β衰变半衰期测量揭示原子核壳结构演化特征

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/37444.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！

β衰变半衰期测量揭示原子核壳结构演化特征。中国科学院近代物理研究所参与国际合作研究，在日本理化学研究所（RIKEN）的放射性同位素束流工厂（RIBF）上，系统测量了新双幻核钙-54附近40个丰中子原子核的β衰变半衰期，成功揭示了钙以下原子核中子数为32和34的壳结构演化行为，为深入理解极端丰中子原子核的结构性质提供了关键实验证据。相关研究成果于12月2日发表在《物理评论快报》上。

类似原子中电子的壳层结构，原子核中的质子和中子也存在特定的能量层级，当质子数或者中子数为某些特定数值（如2、8、20、28、50、82、126）时，原子核表现出更高的稳定性，这些数字被称为幻数。原子核的壳模型通过引入自旋-轨道耦合成功解释了幻数，其提出者（M. Mayer和J. Jensen）因此获得了1963年的诺贝尔物理学奖。

然而，近年来的研究发现，在远离稳定线的核区，传统幻数可能减弱甚至消失、并可能出现新的满壳或亚满壳结构。在丰中子钙同位素中，中子数32和34已被实验证实具有类似满壳的效应，但它们在更轻元素（如钾、氯）中的行为尚不明确。

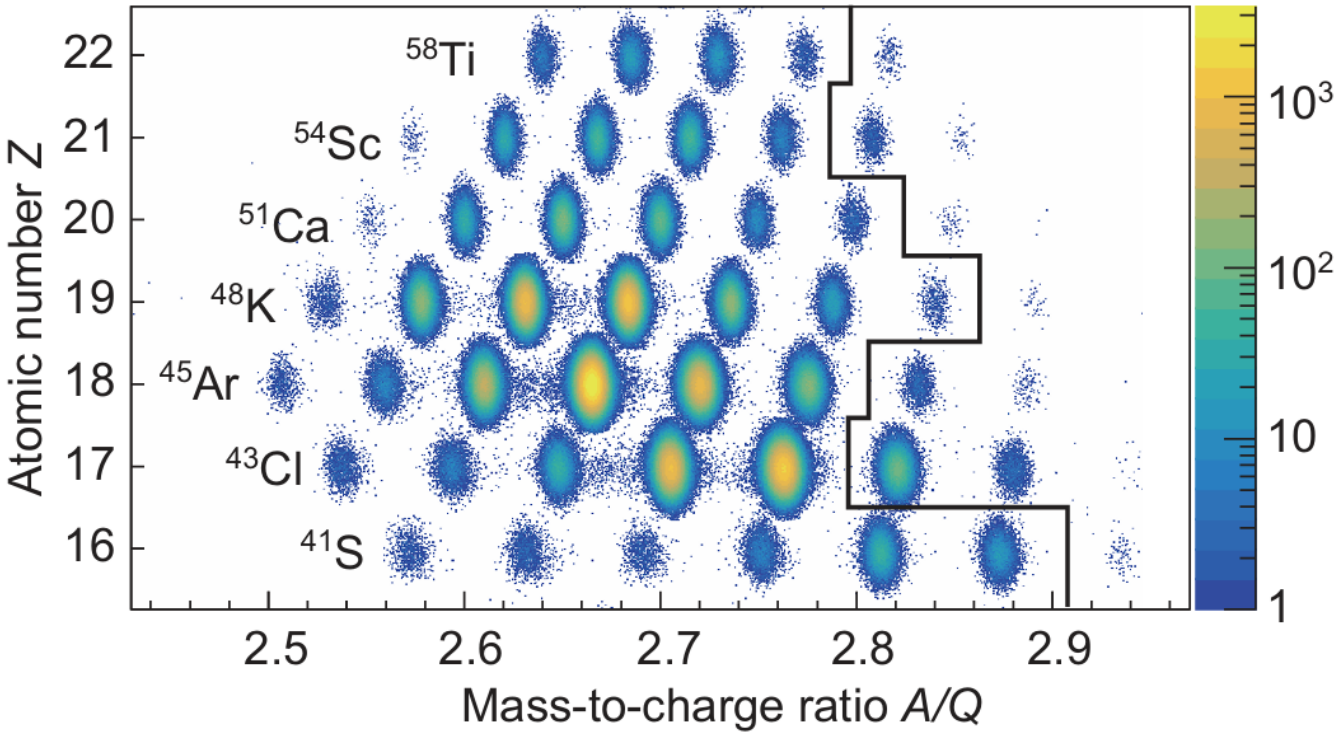
由于该区域原子核的产额极低，传统基于质量测量或γ谱学的手段难以实现有效观测。为此，研究团队另辟蹊径，利用β衰变半衰期对原子核单粒子轨道高度敏感的特性，系统测量了相关核素的半衰期，从而研究核子壳层结构的演化。团队利用RIBF产生的放射性束流，对钙-54附近40个原子核的β衰变半衰期进行了高精度测量，其中10个原子核的半衰期为首次测量，5个原子核的半衰期精度得到显著提升。

通过分析，团队发现这些原子核半衰期呈现出两个突出的系统性特征：一是钾-54的β衰变半衰期出现明显偏离整体趋势的下降，该现象可以解释为中子数为34的亚满壳效应。这一解释得到了壳模型理论计算的支持。二是氯-48的β衰变半衰期较相邻同位素显著偏短。团队认为，该异常源于氯-48中的中子可以轻易跨过中子数为32的亚壳激发。通过进一步计算分析，团队发现这一跨壳激发主要来自于质子空穴增加所导致的强烈组态混合，而非中子亚壳的显著减弱。

随着我国强流重离子加速器装置（HIAF）即将投入运行，其提供的高能量、高流强束流将能更高效地产生该核区乃至更丰中子的原子核。未来，依托HIAF对更丰中子原子核开展高精度的β衰变及其它谱学测量，有望进一步拓展对原子核壳演化的认识，推动壳模型理论的发展。

该研究由中国科学院近代物理研究所主导，联合日本理化学研究所、北京大学等机构共同完成。近代物理所博士研究生曾全波为论文的第一作者及第一通讯作者，导师刘忠研究员为核心作者之一。该工作获得了国家自然科学基金等项目的资助。（来源：中国科学报 叶满山）

相关论文信息：https://doi.org/10.1103/227j-q7zf



本次实验的原子核二维粒子鉴别图。近代物理研究所供图。
作者：刘忠等 来源：《物理评论快报》

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转发