子流体特性。在一维量子多体物理中，朝永-拉亭戈液体理论及量子多体的长程关联通常被用来描述一维多体系统的低能普适行为，一维相互作用费米子的低能激发通常分裂成两支独立的朝永-拉亭戈液体，其分别刻画携带自旋和电荷的准粒子，该现象被称为自旋电荷分离，是一维量子体系所独有的多体物理现象，尽管这方面的研究已有多年历史，

并在一些固体材料中观测到证据，包括今年德国马克斯·普朗克研究所Bloch实验组在Science 367, 186 (2020) 发表的关于自旋-电荷分离的动力学研究，但是该现象仍缺乏令人信服的实验验证。自旋电荷分离现象涉及两个特征，即自旋-电荷分离的准粒子激发谱、分离的自旋和电荷朝永-拉亭戈液体。已有的固体物理实验基本上观测的是前者的特征，或与分离激发谱相关的输运特性，这方面的研究是理论和实验研究难题。

教授杨振宁和Gaudin分别在1967年求解出一维自旋-1/2 delta-函数相互作用的费米气体（即Yang-Gaudin模型），该模型是量子统计物理中的典范。然而，由于该模型精确解给出的方程较复杂，其中蕴含的物理是数学物理中的挑战性难题，阻碍该模型在实际实验中的应用。研究人员通过研究杨-Gaudin模型的精确解，首次精确计算出电荷自由度中的粒子-空穴集体激发谱和双自旋子（分数化准粒子）激发谱，得到零温和有限温度下自旋-电荷分离的普适关系及量子临界现象的普适标度。研究发现，一旦激发涉及反向散射或在临界区受到热涨落的强烈干扰，电荷-自旋分离的朝永-拉亭戈液体特性会失效，在临界区将涌现出非相干的拉亭戈液体区（COR区），它表现出不同于临界区（QC）自由费米临界标度关系。研究人员证明了一维超冷费米原子体系的动力学结构因子可用于观测自旋电荷分离的激发谱和验证朝永-拉亭戈液体动力学关联函数，并据此提出实验验证自旋-电荷分离现象的具体方案。该研究提供了对分数化准粒子、自旋电荷分离、量子临界性和非相干拉亭戈液体的精确理解，给出了量子多体物理的范例，并为将来可能的基于

准粒子的量子精密测量提供了理论基础。

研究工作得到科技部、自然科学基金委、教育部、中科院等的支持。

[论文链接](#)

左图：一维杨-Gaudin费米气体的电荷和自旋激发谱--黄色区是电荷自由度中的粒子-空穴连续激发谱，绿色区域是双自旋子（Spinon）的分数化激发谱。在小动量激发时，电荷与自旋激发均具有声子色散关系，但以不同的群速度传播，展现出电荷-自旋分离现象的本质。右图为该模型的比热临界相图。其中，QC代表量子临界区，TLL代表朝永-拉亭戈液体，COR是非相干拉亭戈液体区（incoherent Luttinger liquid），那里电荷自由度是相干的，自旋不再具有声速

研究团队单位：精密测量科学与技术创新研究院

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发