

科研人员利用相对论能区的高电荷态离子测量氦团簇结构研究获得新进展

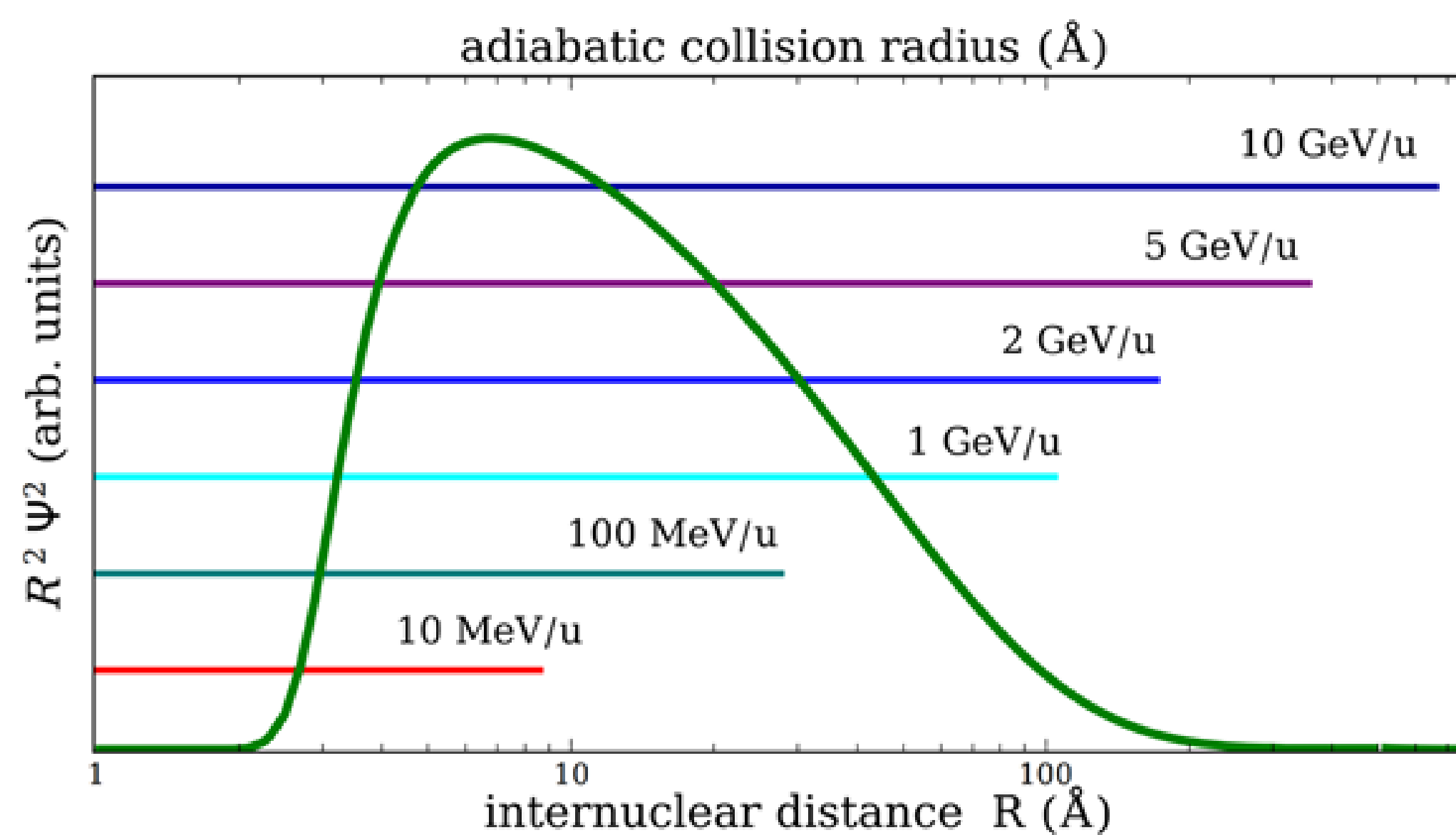
文章来源: | 发布时间: 2021-11-22 | 【打印】 【关闭】

中国科学院近代物理研究所科研人员与合作者在理论上论证了利用加速器产生的相对论高电荷态离子探测氦团簇 ($^4\text{He}_2$) 结构的可行性。相关成果于11月11日发表于国际顶级物理学期刊Physical Review Letters上。

氦团簇是自然界中一种非常特殊的二聚体分子，它的束缚能非常小 (10^{-7}eV) 并具有宏观尺度的分子轴长度 (最长可达 $0.02\mu\text{m}$)。这一特征使该团簇分子成为一种独特的宏观量子系统：分子80%的情况下处于经典物理不允许的量子“隧穿区”，同时宏观尺度的结构使其呈现出较强的卡西米尔-博尔德相对论效应，因此围绕该团簇开展的研究一直是交叉领域研究热点之一。然而自从上个世纪二十年代科学家预言了该分子的存在后，直到上个世纪末 (1993-1994) 人们才首次在实验上观测到它。尽管如此，由于该分子过于“巨大”，传统方法不能对团簇两个中心同时作用，即无法在瞬间将该团簇制备至解离态上，只能通过后续的级联反应将其制备至解离态。这将导致团簇结构的弛豫，因此迄今为止仍然没有有效的实验手段对其进行结构测量。

近代物理研究所科研人员与杜塞尔多夫大学合作提出利用高能重离子库仑场在运动方向上的“压缩”以及垂直方向的“延伸”这一相对论效应实现对该“宏观”分子两个原子中心的同时 (超快) 作用，进而避免了由于信息传递迟滞导致的分子结构弛豫，为分子结构的正确测量提供了保障。理论研究表明，当高电荷态离子 (例如 U^{92+}) 的能量达到 2GeV/u 时，由于其运动产生的畸变库仑场可同时覆盖氦二聚体团簇的两个原子中心 (见下图)。在该情形下，氦二聚体团簇两个原子中心被“同时”电离的几率极大增加并成为主导反应过程。通过对库仑爆炸后碎片动量的测量即可反推出碰撞瞬间的分子结构。该方法可应用于其他大分子结构的测量上，为相关实验的开展奠定了理论基础。

本工作得到国家重点基础研究发展计划(编号: 2017YFA0402300) 的支持。文章链接：
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.127.203401>



图：不同能量重离子相对论效应下库仑场能覆盖的空间尺度与氦团簇物质波分布的关系

(原子分子结构和动力学室 供稿)

