

新方法助力跨能量尺度原子核结构研究

作者：writer 来源：科学网

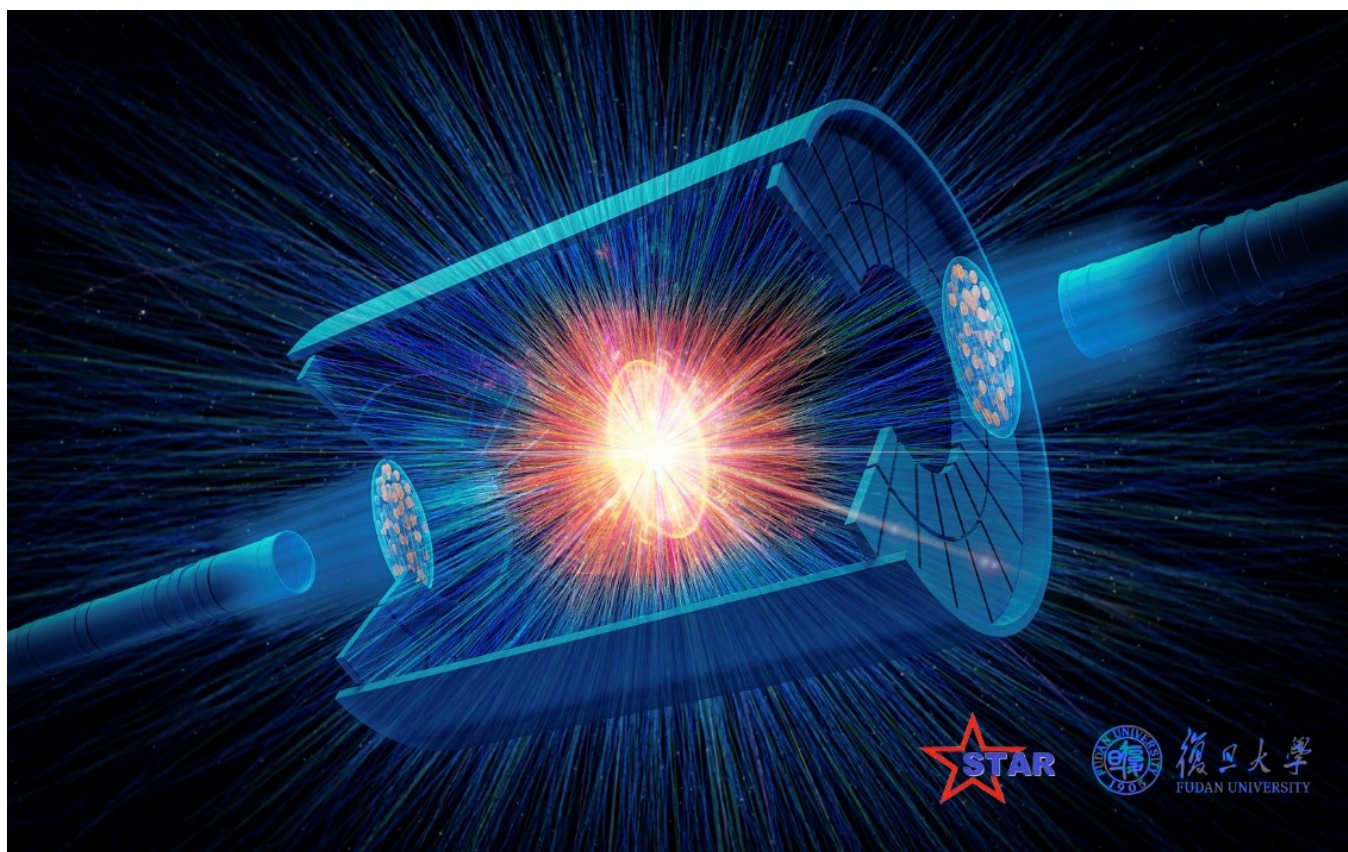
本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30240.html>

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！

新方法助力跨能量尺度原子核结构研究。中国科学院院士、复旦大学教授马余刚团队和纽约州立大学石溪分校教授贾江涌团队合作，在RHIC-STAR国际合作组，首次基于高能重离子碰撞方法成像原子核结构并取得重要突破。11月7日，相关研究发表于《自然》。《自然》同期在新闻和观点博客特评专栏等对该文进行亮点介绍和重点推介。

自1911年卢瑟福根据 α 粒子对原子散射实验建立原子核式结构以来，原子核的几何学形状、核内蕴含的基本相互作用力与动力学对称性一直是原子核有限多体量子系统及强作用统计物理研究的重要前沿课题之一。

研究人员将两束重离子加速至接近光速并使其发生对撞，从而产生退禁闭的夸克胶子等离子体（QGP）。普遍认为，QGP是对应于宇宙大爆炸之后几个微秒的存在形态，QGP流体经过膨胀冷凝和强子化后，产生大量末态强子。末态强子的动量空间多粒子关联与碰撞初始原子核的形状及核子的多体关联整体相关。这一过程类似高速摄像机的快门拍照，能够实现逆向瞬时成像原子核形状。



相对论重离子对撞机上铀-238原子核碰撞示意图。图片由研究团队提供

研究团队以接近球形的金核-金核碰撞为基准，对原子核结构特征进行精准成像，定量提取了铀核-铀核碰撞中铀-238原子核的四极轴对称形变 (β_2) 和三轴形变 (γ) 结构信息。

结果显示，在相对论能量下，原子核会发生洛伦兹收缩，相互作用持续时间为幺秒尺度（约 10^{-24} 秒），远低于实验室系下原子核量子涨落的时间尺度（约 10^{-21} 秒）。具有奇特结构的原子核在极端中心对撞区间会呈现不同的碰撞构型，这将影响初态能量沉积以及能量密度分布在QGP几何空间中的各向异性分布。

研究团队同时探索了末态强子的集体流等三种不同的软探针观测量，并比较了两种不同的流体动力学模型，精确约束并定量提取了铀-238原子核的四极轴对称形变和轴对称破缺三轴形变的大小。研究团队发现，铀-238原子核基态具有较大的椭球形轴对称四极形变，与传统的低能实验测量和理论研究基本一致，为成像原子核结构提供了一种全新方法。此外，研究团队证实了铀-238具有微小的轴对称破缺三轴形变自由度。

研究团队表示，这项跨能量尺度的原子核结构研究，有助于探讨核合成、核裂变及无中微子双贝塔衰变等重大基础科学问题，推动高能重离子碰撞、低能核物理和核天体物理交叉领域的发展，并深化人们对夸克胶子等离子体初态几何、原子核基本性质和宇宙元素起源等基本科学问题的理解，还为约束和改进核理论模型及其计算精度提供重要参考。论文中使用的研究方法后续可应用于欧洲核子中心LHC、下一代核物理大科学装置-美国电子离子对撞机EIC、我国强流重离子加速器装置HIAF等大科学装置的相关研究，有助于继续拓宽跨能量尺度原子核物理的前沿交叉。（来源：中国科学报 江庆龄）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08097-2>

作者：马余刚等 来源：《自然》

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