

精密测量院等在锂离子精密光谱研究中获进展

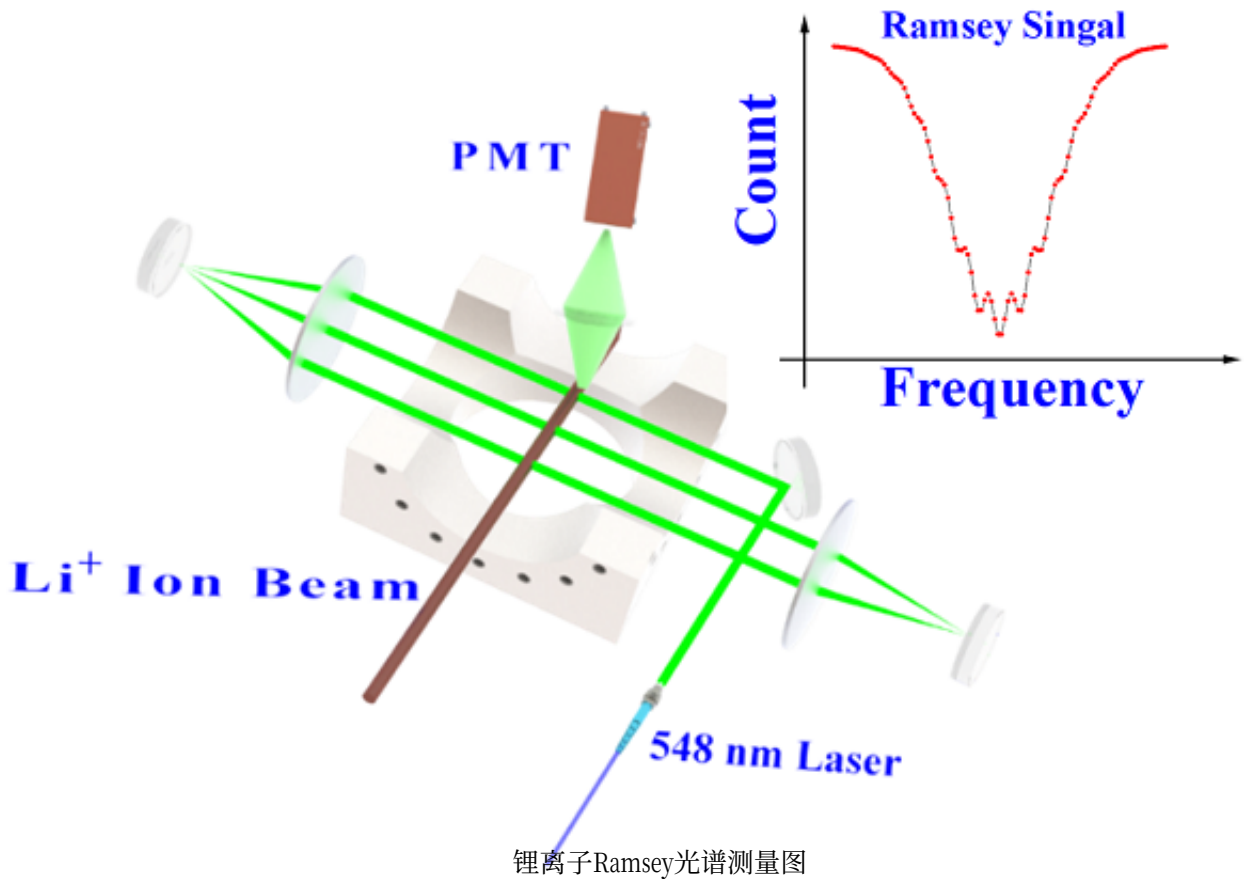
近日，中国科学院精密测量科学与技术创新研究院研究员高克林、管桦实验团队与研究员史庭云理论团队，联合加拿大新不伦瑞克大学教授严宗朝、加拿大温莎大学教授G. W. F. Drake、海南大学教授钟振祥、浙江理工大学讲师戚晓秋等实验团队，在少电子原子体系——锂离子精密谱研究中取得重要进展。该研究将 6Li^+ 离子 2S 和 2P 态超精细结构劈裂的测量精度提高至 10kHz 水平，并精确确定了 6Li 原子核的电磁分布半径（Zemach半径）。这一基于原子精密光谱的工作独立于原子核模型，为揭示锂原子核结构、特别是 6Li 核的奇特性质以及检验相关的核结构模型提供了重要依据。该工作将进一步促进 Li^+ 离子精密光谱的实验和理论研究，推动少核子体系核结构理论与实验的开展。

少电子原子体系（如氢、氦原子以及类氢、类氦离子等）精密谱的实验与理论研究在检验束缚态QED理论、确定精细结构常数、获取原子核结构信息以及探索超越标准模型的新物理中颇具应用价值，是当前精密测量物理的重点方向。

高克林、管桦实验团队与史庭云理论团队等合作，开展类氢锂离子精密谱研究已逾十年。该团队基于电子碰撞电离方案研制了一台亚稳态 Li^+ 离子束源装置，各项性能指标（束流强度、发散角、稳定度等）均达到同类装置较高水平。该研究利用该装置产生的离子束，采用饱和荧光光谱测量方法精确确定了 7Li^+ 离子 2S 和 2P 能级的精细结构和超精细结构劈裂，不确定度小于 100kHz 。该团队将实验与理论相结合，精确确定了 7Li 原子核的Zemach半径。

在饱和荧光光谱方法中，该研究受制于谱线的渡越时间展宽，得到的兰姆凹陷线宽达 50MHz ，大于谱线的自然线宽（ 3.7MHz ），由此得到的测量结果具有较大的统计不确定度。为了提高测量精度，该工作利用三驻波场光学Ramsey技术消除谱线的渡越时间展宽，获得线宽约 5MHz 的Ramsey干涉条纹，统计不确定度减小至 kHz 量级；通过抑制量子干涉效应、一阶多普勒效应、二阶多普勒效应、Zeeman效应以及激光功率等各项系统误差，实现了 10kHz 精度的 6Li^+ 离子 2S 和 2P 能级的超精细结构劈裂。该超精细结构劈裂的测量精度较先前结果提高 $5\sim 50$ 倍。在理论方面，该团队计算了包括高阶量子电动力学（QED）效应在内的 $6,7\text{Li}^+$ 离子 2S 和 2P 态超精细劈裂。该研究包含完整的 $m\alpha^6$ 阶相对论和辐射修正，理论精度较先前结果有所提升，且理论与实验符合程度较好。科研人员通过比较 $6,7\text{Li}^+$ 离子的理论计算和实验测量值，得到 6Li 和 7Li 原子核的Zemach半径分别为 $2.44(2)\text{fm}$ 和 $3.38(3)\text{fm}$ ，确认了 7Li 的核Zemach半径比 6Li 的大 40% 这一反常现象，并发现了由 6Li^+ 的 2S 态超精细劈裂确定的Zemach半径与核物理方法得到的值 $3.71(16)\text{fm}$ 存在显著差异，表明 6Li 核可能具有反常的核结构。该成果将进一步推动更多相关理论和实验的发展。

相关研究成果发表在《物理评论快报》（Physical Review Letters）上。研究工作得到国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项、中国科学院青年创新促进会和中国科学院稳定支持基础研究领域青年团队计划等的支持。



锂离子Ramsey光谱测量图

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/200881.html>