



核物理与核技术国家重点实验室

内部简报

(第 10 期, 2012 年 03 月 19 日)



重要事项

我重点实验室召开 2011 年度工作会

2011 年 12 月 2-3 日, 北京大学核物理与核技术国家重点实验室 2011 年度工作会在九华山庄召开。北京大学科研部副部长吴朝东和物理学院副院长沈波应邀出席。重点实验室相关成员共约 70 人参加此次会议。



重点实验室召开 2011 年度工作会

12 月 2 日下午首先召开全体会议。吴朝东副部长介绍了国家和学校重点实验室管理方面的重要举措, 以及学校 211/985 工程实施的一些情况。沈波副院长介绍了物理学院关于试点学院的进展情况和队伍建设的举措等。随后实验室主任叶沿林教授就实验室整体情况作了汇报, 介绍了实验室验收和评估的情况, 以及一年来各方面进展及今后发展规划。其后各研究方向负责人分别汇报了本方向的研究工作进展与未来发展构想, 还有几位教师和博士后做了典型工作汇报。3 日上午各方向分组讨论, 深入探讨近期和中长期的工作规划。最后召开了集体总结会, 各方向负责人汇报了分组讨论的主要内容, 叶沿林教授做会议总结报告, 指出一年来实验室坚持“小规模、高水平、有特色”的方针, 在各方面都取得了很大成绩。今后需要继续保持现有特色, 将理论与实验紧密结合, 突出系统性重点工作, 加强自主科研和队伍建设, 国际化的学术交流要上一个新台阶, 同时进一步规范管理和资料收集, 各方面争取取得更大的成绩。

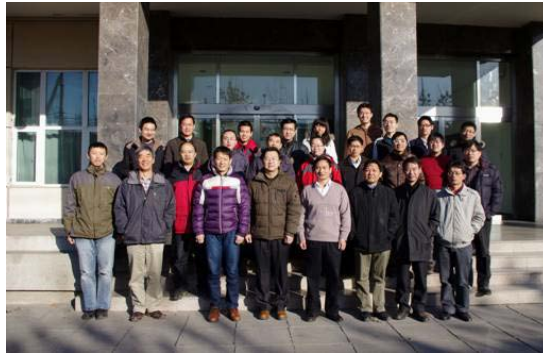
会议时间紧凑、内容丰富、气氛热烈。大家团结务实, 积极参与, 取得很好的效果。

我实验室召开 E(U)RICA 研讨会

2011 年 12 月 14 日, E(U)RICA 研讨会在北京大学加速器楼 408 召开。会议由核物理与核技术国家重点实验室主办, 日本理化研究所 (RIKEN) 的 Shunji Nishimura 教授和李智焕博士应邀出席。

本重点实验室以及来自中科院近代物理研究所、中国原子能科学研究院、中科院上海应用物理所、北京航空航天大学等单位的相关研究人员参加了此次研讨会。

日本理化所是目前国际上研究非稳定核性质的主要中心之一，特别是新建成的 RIBF 带来难得的研究机遇。欧洲的相关合作组将先进的咖玛探测系统运到 RIBF，组建了 EURICA 合作体，主攻非稳定奇特核的衰变研究。中国方面几个单位的部分科研人员参加了 EURICA 合作体。本次研讨会旨在具体交流了解 EURICA 的工作模式和性能，探讨可能由中国组牵头提出的物理课题。会议报告深入具体，讨论热烈，形成了重要的思路和共识。



E(U)RICA 研讨会与会人员合影

粒子物理与核物理学科引进二名北大百人计划人才

北京大学人才引进“百人计划”意在吸引不超过 35 岁左右的海外优秀青年。最近重点实验室粒子物理与核物理学科引进了二位百人：理论核物理方向的裴俊琛研究员和实验高能物理方向的王大勇研究员。裴俊琛研究员于 2007 年获得北京大学理学博士学位，然后去美国橡树岭国家实验室在 Nazarewicz 教授名下做核理论方向的博士后，在原子核结构理论研究方面取得突出的成绩。王大勇研究员于 2006 年在高能物理研究所获得博士学位后在美国佛罗里达大学从事博士后研究近 6 年。他在 BESIII 电磁量能器和漂移室径软件开发、CMS 端盖缪子探测器硬件研制以及物理分析等方面做出突出贡献。

叶沿林教授当选亚洲核物理联合会主席

在 2011 年 11 月 27 日举行的亚洲核物理联合会 (ANPhA) 第五次理事会上，北京大学物理学院和核物理与核技术国家重点实验室叶沿林教授当选为主席，任期三年。

亚洲核物理联合会是由日本、韩国、中国等的核物理学界发起，2009 年 7 月在北京正式成立的。目前已经有成员组织八个，每年召开 1-2 次会议，目的是推动亚洲范围核物理合作、教育、交流和商讨大装置建设计划等。此前第一任主席由日本东京大学的 Sakai 教授担任。

欧洲核物理联合会(NuPECC) 新任主席 Bracco 教授作为观察员出席了本次理事会。

王晓钢教授当选为“美国物理学会会士”

美国物理学会等离子分会 2011 年年会上，北京大学物理学院、核物理与核技术国家重点实验

室王晓钢教授被授予“美国物理学会会士”（American Physical Society Fellow）荣誉称号。该学会每年从全体会员（包括外籍）中推选出不超过 0.5% 的具有独创性研究成果、对物理学有突出贡献者授予该项称号。

王晓钢教授 1982 年毕业于大连工学院（现大连理工大学）物理系、1984 年在中国西南物理研究所（现核工业西南物理研究院）获硕士学位，1991 年在美国哥伦比亚大学获博士学位；多年来主要从事实验室与空间等离子体的磁流体现象，特别是磁重联理论与托卡马克撕裂模过程，及复杂等离子体中的波与不稳定性研究，在 Nature Physics, Physical Review Letters, Astrophysical Journal 等国际重要学术期刊上发表 150 多篇学术论文，被同行引用超过 1400 次。美国物理学会向王晓钢教授颁发的会士证书上对其贡献的评价是：“由于（他）对广泛应用于聚变与空间等离子体的磁重联理论，以及复杂等离子体中波与不稳定性研究的根本性贡献”。（“For seminal contributions to the theory of magnetic reconnection with broad applications to fusion and space plasmas, and to studies of waves and instabilities in complex plasmas.”）

我实验室博士毕业生王尔东获 IEEE /NPSS PAST 毕业论文奖

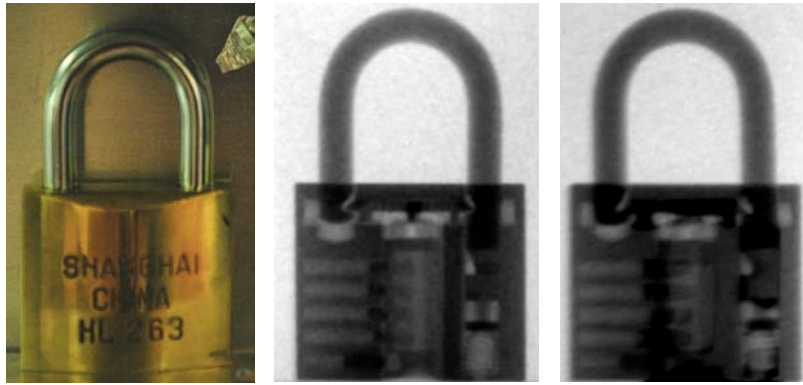
射频超导研究团队博士毕业生王尔东获 2012 年度 IEEE /NPSS PAST（美国电气与电子工程师协会核与等离子体分会加速器科学与技术）毕业论文奖，以表彰他在高量子效率光阴极物理研究中做出的突出贡献。该奖于 2008 年开始设立，每年奖励一名在毕业论文中为加速器科学与技术做出重要创新贡献的博士毕业生。

王尔东 2006 年被录取为射频超导团队的博士研究生，导师为赵夔教授。2008 年赴美国 BNL 实验室进行联合培养，联合导师为 Ilan Ben-Zvi 教授(BNL and Stony Brook University)。2012 年一月获得北京大学工学博士学位，目前为 BNL 国家实验室助理研究员（research associate）。

王尔东博士论文系统研究了 GaAs 光阴极特性并获得高质量的结果，对发展极化电子源技术有重要作用；在金刚石放大器光阴极研究中，他发现适当热处理可以使暴露于空气后的金刚石放大器光阴极有效恢复发射电子的能力，并建立了能够与实验很好符合的二次电子发射理论模型，这些研究工作对发展未来的高电荷束团电子枪和高平均流强电子枪均十分重要。

北京大学中子成像装置建成

我实验室 RFQ 加速器与中子照相研究团队研制的北京大学中子成像装置（Peking University Neutron Imaging Facility，简称 PKUNIFTY）于 2012 年 2 月 20 日通过了专家组验收。该装置由 2 MeV 氦离子 RFQ 加速器、靶站和热中子成像系统构成，目前该装置的快中子产额达到 2.4×10^{11} n/s，在准直比为 50 的情况下成像平面上的热中子注量率达到 2.35×10^4 n/cm²/s，空间分辨率好于 0.4 mm。该装置投入试运行后，已经取得了一批中子照相的图片。专家组的验收意见指出：“该项目建成了我国首台基于加速器的现场中子照相装置，系统地开展了针对碳/碳复合材料中子射线检测方法的研究，并实现了中子数字成像，获得了工程化应用的初步成果，具备了在中子照相无损检测方面推广的条件。”该团队将继续努力提高装置的性能，进一步开展多种材料的中子成像适用性研究，积极开拓该项技术在航天、航空等领域的应用，并在条件成熟时启动中子照相工业样机的研发。



铜锁（左）及其中子成像照片，中为灌油前，右为灌油后。

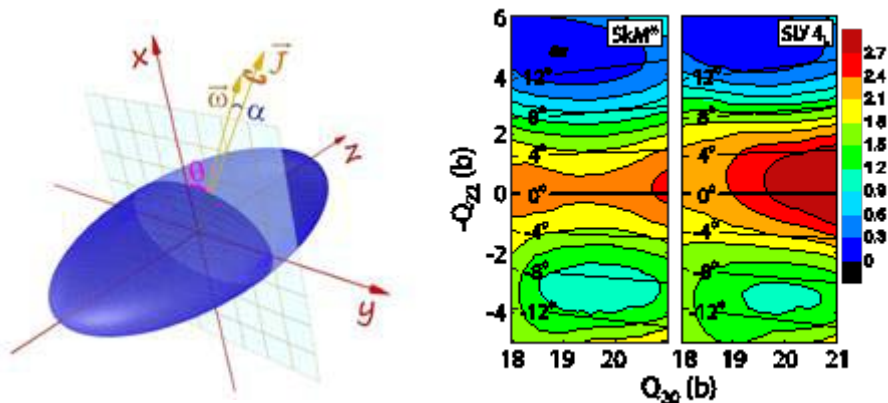


研究进展

高速转动量子体系转动取向的稳定性

核物理与核技术国家重点实验室博士生石跃、新引进的北大百人裴俊琛研究员、导师许甫荣教授及国外合作者在原子核高自旋理论研究方面取得重要进展。由于核物理实验技术的巨大发展，目前实验可以到达原子核自旋高于 $60\hbar$ 的极高自旋区域，这是宇宙中已知的转动速度最快的体系。对于这样一个高速转动体系，其中的物理会发生什么变化？

高速转动量子体系的转动取向 (orientation) 稳定性是一个基本的物理问题。许甫荣教授课题组与国际同行合作，基于微观 Skyrme 力自治地计算研究了 Er-158 原子核的高自旋态，发现在极高自旋区域，这个原子核会发生三轴形变。原则上，三轴形变核态的转动取向可以偏离主轴，但他们的自治倾斜转动计算发现：这个核的极高自旋态转动取向只能取其中能量最低的一个主轴，绕其它轴的转动是不稳定的，而此前的理论计算认为该转动态有绕不同主轴转动的共存。他们的计算很好地回答了最近的实验观察，定量解释了实验观察到的反常电四极矩。这项工作发表在三月份的国际顶级物理刊物《物理评论快讯》上 (PRL, 108, 092501 (2012))。

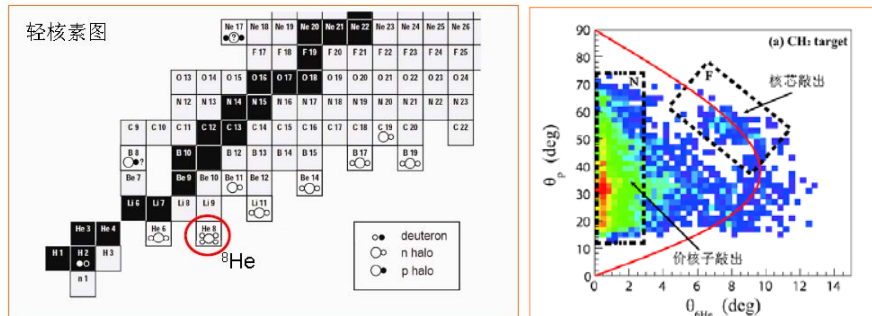


该工作得到“放射性核束物理与核天体物理”973项目及国家自然科学基金的支持。

我实验室在中子滴线核 ^8He 研究取得重要进展

核物理与核技术国家重点实验室放射性核束物理实验团队在中子滴线核 ^8He 研究中取得重要进展，最近部分结果发表在 Phys. Lett. B 707(2012)46-51 (Z.X.Cao, Y.L.Ye*, J.Xiao et al.)，标志该实验团队的研究工作上了一个新台阶。利用反冲质子标记方法，该项研究首次在中能区分出弱束缚奇特原子核的核芯敲出机制和价核子敲出机制，前者可用于直接探测基态集团结构和双中子结构，后者可用于更准确识别单粒子结构。文章并介绍了在区分机制基础上重建的 ^7He 共振态及其谱因子。实验测量在日本理化所的放射性束装置 (RIBF) 上完成，该团队牵头提出和主导实施了这项实验。

滴线区原子核的性质发生系统变化，特别是体积大大膨胀和在低密度下形成集团和分子态结构，以至出现费米子系统向玻色子系统的转化。目前实验室中已经产生的中子滴线核只到 $Z=10$ 以下，绝大部分中子滴线区尚未开发。因此对现有中子滴线核的研究受到特别关注，它们对未来奇特核研究也有指标意义。 ^8He 是所有已知的粒子稳定核里中子/质子比最高的原子核，具有丰富的单粒子和集团结构。本项实验工作是 ^8He 结构和反应机制研究的重要进展，并对其他中子滴线核的研究有指标性意义。



此项工作得到“放射性核束物理与核天体物理”973项目及国家自然科学基金的支持。

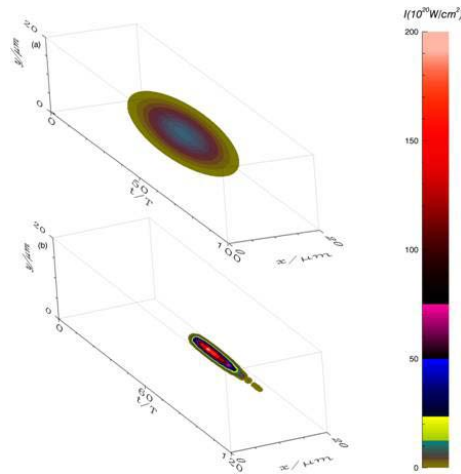
在顶夸克前后不对称性的研究中的新进展

美国费米实验室的CDF实验组于2011年1月在量子色动力学所诱导的顶夸克对产生过程中观测到宇称不守恒的反常现象，即顶夸克在对撞机的前后分布存在不对称性。虽然在粒子物理的标准模型中顶夸克前后不对称性可以由高阶量子干涉效应产生，但其理论预言值远小于CDF实验测量的中心值（超出3.4倍标准差）。这一反常现象也被D0实验组的独立实验所证实。除此之外，D0实验组还测量了顶夸克衰变产物中的带点轻子的前后不对称性，并且也观测到了偏离标准模型预言的反常现象。这些反常引起粒子物理学界的广泛关注。理论粒子物理学家们构造了许多新物理模型来解释这些反常。例如，轴矢流的奇异胶子模型，味改变中性流模型，味改变带电流模型等等。

物理学院的曹庆宏研究员及其合作者们对顶夸克前后不对称性和带点轻子前后不对称性进行了深入系统的研究，发现这两种反常之间存在着由顶夸克自旋极化所导致的紧密关联，并且指出目前的实验数据更加支持主要产生右手极化顶夸克的新物理模型，例如味改变带电流新物理模型。该工作受到了审稿人们的高度评价并迅速在 Phys. Rev. Lett. 刊物上发表 (PRL, 108, 072002(2012))。

激光等离子体透镜

北京大学物理学院核物理与核技术国家重点实验室颜学庆教授、陈佳洱院士、贺贤土院士与合作者近期在激光加速 - 强场物理中又取得了重要研究进展，发表了题目为“Laser Shaping of a Relativistic Intense, Short Gaussian Pulse by a Plasma Lens”的论文(PRL, 107, 265002 (2011))。研究中首次提出“激光等离子体透镜”的概念，用于提高激光的对比度、聚焦光强和脉冲整形，对强场激光物理的发展将产生重要影响。



激光透镜整形前（上图）后（下图）的激光分量分布

理论和加速实验研究表明，激光加速梯度可以达到 100GV/m 以上（比常规射频加速器高 3~6 个量级）。然而由于理论和技术的限制，激光加速离子的有效长度很短，实验中离子能量增益仅仅在几十 MeV 左右。该研究小组在前期的研究中发现超短超强激光与固体靶相互作用时存在一种稳相加速机制(PRL, 100, 135003 (2008); PRL, 102, 239502 (2009); PRL, 102, 239502 (2009))：即当激光归一化光强与膜片归一化厚度相当时，圆偏振激光可以如常规加速器一样对离子进行加速和纵向聚束，从而可以产生高品质的高能单色离子。通过国际合作，我们在多次实验中成功地证实了稳相加速机制的存在和优点（PRL, 103, 245003 (2009); PRL, 107, 115002 (2011)）。这些实验虽然证实了该方法可以大幅度提高离子束的能量、束流品质和束流强度。研究表明该方法加速质子到 100MeV 需要 1021W/cm^2 以上的聚焦光强，薄膜靶对激光的信噪比也提出了极高的要求 ($>10^{10}$ @ 10ps)，对高功率激光提出了苛刻的要求。

在最近的研究工作中提出在薄膜靶之前放置“激光等离子体透镜”的新方法，可以对激光脉冲实现很强的横向聚焦，大幅度提高激光光强，缩短脉冲上升时间和改善脉冲的对比度。审稿人评论认为这是一个新的突破: The present work undoubtedly breaks new ground and is of interest to many physicists. 这有望提供新的技术途径来提高激光的对比度或者降低薄膜靶对激光对比度的要求，同时大大提高激光的聚焦光强。三年级博士生王鸿勇和重点实验室优秀博士后林晨在该研究中做出了重要贡献。

该项研究得到国家自然科学基金杰出青年基金、基金委重点项目和 863 项目的资助。还得到了核物理与核技术国家重点实验室和北京大学应用物理与技术研究中心资助。

MeV 能区 $^{149}\text{Sm}(n,\alpha)^{146}\text{Nd}$ 反应截面的测量

核物理与核技术国家重点实验室张国辉课题组在中子核反应截面实验测量方面获得重要进展，研究成果“ $^{149}\text{Sm}(n,\alpha)^{146}\text{Nd}$ Cross Sections in the MeV Region”发表在 2011 年 12 月 16 日的《物理评论快报》上 (PRL, 107, 252502(2011))。

^{149}Sm 是主要的裂变产物核，裂变产额较高。 $^{149}\text{Sm}(n,\alpha)^{146}\text{Nd}$ 反应截面的确定，一方面对于核物理与核天体物理基础研究具有重要意义，同时对核能开发与核技术应用等有重要应用价值。该反应截面在 MeV 能区随能量快速变化，但由于余核是稳定的，不能用普通的活化法进行实验测量因而缺乏实验数据，导致不同的评价核数据库结果之间存在几十倍的差异。

张国辉课题组采用高效率大立体角粒子探测器（双屏栅电离室）与大面积双样品相结合，在 MeV 能区 5 个中子能点，对上述核反应截面进行了系统的测量与分析，获得了可以重复的实验结果，测出了小到 50 微靶的核反应截面。结合理论分析，得到了从热能区、共振能区到 MeV 能区可靠的激发函数。该工作填补了 MeV 能区该反应的实验数据空白，澄清了国际上不同评价数据库之间的巨大分歧。

本工作是与俄罗斯 Dubna 联合核子所以及美国 Oak Ridge 国家实验室等单位合作完成的，其中核物理与核技术国家重点实验室（北京大学）为第一完成单位。全部实验工作在北京大学物理学院重离子物理研究所 4.5 MV 静电加速器上完成，获得了国家自然科学基金与核数据重点实验室项目资助。

本课题组十多年来长期与俄罗斯 Dubna 合作从事快中子核反应实验研究。基于北京大学 4.5 MV 静电加速器，不断改进实验方法、提高测量精度，对一系列轻核、中重核与重核的(n,α)反应进行了实验测量与理论分析。他们的实验结果被国际原子能机构的 EXFOR 数据库收录，迄今收有 20 个核反应、46 套核反应数据。

BESIII 观察到一个新的强子态 $X(1870)$

寻找非常规强子态（多夸克态、混杂态和胶球态等）是高能实验研究的一个重要研究课题。BESII 实验观察到的 $X(1835)$ 被认为是可能的赝标量胶球的候选者。近日，北京大学物理学院和核物理与核技术国家重点实验室博士生刘坤及其导师冒亚军教授，与中科院高能物理研究所金山研究员合作，利用北京谱仪 (BESIII) 所收集的 225M J/ψ 数据，在 $J/\psi \rightarrow \omega\eta\pi\pi$ 衰变过程中首次以 7.1 σ 观测到一个新的 $\eta\pi\pi$ 共振结构 $X(1870)$ 。该共振结构被认为可能是的赝标量胶球候选者 $X(1835)$ 在 J/ψ 强衰变过程中的对应产物。除此之外，在 $\eta\pi\pi$ 的不变质量谱上还观察到了另一个清晰的赝标量胶球候选者 $\eta(1405)$ 的信号。对他们在 J/ψ 强衰变过程中的产生界面的首次精细测量将为他们是否是胶球提供最直接的判据。该工作发表在 PRL, 107, 182001 (2011) 上。

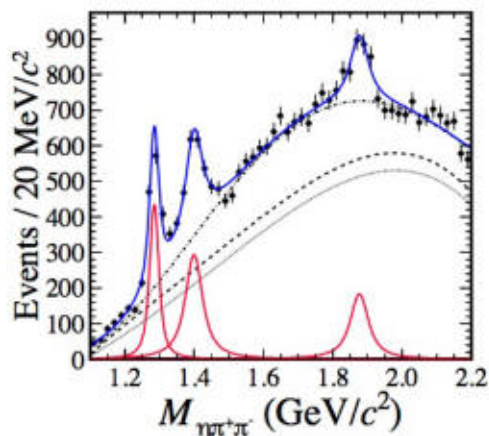


FIG. 4: Results of fit to the $M(\eta\pi^+\pi^-)$ mass distribution for events with either the $\eta\pi^+$ or $\eta\pi^-$ in the $a_0(980)$ mass window. The dotted curve shows the contribution of non- ω and/or non- $a_0(980)$ background, the dashed line also includes the contribution from $J/\psi \rightarrow b_1(1235)a_0(980)$, and the dot-dashed curve indicates the total background with the non-resonant $J/\psi \rightarrow \omega a_0^\pm(980)\pi^\mp$ included. $\chi^2/d.o.f$ is 1.27 for this fit.

北京谱仪 III (BESIII) 以及北京正负电子对撞机 II (BEPCII) 是对旧的 BESII/BEPC 的全面重大升级，其主要物理目标在于对强子谱学以及 τ -粲物理的研究。BESIII 从 2008 年 5 月开始成功取数，目前已经取得世界上最大统计量的 J/ψ 样本。北京大学物理学院高能组在冒亚军教授的领导下从探测器模拟软件的编写、分析软件的开发以及真实物理数据的分析等各方面全面参与了 BESIII 的工作。本文是 BESIII 探测器运行以来发表的第五篇 PRL 文章，同时也是 BESIII 合作组内北大高能组做出重要贡献的第二篇 PRL 文章。

原子核反磁转动现象的微观解释

2011 年 9 月 13 日出版的《物理评论快报》(PRL, 107, 122501) 刊发了物理学院和核物理与核技术国家重点实验室赵鹏巍(第一作者) 孟杰(通讯作者) 等人的论文“Antimagnetic Rotation Band in Nuclei: A Microscopic Description”，报道了该研究团队在原子核的反磁转动研究中的新进展。

原子核的转动现象一直是核物理研究中的重要问题。特别是上世纪九十年代，实验上在近球形核中发现了许多难以用传统的转动理论进行解释的类转动谱。随后人们认识到这是一种与传统电转动模式完全不同的新转动模式。由于它与铁磁体具有类似性，因此称之为“磁转动”。在此基础上，人们又类比反铁磁体的特性提出了原子核的“反磁转动”模式并得到实验证实。目前，原子核的反磁转动研究已成为原子核物理领域中最重要热点问题之一。

在过去的十多年中，孟杰教授所领导的团队一直致力于发展协变密度泛函理论并将之应用于描述和预言各种核物理现象。在本文工作中，采用他们历时多年发展的倾斜轴推转协变密度泛函理论，研究了 ^{105}Cd 中的反磁转动带，成功地再现了最新的实验结果，特别是首次给出了原子核反磁转动现象的自治描述及其微观机制。该研究工作得到了国家自然科学基金项目、教育部海外名师项目和国家 973 项目的资助。

本文第一作者赵鹏巍为物理学院 2007 级直博生。研究生期间曾获北京大学学习优秀奖、学术创新奖、廖凯原奖学金等奖励，先后在《物理评论快报》、《物理快报 B》等国际顶级期刊上发表文章，其中 2010 年发表在《物理评论 C》上的文章 Phys. Rev. C82, 054319 被 ISI 网站 Web of Knowledge 列为 “Highly Cited Papers”。

《加速器物理与技术评论》杂志发表我实验室长篇评论文章

应《加速器物理与技术评论》(Review of Accelerator Science and Technology , 简称 RAST) 杂志主编的邀请，我实验室陈佳洱院士、郭之虞教授、刘克新教授与城环学院周力平教授合作撰写的长篇 (29 页) 评论文章 Development of Accelerator Mass Spectrometry and its Applications 于 2011 年 12 月在该杂志发表。《加速器物理与技术评论》于 2008 年创刊，每年出版一册，不接受自由投稿，全部稿件均由主编在全球范围内聘请相应领域的专家撰写。此前该杂志曾于 2009 年刊登我实验室颜学庆教授与 Tajima、Habs 三人合作撰写的 28 页评论文章 Laser Acceleration of Ions for Radiation Therapy。四年来在该杂志上发表过文章的我国科学家还有上海应用物理研究所的赵振堂研究员。

编辑： 吴婧 王宇钢

电话：62755407

电邮：wujing0730@126.com