



核物理与核技术国家重点实验室 内部简报

(第9期, 2011年09月20日)

重要事项

2011年度北京大学核物理实验兴趣班成功举办



2011年8月8日, 北京大学加速器楼408会议室座无虚席, 首届北京大学核物理实验兴趣班在此举行。虽值暑假, 天气炎热, 仍有近60名本科生和研究生报名参加此次兴趣班。

北京大学核物理实验兴趣班是由我实验室成员发起的, 面向本科生和低年级研究生的核物理实验方法的兴趣讲座, 举办目的是向初学者概略地介绍核物理和实验前沿, 普及辐射防护知识, 对科研中常用软件和方法做前期培训, 同时对多种创新的教学内容和方法进行尝试。

重点实验室主任叶沿林教授对此次兴趣班鼎力支持, 并在首日作了名为《核物理实验简介》的报告, 报告中强调了实验安全, 详细地介绍了实验室的工作情况、国际合作项目以及先进的束流装置。叶教授随后还介绍了前沿的探测器和电子学获取方面的知识。

在持续三天的兴趣班中, 我实验室的研究生李奇特、游海波、肖军、杨再宏和乔锐分别精心准备了《核辐射探测和防护基础》、《ROOT初步》、《ROOT进阶》、《Matlab导论——数值计算与建模分析》和《EXCEL的基本应用》五个知识讲座。本兴趣班第一次采用全笔记本电脑互动教学, 所有学员通过上网笔记本电脑观看讲义, 尝试了网上批改作业和网上发布如何查找文献等课后阅读材料。

兴趣班结束后的问卷调查中, 所有学员都认为这个兴趣班增进了他们对科研和核物理的了解, 认为本次核物理兴趣班形式新颖内容丰富, 希望来年继续举办。学员们同时也提出了希望建立核物理兴趣网上论坛以及对教学进度方面的改进等等意见和建议。

我实验室成功举办第十六届绝缘体辐照效应国际会议

由我实验室主办的第十六届绝缘体辐照效应国际会议(16th International Conference on Radiation Effects in Insulators)于2011年8月14日至19日在北京大学英杰交流中心阳光大厅举行。



绝缘体辐照效应的国际会议是核能相关材料研究领域重要的国际学术会议，每两年举办一次。

在 8 月 15 日上午的开幕式上，王恩哥副校长代表北京大学热烈欢迎来自近三十个国家的二百多位代表来到燕园交流研讨最新科研成果，并预祝大会取得圆满成功。陈佳洱先生就北大核学科的发展历程及核能领域基础研究的重要性等发表了讲话。他期待本届会议的召开为绝缘体辐照效应的国际合作与研究提供更加广阔的平台。

会议期间，中外代表就绝缘体材料当前研究的热点问题进行了热烈的讨论，拓展了进一步合作交流的空间。与会代表对北京大学主办的该次会议给予了高度评价，特别感谢了北大志愿者团队的热情与付出。

在会议期间举行的 REI 国际委员会会议上，本次大会主席、我实验室王宇钢教授被增选为 REI 国际委员会委员。博士生杨腾飞同学的 Poster 被评为 Best Poster。

本次国际会议得到国家自然科学基金委、北京市科协（北京市核学会）、中科院近代物理研究所、山东大学、王宽诚教育基金会及北京大学应用物理与技术研究中心等单位的资助。

第一届“先进核能系统的材料挑战”国际暑期学校举办

由北京大学核物理与技术国家重点实验室和美国橡树岭国家实验室联合主办的第一届“先进核能系统的材料挑战”国际暑期学校（Materials Challenges for Advanced Nuclear Energy Systems，简称 McANES-2011）于 2011 年 8 月 21 日至 26 日在北京大学成功举办。

本届国际暑期学校邀请了 Steve J. Zinkle, Roger Stoller, Yanwen Zhang, Lance Snead（美国 Oak Ridge 国家实验室）；William J. Weber（美国田纳西大学）；Rodney C. Ewing, Lumin Wang, Gary Was（美国密西根大学）；Todd R. Allen（美国威斯康辛大学）；Peter Townsend（英国萨塞克斯大学）；Marcel Toulemonde（法国 CIMAP）；Christina Trautmann（德国 GSI）等十二位相关领域国际顶级专家，就核材料研究中涉及的缺陷形成、损伤变化、相变、硬化、脆化、空隙、肿胀、腐蚀和核废料处置等问题给出了系统讲授。

包括来自全国二十多所科研院所的近 140 位世界各地的青年科学工作者、博士生、博士后等参加了本次暑期学校的学习。暑期学校期间还举办了学员 Poster（海报）展示与交流及相关国际通行应用程序的演示等。



暑期学校期间，中外学员纷纷表示，这次高水平的学习机会让他们深入了解了核能系统中材料研究领域的基本概念、存在的问题及最近的进展，受益匪浅。

在 26 日上午的结业式上，中外学者及学员们对二十多位来自实验室的志愿者们给予了高度的

评价，并向他们表示了衷心的感谢。

本次暑期学校得到教育部研究生教育创新研究计划、国家自然科学基金委、北京大学等单位的资助。

第六届北京亚原子物理国际暑期学校举行

第六届北京亚原子物理国际暑期学校“原子核物理最新前沿”于2011年8月27至31日在北京大学举行。本届暑期学校共邀请了来自法国、德国、日本、波兰、美国和中国的14位活跃在相关研究领域的科学家授课。共有来自南非与中国20所大学和研究所的106名年轻学者和研究生以及16名高年级本科生参加了为期五天的学习。本届暑期学校的主题“原子核物理最新前沿”直接针对当前核科学界关心的热点问题，特别是对世界新一代装置产生的放射性核束给核物理学和天体物理学带来的机遇和挑战进行了广泛和深入的介绍与讨论。本届暑期学校受到与会人员的一致好评。美国密歇根州立大学国家超导回旋加速器实验室首席科学家 Sherrill 教授对参与主办该系列暑期学校表现出浓厚的兴趣，并表示回国后将与美国能源部资助的 FRIB 项目负责人就相关事宜进行探讨。

该暑期学校得到中国国家自然科学基金委、日本 RIKEN、德国 GSI、法国 GANIL、德国 Helmholtz International Center (HIC) for FAIR、ExtreMe Matter Institute (EMMI) at GSI、中国科学院近代物理研究所、中国科学院理论物理研究所、中国原子能科学研究院、中国高等科学技术中心、北京现代物理研究中心、中国核物理学会、北京大学核物理与核技术国家重点实验室等资助。

徐仁新教授负责 973 项目子课题“脉冲星物理和观测”研究

今年8月，科技部公布973计划2011-2012年项目。“射电波段的前沿天体物理课题及FAST早期科学研究”项目将从2012年开始执行，我室徐仁新教授担任此项目“脉冲星物理和观测”子课题组长。

我国即将建成的500米口径射电望远镜FAST，是国际上最大的单口径射电望远镜；中子星研究是其重要科学目标之一。该973项目立足于国内进行FAST望远镜的前期研究，以凝练未来重要研究课题并培养相关的科研队伍。

梁豪兆获 GANIL 博士奖提名

首届法国重离子加速器国家实验室博士奖（GANIL PhD Award）近日揭晓，获奖者为 Daisuke Suzuki 博士，同时获得提名的包括 Marieke De Rydt 博士、Antoine Lemasson 博士与梁豪兆博士（按字母顺序）。

GANIL PhD Award 致力于表彰原子核物理领域的优秀博士论文，该奖项每三年颁发一次。本届评选中共有世界范围内的14篇博士论文参选。北京大学梁豪兆博士作为唯一理论研究者进入最终提名名单，其博士生导师为北京大学孟杰教授、法国巴黎第十一大学 Nguyen Van Giai 教授与 Peter Schuck 教授。

我实验室举办了国际华人物理学会第二届暑期加速器专题学校暨研讨会

北京大学核物理与核技术国家重点实验室与中国粒子加速器学会于2011年8月5-10日在北京大学昌平校区举办了国际华人物理学会第二届暑期加速器专题学校暨研讨会，刘克新教授担任这次会议的联合主席。与普通加速器学校不同，专题加速器学校就加速器领域某一热点专题进行学习研讨，只邀请高年级研究生和青年加速器工作者参加并做研究报告，由授课专家评出优秀报

告。

本次专题为质子/重离子直线加速器，由来自美国 SLAC、Aggone、JLab 国家实验室、美国密西根州立大学 (MSU)、北京大学、高能物理研究所和清华大学/原子能科学研究院的 9 位专家系统讲授了直线加速器基础、进展和前沿，近 30 名学员分别来自北京大学、清华大学、中国科学技术大学、中科院高能物理研究所、中科院兰州近代物理研究所、上海应用物理研究所和中国原子能科学研究院。

专题学校获得圆满成功，受到授课专家和学员的一致好评。最后共评选出优秀报告 6 个，其中一等奖 1 个，二等奖 2 个，三等奖 3 个。我重点实验室博士生任海涛获一等奖，刘戈获二等奖。

本次专题学校得到国家自然科学基金委和核物理、核技术国家重点实验室与北京大学应用物理与技术研究中心的资助。

博士生全旸获全国辐射与环境生物物理学术大会 青年优秀论文一等奖

第九届全国辐射与环境生物物理学术大会于 2011 年 7 月 24 日在哈尔滨市召开。会议就“环境辐射与其他有害因子对健康的影响及其防护”主题展开了讨论。

我实验室博士生全旸在本次会议中汇报了“辐射旁观者效应加速非肿瘤干细胞向肿瘤干细胞转化”的研究成果，是实验室一年来在面向放疗的肿瘤干细胞方面所取得的一部分研究成果，其论文在与会众多青年学者和研究生代表的论文中脱颖而出，被评为大会最高的一等奖。

研究集粹



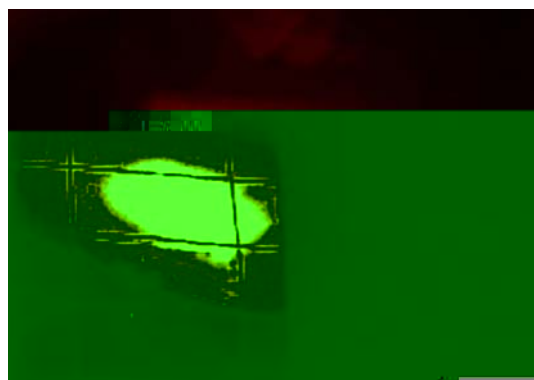
3.5 cell 腔 DC-SC 注入器出束

北京大学核物理与核技术国家重点实验室射频超导研究团队在直流—超导 (DC-SC) 注入器研制方面又取得重要进展，继 2011 年 1 月北大自行研制的 3.5 cell 腔 DC-SC 注入器实现了 2K 低温超导后，近期又成功进行了束流实验。

DC-SC 光阴极注入器是北京大学自主提出的一种新型电子注入器设计，在国际上引起广泛关注，被认为是能提供强流电子束的有前途的四种注入器之一。早期 1.5cell 腔 DC-SC 光阴极注入器样机的研制和 4K 低温下进行的束流实验初步证明了这种注入器的可行性。近期开展实验的是运行在 2K 低温下的实用型 3.5cell 超导腔光阴极注入器。



实用型 3.5cell 超导腔光阴极注入器



荧光靶上的束斑

课题组为开展束流实验进行了大量的准备工作：搭建了驱动激光倍频及传输系统，解决了激光功率不稳定以及激光和射频信号同步问题；完成了束流传输管线和束测装置的安装调试；改进了光阴极制备方法和传送装置；进一步提高了低温液氮系统在 2K 下运行的稳定性；完成了低电平控制系统和束线控制系统的搭建和调试。

实验获得了 2MeV 的电子束，能散约为 5%，光阴极引出电子流强可达 0.4mA。

实验还对电子束的发射度进行了初步测量，并成功实现了超导腔的幅相控制，目前正在对注入器的其他性能进行深入研究。由于现有微波功率源只有 2KW 的最大输出功率，近期束流实验只在超导加速腔加速梯度约为 6MV/m 的条件下进行。20KW 新微波功率源即将投入使用，届时将可达到电子束能量 3~5MeV 的设计指标。

我实验室在顶夸克反常耦合研究中的新进展

欧洲大型强子对撞机（LHC）有可能观测到超出标准模型的相互作用，引发物理学新的革命。随着 LHC 的运行，探索超出标准模型的新物理成为国际高能物理界普遍关注的热点问题。目前 LHC 上已经大量产生顶夸克，通过对顶夸克事例的深入分析，有可能在 LHC 运行早期就发现新的相互作用。顶夸克味改变中性流反常耦合意味着新的相互作用，研究该反常耦合所诱导的实验信号是发现新相互作用最为有效的途径之一。

实验室李重生教授研究组对上述问题做了深入系统的研究，曾在美国《物理评论快报》和《物理评论》发表一系列论文，有关结论被美国费米实验室 Tevatron 加速器的 D0 和 CDF 实验组采用。在已有工作基础上，该组针对 LHC 的实验情况，对上述反常耦合所导致的直接顶夸克的产生过程进行了详细的计算和分析，结合 D0 和 CDF 实验组已有的实验结果首次指出，LHC 已经具备了发现或进一步限制此反常耦合以及背后的新物理的能力。同时还发现利用实验上所观测到的各种运动学分布来区分不同顶夸克反常耦合的形式，可更加深入地研究其背后新的相互作用机制。这一工作已得到国际同行专家的高度评价，相关的研究成果已被 LHC 的 ATLAS 实验组在最新的实验分析中采用。有关论文已在美国《物理评论快报》发表。在这一研究中李重生研究组的博士生高俊发挥了重要作用。

我实验室在功能性纳米核孔的应用研究上获得新进展

最近我实验室在高性能纳米多孔膜应用研究获得新的进展。在前期利用聚酰亚胺（PI）高分子膜材料构建的单纳米孔系统成功实现将溶液浓度梯度中的 Gibbs 自由能转化为电能（Advanced Functional Materials 20(2010), 1-6）之后，进一步研究了纳流反电渗析系统中不同电解质溶液的扩散行为。实验结果表明，该扩散过程与电解质的离子种类密切相关。通过深入的理论分析，识别了两种主要因素在这一过程中起了支配作用。研究结果有助于人们对纳流反电渗析系统的工作机理的进一步了解，同时对未来设计高性能的器件提供了有效的指导意义。该研究结果发表在能源环境领域顶级的专业期刊上（Energy & Environmental Science 4(2011), 2259-2266）。

该项成果已申报专利并于 2011 年 4 月获得国家发明专利授权。该专利阐述了利用具有离子选择性的纳流或者微流通道的浓度梯度下实现正负离子的电荷分离，从而得到可以输出的电能。该方法提供一种新的能量转化的途径，同时具备了为微机电系统（Micro-Electro-Mechanical Systems），如传感器、发动机等提供电能的潜力。

2×1.7MV 串列静电加速器二次离子质谱装置升级改造

二次离子质谱技术超常的分辨本领使得其在包括材料表面分析在内的诸多方面得到了广泛的应用。我们利用北京大学 2×1.7MV 串列静电加速器产生的单能、高品质离子束，结合束流脉冲化和飞行时间探测技术，建立和升级了加速器飞行时间二次离子质谱装置。飞行时间分析方法的基本原理是通过测量特定引出能量的离子飞过已知距离所用的时间，利用动能公式计算得到该离子的质量。在原有实验设备的基础上，我们对加速器飞行时间二次离子质谱装置进行了升级并做了实验验证。结果表明，通过延长飞行距离，这套二次离子质谱装置的质量分辨从原来的 0.5% 提高到小于 0.1%；通过隔离降噪等措施，实验本底降低到约为升级前的 25%。基于这套实验装置，我们进一步了解开展相关的实验研究。

成功制备激光加速用纳米级类金刚石薄膜

靶材的制备是进行激光加速实验的重要基础，北京大学激光加速小组目前已成功制备出能够用于激光加速实验的纳米级类金刚石薄膜。

目前激光加速实验通常采用微米厚度的固体靶，属于靶向鞘层加速(TNSA)机制,但产生的离子能量低、能散大。我们在前期的研究发现采用光压稳相加速(RPA-PSA)可以大幅度提高加速效率、降低能散，这要求相应的固体靶厚在 5nm~50nm 的范围。同时要求靶在使用过程中无载体支撑即能够自支撑，以便激光能够只与靶材相互作用。由于类金刚石膜具有类似于金刚石膜的各种优良特性，我们选用了类金刚石膜作为未来激光加速实验的靶材。通过北京大学纳米膜制造系统，经过实验摸索，我们用过滤阴极真空弧的方法成功制备出 5-200nm 的类金刚石薄膜，并且薄膜能够顺利脱下，在直径为 1mm 的孔上实现自支撑。当厚度较厚时自支撑面积也能相应扩大。目前已能够精确测量制成薄膜的厚度，并据此在镀膜时较准确的控制薄膜的厚度。

下一步将进行更多的参数测量，更加全面的了解自支撑类金刚石的特性，同时在正在进行的与中科院物理所合作的激光加速实验进行打靶试验，根据实验结果进一步改善薄膜性能，以便更好的为激光加速实验服务。



图 1：北京大学纳米膜制造系统



图 2：自支撑纳米级类金刚石膜
(小孔直径孔 1mm)

大科学装置联合研究基金

——“高电荷态重离子 RFQ 加速器”研究进展顺利

高电荷态重离子 RFQ 加速器作为兰州 SSC-LINAC 直线注入器的重要组成部分，经过北京大学 RFQ 课题组和兰州近代物理研究所相关人员的共同努力，目前已完成束流动力学、结构和工程设计，并已进入加工阶段。该器工作频率为 53.667MHz，将运行在连续波模式。在继承 RFQ 组既往研究成果的基础上，研究人员在该器的研制过程中解决了高电荷态重离子在 RFQ 结构中的传输、RFQ 加速器与离子源及其 LEBT 部分的匹配、四杆型 RFQ 低频谐振结构的设计、连续波运行模式下的结构冷却和水冷通道设计以及高真空下的机械设计改进等问题。经模拟，该器对荷质比大于 1/7 的离子在 0.5mA 流强下具有较好的传输效率，其中 $^{238}\text{U}^{34+}$ 束流的传输效率达到 94%；结构的电磁特性达到国际水平；在高功率连续波条件下运行具有较好的冷却能力和结构强度。

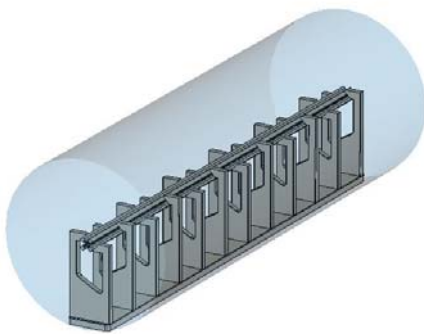


图 1 SSC-LINAC RFQ 结构

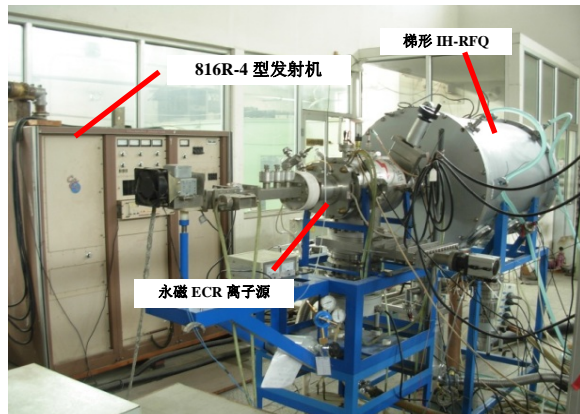


图 2 梯形 IH-RFQ 实验平台

梯形 IH-RFQ 加速器顺利建成，主要技术指标达到国际先进水平

梯形 IH-RFQ 加速器是北京大学 RFQ 课题组提出的一种新型高效的直线加速结构，相关实验平台已顺利建成并成功进行了冷测、功率和束流实验。该平台由一台 106.5MHz 的梯形 IH-RFQ 加速器、816R-4 型调频发射机、北京大学 2.45GHz 强流永磁 ECR 离子源以及相关电源和束流测量系统组成。这台加速器具有低能散束流动力学设计及梯形通体支撑结构的四杆型 RFQ 加速器。在 RFQ 组师生和加工方的共同努力下，平台搭建过程中的发射机恢复、真空、水冷等问题得到有效解决，使实验工作进展顺利。功率实验结果表明，新型梯形 IH-RFQ 谐振结构的比通路阻抗为 178 $\text{k}\Omega\cdot\text{m}$ ，达到了国际水平；极间电压等指标均达到设计值。利用永磁 ECR 源提供的 $^4\text{He}^+$ 束流进行的束流实验，在该器出口获得了 200 μA 以上的流强；较低流强下的传输效率可达 75%。目前这一加速器已经达到较好的实验状态，可以进一步开展离子注入、材料改性等方面的应用研究。

编辑： 何花 王宇钢

电话：62755407

电邮：huahe@pku.edu.cn