现代核物理研究前沿和新机遇

张玉虎*, 王猛*

中国科学院近代物理研究所, 兰州 730000

* 联系人, E-mail: yhzhang@impcas.ac.cn; wangm@impcas.ac.cn

Frontier and new opportunities in modern nuclear physics

Yuhu Zhang* & Meng Wang*

Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

* Corresponding authors, E-mail: yhzhang@impcas.ac.cn; wangm@impcas.ac.cn

doi: [10.1360/TB-2021-0839](https://doi.org/10.1360/TB-2021-0839)

张玉虎

中国科学院近代物理研究所研究员, 中国科学院高精度核谱学重点实验室主任. 主要从事核物理实验研究.

王猛

中国科学院近代物理研究所研究员. 主要从事核物理实验研究.

原子核是由质子和中子构成的量子多体系统, 是物质结构的一个基本微观层次. 经过逾一个世纪的科学研究, 人们已经发现并认识了许多核现象, 这些核现象深化了人类对微观物质结构的认知. 同时, 以核电站和放射性医疗为代表, 核物理研究对社会经济发展也作出了重大贡献. 尽管核物理实验和理论研究取得了巨大成就, 但是, 从纯科学的角度讲, 核层次中面临的重大科学问题依然没有得到彻底解决, 例如, 将核子结合在一起的核力是什么? 它是如何管控着核中的核子? 为了定量地理解这个重大科学问题, 必须构建或创立不同特征的“核场所”, 沿着不同的“途径”, 采取不同的“方式方法”来探究原子核的各种特性, 主要涉及原子核的外观性质、内在结构和反应动力学.

现代核物理基础研究主要是针对众多不稳定原子核, 通过对一些物理参数的高精度测量, 研究其静态和动态性质, 进而了解造成这些特性背后的物理原因. 但是, 一个原子核的静态性质和动态特性是多种多样的, 静态性质(或物理量)有质量、寿命、半径、自旋-宇称值、电多极距、磁多极距、高自旋态性质、低自旋态性质等, 动态性质涉及不同出射道的核衰变以及不同离子/粒子在不同能量下的核反应特征等. 对不同物理量的实验测量需要独特的实验装置, 而且, 由于量子多体、相对论及壳效应的存在, 上述这些性质(或物理量)又是不连续的, 这就需要对众多的目标核素从不同的侧面, 利用不同的方法进行全面的. 迄今为止, 详尽的核物理实验研究大都局限在稳定线附近或距离稳定线不太远的核区. 新核素的发现扩展了核物理研究的核素范围, 涉及3000多种原子核, 而理论预言可能存在的原子核有7000~9000种. 因此, 在原子核这一物质微观层次还存在大片的未开垦之地需要去探索. 对这些未知领地详尽的理论和实验探索, 一方面可以对现有理论体系进行检验和发展, 另一方面还有充分迹象显示可能取得重大突破并发现滴线区新物理.

现代核物理研究的基本思路和逻辑是, 建造大型的科学研究装置,

为核物理实验研究提供最基本的平台;采用先进的实验方法和技术来产生那些极不稳定的原子核,测量这些原子核的静态(核结构)和动态(核反应)性质;基于大量的高精度实验数据,进而探究控制原子核这个微观量子多体系统的物理因素.

“高精度核物理实验研究”于2018年得到国家重点研发计划项目资助.为了报道高精度核物理实验及相关物理问题研究的最新进展,我们组织了本专题.专题收录了8篇文章,包括7篇进展和1篇研究论文,内容涉及短寿命、弱束缚原子核的质量^[1]、衰变^[2,3]以及反应机制^[4]等实验研究方面的进展,介绍了数字化获取系统及波形分析算法^[5]实验技术方面的进展,报道了形变相对论连续谱Hartree-Bogoliubov理论^[6]、第一性原理计算^[7]、改进的方势阱集团模型^[8]等原子核理论研究的进展.

希望本专题能够促进核物理研究领域的学术交流,为该研究领域的发展作一点贡献.

参考文献

- 1 Wang M, Zhang Y H, Jiao H Y. The progress of nuclear mass measurement experiments based on HIRFL-CSR (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3516–3525 [王猛, 张玉虎, 焦红扬. 基于HIRFL-CSR的原子核质量测量实验进展. *科学通报*, 2021, 66: 3516–3525]
- 2 Lin C J, Xu X X, Sun L J, et al. Progress on decays of extremely proton-rich nuclei based on the HIRFL-RIBLL1 facility (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3526–3535 [林承键, 徐新星, 孙立杰, 等. 基于HIRFL-RIBLL1装置开展的极丰质子核衰变研究进展. *科学通报*, 2021, 66: 3526–3535]
- 3 Chen Z Q, Li Z H, Wu J, et al. Progress on nuclear shell evolution in neutron-rich region around ^{132}Sn (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3536–3542 [陈志强, 李智焕, 吴婧, 等. 丰中子区近 ^{132}Sn 原子核的壳演化研究进展. *科学通报*, 2021, 66: 3536–3542]
- 4 Yang L, Lin C J, Jia H M, et al. Progress on reaction mechanisms of the proton drip-line nucleus ^{17}F at energies around the Coulomb barrier (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3543–3551 [杨磊, 林承键, 贾会明, 等. 质子滴线核 ^{17}F 在近库仑势垒能区的反应机制研究进展. *科学通报*, 2021, 66: 3543–3551]
- 5 Wu H Y, Li Z H, Wu J, et al. A general-purpose data acquisition system and a waveform analysis algorithm based on digitization (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3552–3559 [吴鸿毅, 李智焕, 吴婧, 等. 基于数字化的通用获取系统及波形分析算法. *科学通报*, 2021, 66: 3552–3559]
- 6 Zhang K Y, Pan C, Zhang S Q, et al. Towards a high-precision nuclear mass table with deformed relativistic Hartree-Bogoliubov theory in continuum (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3560–3568 [张开元, 潘琮, 张双全, 等. 基于形变相对论连续谱理论构建高精度原子核质量表. *科学通报*, 2021, 66: 3560–3568]
- 7 Hu B S, Ma Y Z, Li J G, et al. *Ab initio* calculations of nuclear systems (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3569–3579 [胡柏山, 马远卓, 李健国, 等. 原子核的第一性原理计算. *科学通报*, 2021, 66: 3569–3579]
- 8 Dong W J, Wang Z, Bai D, et al. Theoretical studies on α decays of even-even nuclei with the improved square-well cluster model (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2021, 66: 3580–3588 [董文娟, 王震, 柏栋, 等. 利用改进的方势阱集团模型研究偶偶核的 α 衰变. *科学通报*, 2021, 66: 3580–3588]