
利用相互作用玻色气体的高阶布拉格光谱检验费曼-檀关系式的普适性

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23041.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！

利用相互作用玻色气体的高阶布拉格光谱检验费曼-檀关系式的普适性。
强相互作用玻色气体中的普适性物理

粒子间的相互作用是导致强关联量子多体物理效应的核心，发现具有普适性的关系式可以简化对相互作用的微观表征，有助于更好的理解复杂量子多体系统中存在的物理规律。超冷原子量子气体具有优越的可调控性，为研究和检验普适性关系式提供了理想的实验平台。根据Bogoliubov理论，在弱相互作用超冷玻色原子气体的集体激发谱中，共振频率的频移与原子的散射长度会呈现线性依赖关系。随后，利用Feshbach共振增强超冷原子的相互作用，但实验结果与Bogoliubov理论预言存在严重偏差。

2017年，英国剑桥大学研究组通过结合费曼能量关系和描述两体碰撞的檀系数提出了费曼-檀关系式，而且共振激发的频移在弱相互作用极限下正比于超冷原子的散射长度。但是，在强相互作用区域，该频移随散射长度的增加而减小，甚至出现符号的反转。实验上，采用双光子布拉格光谱测量了超冷39K原子气体的激发谱，在很大的相互作用范围内验证了费曼-檀关系式。由于费曼-檀关系式中的频移与原子质量成反比，检验这一关系式在其他种类超冷原子系统中的普适性对于强关联超冷玻色原子量子气体的研究具有重要意义。

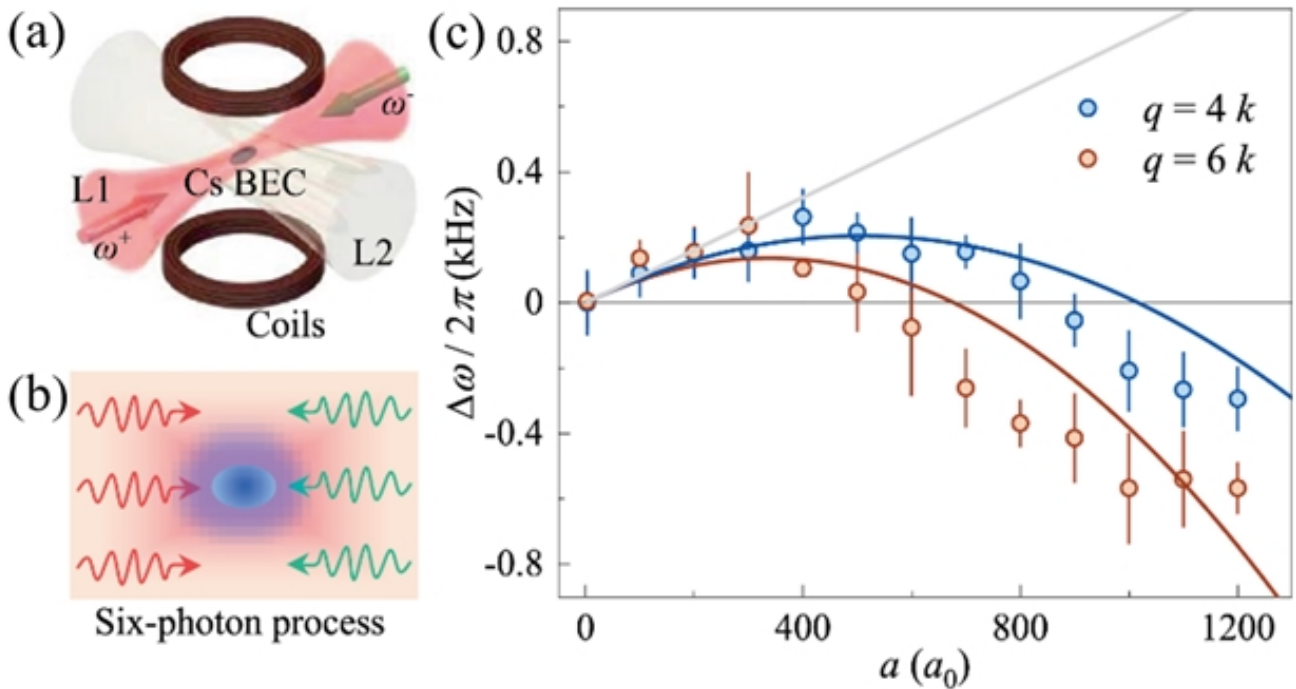


图1 (a) 相互作用超冷原子布拉格光谱的实验装置，(b) 六光子布拉格散射示意图，(c) 利用四光子、六光子高阶布拉格光谱检验费曼-檀关系式的普适性。

检验费曼-檀关系式的普适性

近期，山西大学贾锁堂教授、马杰教授、李玉清副教授实验课题组的研究团队在超冷 ^{133}Cs 原子气体中利用高阶布拉格光谱检验了费曼-檀关系式的普适性。特别地，这里使用的 ^{133}Cs 原子具有很大的质量，为检验含有原子质量的费曼-檀关系式的普适性提供了理想的实验平台。研究团队采用混合蒸发冷却技术制备了准一维超冷 ^{133}Cs 原子量子气体，将两束远失谐且相对频率可精确控制的激光束作用到原子样品，在双光子布拉格光谱的基础上发展了四光子和六光子的高阶布拉格光谱技术。在低磁场($< 150\text{ G}$)下大范围调节超冷原子的相互作用，通过测量不同相互作用下的布拉格光谱，研究了超冷原子气体共振激发频率的频移随散射长度的变化。当原子间相互作用增大时，共振频率的频移先增大后减小至负值，与费曼-檀关系式预言的曲线一致。相比于双光子的布拉格光谱，四光子和六光子的高阶布拉格光谱具有更大的动量转变，能够在较小的相互作用下观测到频移符号的转变。该研究在不同的超冷原子系统中验证了费曼-檀关系式的普适性，对于描述和理解强相互作用下玻色量子气体的集体激发非常重要。

前景展望

超冷 ^{133}Cs 原子气体具有很大的原子质量，且相互作用可大范围调控，为检验含有原子质量的物理关系式的普适性提供了一个非常理想的实验平台，对于理解复杂强关联多体物理具有重要意义。此外，研究强相互作用超冷原子气体的高阶布拉格光谱将为量子多体系统中的非弹性散射提供更深入的见解。

该文章发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Testing universality of Feynman-Tan relation in interacting Bose gases using high-order Bragg spectra, Yunfei Wang和Huiying

Du为论文的共同第一作者，Yuqing Li和Jie Ma为论文的通讯作者。

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01103-8>

(来源：LightScienceApplications)

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性;如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任;作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。

作者：马杰等 来源：《光：科学与应用》

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](https://www.iikx.com)转发