

奋进中的北京大学重离子物理研究所

北京大学重离子物理研究所是 1983 年在北京大学技术物理系核物理专业部分人员的基础上成立的。技术物理系是我国第一个培养原子核科学人才的单位,在 1955 年成立后蓬勃发展,教学与科研都取得了很大成绩。“文革”期间技物系内迁陕西汉中,1979 年才迁回北京。经此曲折,人才与仪器设备大量流失。为适应国内外核科学技术发展的需要,在胡济民院士、虞福春教授等老一辈科学家的带领下,全系师生又开始了第二次创业。重离子物理研究所正是在这一背景下成立的。

先进的仪器设备是提高教学质量、开展重大课题研究、与国际接轨的重要条件。研究所成立后立即全力以赴地投入了艰苦的设备建设,在国家教委、国家科委和北京市的支持下,在短短的几年中以不到 700 万人民币的投入,用自己的双手建设了相当于 3000 万元的固定资产设备。其中,4.5MV 静电加速器是我国首次摆脱仿制自行设计研制的,也是目前国内能量最高的单级静电加速器。它所达到的端电压、束流强度、能量稳定度及脉冲束流性能均已达到国内先进水平,是国内唯一能在 0.03~7MeV 及 14~20MeV 两个能区提供单色中子和脉冲中子束的单级静电加速器。另一台端电压为 6MV 的串列静电加速器是在英国牛津大学转让的 EN 型加速器主体的基础上,经过改建后建设起来的。这也是国内高校中规模最大的一台高压型加速器,其辅助系统及束流实验线都是研究所自行设计配置的。此外,还从美国引进了一台端电压为 1.7MV 的小串列静电加速器,并在该器上建成了三条束流实验线。这样就形成了一个能区配套、离子种类齐全的低能核物理与离子束应用的研究基地。

与此同时,还造就了一支有战斗力的加速器研制队伍。近年来,这支队伍在陈佳洱院士的带领下,在加速器物理与应用这一领域

中开展了多项独具特色的研究工作,取得了具有国际先进水平的研究成果。结合目前核科学技术日益成熟并向各个学科渗透的特点,利用北京大学学科种类多、人才资源丰富的优势,积极发展基于核科学的交叉学科,并努力推进向国内外的开放。经国家教委批准,北京大学重离子物理开放研究实验室从 1986 年起正式开放。经过数年的努力,逐步形成了核物理研究、加速器物理及应用、离子束材料物理、核医学物理与核药物化学等四个研究方向。近年来依托本所的实验基地,瞄准国内外相关学科的先进水平,在上述四个研究方向上都取得了可喜的进展。

在核物理研究方向上,主要开展了裂变物理、原子核宏观模型、中子物理与核数据测量等方面的研究工作,同时和技物系合作在重离子核物理与高能物理方面也开展了研究工作。为加深对裂变机制的了解,对于裂变核从鞍点到断点的动力学过程进行了深入研究,完善和发展了裂变的多模式和颈部无规断裂模型,系统地描述了裂变后现象。在原子核超形变态的理论研究中,提出了一个新的转动振动模型,能较好地解释某些核结构,模型中的参数都有较明确的物理意义并能进行微观计算,计算的结果与实验符合得很好。在轻丰中子核结构的性质研究中,用平衡场微观理论系统地计算了从氦到氧的所有核素,所用公式很多是第一次推导出来,计算中还考虑了剩余相互作用等因素,计算结果的绝大部分和已有的实验数据符合很好。在中子核数据评价方面,先后完成了五个重点核(天然 Si、天然 Ca、天然 Mg、 ^{237}Np 、 ^{238}U)的全套中子数据评价。其中, ^{238}U 核的结果与宏观检验的符合情况好于美国和日本。在中子核反应研究方面,在世界上首次测得了 8.5~15MeV 能区 $^7\text{Li}(n,n')$ 第一激发态非弹中子角分布。此外,还在反应堆结构核 Fe、Co、Ni

的(n,p)与(n, α)核反应截面和 $^{64}\text{Zn}(n,p)$ 与 $^{64}\text{Zn}(n,\gamma)$ 活化截面的实验测量和理论研究方面做了大量工作,有些研究成果纠正了俄国实验数据测量中的问题.在重离子核物理方面,开展了热核形成中的线动量转移与能量耗散研究、热核中的巨共振研究、全下熔合截面的测量及大体积 BGO 高能 γ 探测器与环形雪崩室研制等工作.在核物理方面,积极参与欧洲核子中心 LHC 工程以及中科院高能所 τ -C 工厂物理探测器的预研工作.

在加速器物理及应用研究方向上,研究工作大致分四个方面,即:加速器质谱及应用研究、射频超导加速技术研究、射频四极场(RFQ)加速技术研究、加速器基础技术研究.加速器质谱为国家自然科学基金重大项目,该质谱计以 EN 串列加速器为主器,采用了国际上的先进技术, ^{14}C 测量的性能指标已经达到了国际上先进实验室日常测量的水平,此外还可以测量 ^{10}Be 和 ^{26}Al .1993年鉴定验收后,在地球科学、考古学、环境科学与生命科学等领域内积极开展应用研究工作,其中多项工作达到了国际先进水平.例如,与刘元方院士合作测量了有强烈致癌作用的烟碱亚硝基衍生物 NNK 与 DNA 的加合作用,灵敏度比目前使用的其他方法高 3~6 个数量级,而剂量则低 4 个数量级.射频超导体课题组在国家 863 计划的支持下,于 1991 年建成一套实验研究装置,成功地发展了克服铌腔品质因数衰退的技术,完成了 1.5GHz 铌腔的实验研究,于 1992 年获国家教委科技进步一等奖.随后又开始研制基于国产铌材的射频超导体,克服了材料与工艺方面的一系列困难,使国产铌材的 RRR 值由 50 上升到 470,从而将加速梯度提高到了 10MV/m.此外,该组在超导光电子枪的研制工作中也取得了很大进展.RFQ 课题组在国际上首先提出整体分离环形的重离子 RFQ 加速结构,并建立了高频结构样机,进行了高功率实验.这也是我国的第一台 RFQ 样机,已于 1994 年出束,可将 N^+ 从 20keV 加速到 300keV.在国

家自然科学基金重点项目的支持下,一台实用化的 1MeV RFQ 加速器正在研制中.在加速器基础技术,如离子源、束流光学、束测束控、束流脉冲化等的研究中,近年来也取得了不少成果,从而有力地促进了大型加速器设备的改进与性能提高.现在,4.5MV 静电加速器的高压已升至 4.6MV,直流束的流强可达 $40\mu\text{A}$,脉冲束的脉宽可压到 1.8ns,一次性连续运行时间可达 300 小时以上.6MV 串列加速器的流强等指标比在英国时还要好.在 1.7MV 串列加速器后新建了一条高真空、多功能的高能离子注入实验线,可进行高低温注入,并可进行在线分析.

在离子束材料物理方向上,主要开展了离子与固体相互作用、离子注入与离子束分析、包埋团簇与荷能团簇、 γ 射线材料辐照等方面的研究.离子与固体相互作用的研究是离子束应用的基础,用重离子共振核反应法、弹性前冲探测法、重离子背散射等多种方法进行了不同离子在多种物质中的阻止本领与能量歧离的研究.近年来,在测量重离子在化合物中的阻止本领时还发现了相效应和化学键的影响.在离子注入的研究中采用了离子束混熔法、离子束合成法,并对离子注入引起的辐射损伤和改进耐腐蚀性与摩擦性能等效果进行了深入研究.在离子束分析中,在常规离子束分析手段之外,还注重在探索新的手段上下工夫,如用 $\text{D}(^{12}\text{C},p)^{13}\text{C}$ 方法进行高灵敏度氘分析、用 $^{11}\text{B}(p,\alpha)2\alpha$ 法研究硼的含量与分布、用 $^{19}\text{F}(\alpha,\gamma)^{16}\text{O}$ 法研究氢分布等.在团簇研究方面,建立了一台基于磁控溅射与液氮冷凝相结合的团簇产生设备,开展了由团簇沉积的薄膜及团簇晶格常数随团簇尺寸变化规律的研究.在 1.7MV 加速器上成功地得到了 $\text{C}_2\text{-C}_8$ 的荷能团簇束流.在 γ 射线辐照材料研究方面,提出了生物活化分子预辐射接枝聚合的新技术,还对温度敏感性聚合物和水凝胶的辐射合成进行了研究,并用此对生物分子进行了生物分离.

核医学物理和核药物化学是研究所的一

个新的研究方向,已于 1994 年招收研究生. 在这个研究方向上建立了两个实验室:核医学物理和医学影像工程实验室,核药物化学实验室. 核医学物理和核药物化学是近年来国际上发展迅速的学科. 核医学物理和影像工程学方面的研究,集中在成像新的原理、方法、新工艺及集成更多更现代化技术于 MRI 和 NMI 设备并用于癌症的诊断、治疗和脑功能的研究等. 现在正在酝酿硼中子俘获治癌 (BNCT) 和功能 MRI 及应用研究的世界前沿的研究课题. 核药物化学已经在单克隆抗体的放射性标记于癌症的诊断、治疗进行了 10 多年的工作,现正开展 BNCT 的药物、中西医结合治疗癌症的药物研究开发工作.

重离子物理研究所既是基础研究的基地,也是培养人才的基地. 研究所有计划地培养中青年学术带头人,已经形成了一支老中青相结合的学术骨干队伍. 研究所把培养研究生放在重要的位置,一方面充实课程、努力提高教学质量,另一方面使学习与研究工作紧密结合,同时发挥研究所与国外很多优秀的科研单位有良好合作关系的优势,联合培

养博士研究生. 研究所也重视对在职人员的培养,积极为青年人的成长创造条件.

研究所积极开展与国内外有关单位的学术交流与合作研究,从而有力地促进了科研工作. 努力推行开放的运行模式,特别是注重提高开放层次,发展高水平的国内外合作. 充分利用北京大学学科种类多的优势,积极发展交叉学科,组织跨学科的科研项目. 这些措施活跃了研究所的学术思想,密切了研究所科研工作与国际前沿的联系,促进了科研水平的提高.

作为基础性研究所改革试点单位,将进一步改革人事制度,推动人员流动,招聘优秀人才,以便在流动与竞争中建设一支高水平的科研队伍. 九五期间,还要积极参加国家的一些重大科研项目,努力使科研工作上一个新水平. 要办好重离子物理开放实验室,进一步扩大开放度,提高开放水平,出一批具有国际先进水平的科研成果. 同时也要抓好应用性研究成果的转化,为国民经济的发展与人民健康水平的提高做出应有贡献.

(上接第 8 页)

- | | |
|---|---|
| 2 包尚联,刘金泉. CNIC-00890, PU-0006,北京:原子能出版社,1994年9月 | 7 钟云霄,胡济民. 高能物理与核物理,1994,18:949 |
| 3 包尚联,刘金泉. CNIC-00897, PU-0007,北京:原子能出版社,1994年10月 | 8 Wang Fucheng, Hu Jimin. J. Phys., G. Nucl. Part., 1989,15:829 |
| 4 胡济民,钟云霄. 高能物理与核物理,1980,4:368 | 9 Brosa U, et al. Phys. Repts., 1990,197:167 |
| 5 钟云霄,胡济民. 高能物理与核物理,1994,18:340 | 10 樊铁栓,胡济民,包尚联,高能物理与核物理,增刊 1994,18:55 |
| 6 Zhong Yunxiao, Hu Jimin, 50 Years with Nuclear Fission,1989,2:668 | 11 Fan Tieshuan, Hu Jimin, Bao Shangliang. Nucl. Phys., 1995,A519:161 |

Theoretical and Experimental Studies on Fission Mechanisms

Hu Jimin Bao Shangliang Fan Tieshuan Zhong Yunxiao Liu Jinqun

(Institute for Heavy Ion Physics, Department of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract The brief review for the advances and future plans of theoretical and experimental studies on the fission mechanisms is given.

Key Words fision mechanism multichannel fission theory neutron energy spectrum measurement