

高能物理

近年来,我国粒子物理学工作者在确认、检验和发展标准模型理论方面进行了系统而深入的研究。例如在层子模型基础上深入研究强子内部结构和相对论内部波函数;结合北京正负电子对撞机物理研究胶球和夸克之间的相互作用,量子色动力学应用到高能和低能区的唯象和场论方面的研究,弱电统一模型理论中参数性质和本质的研究, τ 轻子性质和普适性的研究;弱电统一模型的精确检验和高级修正效应的计算,Higgs粒子唯象和弱电对称性破缺机制的研究等方面都做出了一批有相当水平的工作。同时,在规范理论和量子场论、超弦理论以及由此发展起来的低能场论等基本理论的深入探讨也取得了很大进展,对与场论研究相关的场-Baxter方程及量子群以及一些有兴趣的数学物理问题也做出了可喜的成绩。所有这些成果得到了国际同行们的好评和重视,在国际竞争中占据一席之地。

宇宙线研究方面除了1977年在西藏海拔5500米的甘巴拉山建成世界最高乳胶室并取得 10^{15} — 10^{17} eV能区超高能研究成果之外,80年代以来建立了怀柔、果玉山、羊八井和郑州等4个广延大气簇射和大气切仑可夫甚高能 γ 望远镜等探测设备,并取得一批成果。

核物理

HI-13 串列核物理实验室的建立开辟了我国低能核物理发展的新阶段,原子能院、近代物理所等单位开展的重离子物理、快中子物理、核技术应用等领域的工作都取得了重要的成果。

核物理实验研究在快中子(7—13MeV)和核作用的核数据测量方面居国际领先地位,在重离子核反应以及核的高自旋态研究等方面取得了丰硕的高水平成果。

核理论研究十分活跃,在强子的夸克模型、夸克自由度在核中的表现、热核的形成和衰变、中高能重离子反应等前沿领域都做出了有特色的工作。

核技术应用得到蓬勃发展。放射性同位素及其产品、辐照加工、工业用核子仪表等每年有成亿元的产值,在农业应用方面取得三项世界第一:辐射育种品种数、播种面积和粮食增产,核测井技术在石油和其他矿产勘探和开发方面产生很大的经济效益。

在反应堆工程技术方面,1991年12月15日泰山30万kW压水堆核电站并网发电成功,开始了我国核能和平利用的新篇章,裂变—聚变混合堆的开发已列入“863”新能源规划,带动了一批关键工程技术研究。

引力与相对论天体物理

在引力的经典理论方面,我国学者指出了国际上曾一度

中国物理学各分支学科近十年的进展

中国物理学学会通讯 编辑部



认可的几个奇异时空边界定义的致命缺陷;建立了多种求解爱因斯坦方程的方法,得到了一大批严格解;阐述了谐和条件在爱因斯坦引力论中的特殊地位;研究了引力场的能量动量张量的表述问题;利用广义相对论预言了许多引力效应。

在引力的量子理论方面,主要研究了弯曲时空量子场论和量子宇宙学。在国内较差的实验条件下取得达到或接近国际先进水平的结果。引力实验的开展还推动了我国精密测量事业的发展。

我国自行设计、制造和安装了一批大、中型观测设备。例如密云射电望远镜、北京2.16米光学望远镜、青海毫米波射电望远镜、上海1.5米光学天体测量望远镜、甚长基线射电望远镜等,从而结束了我国缺乏大型观测设备的历史。

粒子加速器

十年来建成北京正负电子对撞机(1984—1988)兼同步辐射光源、兰州重离子加速器(1987—1988)、合肥同步辐射光源(1984—1990),形成了我国高能物理、中能核物理和同步辐射研究的实验基地。此外,1986年在中国原子能所建成串列式静电加速器,1992年在高能所建成35MeV、60mA的质子直线加速器,北京大学重离子物理研究所建成 2×6 MV和 2×1.7 MV串列加速器各一台。在这些加速器上开展了广泛的基础和应用研究。束能量为1—8MeV、流强5—900kA的高功率束加速器已有十几台,应用于强激光、聚变、核辐射效应等研究。还有几台自由电子激光器在研制中。

2MV/10mA高频高压加速器已由上海先锋电机厂生产了近十台,中科院科福公司的2.3—5MV/20mA同类型加速器已投入运行,辐照加工技术正在形成产业化医用电子直线加速器已有数十台投入临床应用。高能所还帮助韩国建成一台60MeV电子直线加速器,用做同步辐射储存环注入器的前级。

原子分子物理

为了适应科学研究的需要,1987年建立了中国原子分子物理数据联合体,促进了原子物理研究的发展。激光器和加速器正式成为实验研究的主要手段。电子束、离子束、原子束、分子束以及重离子加速器和同步辐射装置的相继建立,为实验工作提供了更多的条件。利用ECR(电子回旋共振)离子源开展了高离化态离子与原子碰撞激发态的研究工作,利用高分辨激光光谱,已经测量出一批重原子(主要是稀土元素)的同位素位移和超精细结构常数,在光谱数据的积累中作出了贡献。在激光分离同位素和痕量元素探测的推动下,开展了原子里德堡态和自电离态的测量和相应的理论工作。在X光激光研究的推动下,进行了原子高离化态的测量与理论计算,结合国防科研的需要,开展了独具特色并富有成效的高温高压下原子分子结构与状态的研究。作为与化学物理的交叉,1982年在大连的学术会议上,第一次提

出了以态-态反应为中心的分子反应动力学研究,现在已建立了分子反应动力学国家重点实验室,开展了大量实验工作,态-态反应的研究,已列入国家的攀登计划。

量子光学

量子光学的主要内容是在量子电动力学的框架内研究光场的量子统计特性以及光场与物质相互作用,特别是非线性相互作用所呈现的量子效应。国内量子光学的研究起步稍迟,但近年来蓬勃发展,无论在理论上或在实验上都已取得重要的进展。近年来主要的成果有:在理论方面,相干态理论、光场的非经典效应、压缩态和光子数压缩态的产生机制和性质的探索等取得了重要的成果;在实验方面,亚泊松光子统计的验证和微球激光器中腔内量子电动力学效应的研究和压缩态光场的产生等均在国际上有一定的影响;在光的力学效应方面,偏转原子束、驻波光场中慢原子的受力等研究取得重要的成果。

波谱学

近十年来,波谱学工作进展顺利,在磁共振波谱学基础和应用两方面均有可喜的成果。在固体高分辨核磁共振(当前的前沿课题)、动态极化、多量子核磁共振、章动核磁共振、光泵原子核极化、核磁共振的理论研究和应用研究(化学应用最为活跃)等方面都有高水平的工作。武汉物理所利用电子和核之间的极化转移研制成的目前国际上工作频率最高的装置,已用它进行煤、热解纤维素等方面的研究工作。

电子顺磁共振在自由基反应动力学、吸附表面、固体缺陷、导电聚合物以及自由基生物学和自由基医学方面的应用,取得了不少成果。在顺磁仪器方面也有不少进展。

质谱学

近年来,在同位素质谱领域中,我国高精密度铀同位素分析的水平与国外先进实验室的分析水平相比毫不逊色。随着我国核产品不断进入国际市场,对超低丰度同位素杂质分析提出了很高要求,如 UF₆ 中痕量 ²³⁵U 丰度测定的检出限优于国外文献报道值,²³⁵U 检出限达到国际先进水平。

在同位素地质年代学和稳定同位素地球化学应用方面,由于钐-钐法的发展,使地质年代学的纪年水平达到了新的高度。我国质谱工作者测得的钐、铈原子量已被国际原子量委员会采用。

在无机质谱分析中近十年来火花质谱的应用和研究不断深入和提高,如对人参进行分析,测出人参中发挥奇特药效的微量元素。我国是世界上第二十一个获得奥委会承认的有资格检验兴奋剂的国家,其主要检测技术之一便是质谱分析。

半导体

除了半导体超晶格工作以外,半导体表面和界面物理研究在谢希德教授主持下取得了很大的发展,对解理表面和极性表面、共价和 III-V 族半导体表面、各种金属硅化物、半导体-半导体界面、半导体-绝缘体界面都进行了系统而深入的研究,取得了一系列成果。对 GaAs 中的 EL2 深中心的性质从理论和实践上进行的深入的研究,对 AlGaAs 中

的 DX 中心进行的研究、对氮的引入在晶态 Si 和 GaAs 中的钝化效应及其对肖特基势垒的影响的研究等,都受到国际上的重视。

用高分辨率的光电导谱和高灵敏的光热电离谱,对超纯 Ge 和 Si 中的残余杂质态和价带的精细结构,以及对半导电体中 d 电子的离子间跃迁的研究,对非晶半导体中光感生的亚稳态缺陷、各种非晶半导体超晶格、准周期超晶格的特性研究都取得了新的进展。

1992 年 8 月 10-14 日在北京召开了第 21 届国际半导体物理会议,这是第一次在一个发展中国家举行的此类会议。

表面物理

我国表面物理的研究始于 70 年代末,目前理论研究在表面结构的计算及分析、表面与界面电子性质的研究、吸附表面结构的理论分析等方面均已达到国际同类研究的水平。在实验研究方面,分子束外延技术十年来已从无到有并有了飞速的发展。国家表面物理实验室、物理所等单位研制的多量子阱红外探测器和 InGaAs/GaAs 量子阱激光器已达到了目前的国际先进水平。薄膜生长方面,研究成果较为显著的是高温超导薄膜、磁性膜以及金刚石膜的生长和机理研究。最近若干年内,对一系列催化剂的变化情况进行了系统的研究。在表面结构、组份等的微观分析方面,已拥有 FIM(场离子显微镜)或原子探针 FIM6-7 台。STM 方面,已有超高真空 STM 数台和大气中操作的普及型 STM 许多台。

非晶态物理

十几年来非晶态物理学科领域进一步扩大,非晶态半导体和非晶态金属合金,纳米晶合金、快淬稀土永磁合金、机械合金化等新材料、新工艺不断出现。非晶半导体的基础研究正向纵深发展,对沉积原理、热平衡和亚稳效应、输运现象及界面等的研究都在逐步深化。器件的开发应用领域正在拓宽。除了非晶硅太阳能电池外,近几年开拓了各种非晶硅器件的开发研究;同时,配合器件应用而提出来的紧迫问题-材料和器件的稳定性问题,吸引了更多的注意力。在非晶态金属材料的开发应用方面有相当大的进展。例如,建成了百吨级铁基非晶态合金中试线,生产的产品性能达到了世界名牌的水平,突破了非晶态合金制备过程中的自动卷取技术难关,成为 1988 年我国十大科技新闻之一。

磁学

在新型稀土-铁永磁材料方面,1984 年物理所与电子所合作,在国内首先研制成功 Nd-Fe-B 磁体,达到国际先进水平。从 70 年代末到现在,北京大学对新型稀土永磁材料进行了系统的探索研究,他们最早合成富铁三元稀土铁化合物。首先把氮(或碳)加入不同类型的稀土-铁金属间化合物,物理所研制的亚稳态铁基稀土合金系列的磁性能处于国际领先水平。

在新型薄膜的研究方面,发现克尔转角高达 2 度,有可能成为第二代磁光盘的材料。多层磁性膜的研究工作迅速发展,山东大学和南京大学首先测量到多层膜饱和磁化强度随

非磁性层厚度变化出现的振荡现象。化学所合成了两种铁磁性聚合物,证明铁磁性确实来自有机物,有助于排除国际上的疑虑和争议。

磁性理论的研究方面,微磁学的研究成果已如前述。此外,对磁晶各向异性的理论计算、单层 Fe 磁膜的磁晶各向异性的计算、稀土磁性合金的电子结构的计算,都取得重要的成果。

电 介 质

80年代初,我国首次发现在 LiNbO_3 晶体掺入大于 4.6mol% 的 MgO 可提高抗光折变性能两个数量级以上,引起了国际上的重视,被称为“中国之星”。不久我国又发现熔体中富锂时生长的 $\text{LiNbO}_3:\text{MgO}$ (5mol%) 的晶体具有更高的抗光折变性能。目前我国已有四、五个单位初步做出具有非线性光学性质的有机化合物材料。利用多种手段研究了多种铁电晶体的相变,在 LiNbO_3 中发现了类相变,在三种典型的高温氧化物超导体中也观测到这种类相变。十年来驻极体的研制和应用发展很快(至少有 15 个单位参加)。1987年出现了性能更好的无机二氧化硅薄膜驻极体,它可以在集成化、微型化上获得大的飞跃,两年前同济大学坡耳实验室已制成这种驻极体。第七届国际驻极体会议(ISF7)决定第九届国际驻极体会议 1996 年在中国召开。铁电薄膜 1987 年国际上取得了划时代的进展,它可望与半导体 Si 和 GaAs 兼容以制成光电子学器件。我国至少有 7 个单位从事这一研究。

低 温 物 理

除了高温超导体的研究成果以外,我国低温物理的其它方面近十年来也取得很大发展。关于低温技术,我国有了自制的稀释致冷机,进入 mK 温区;对液氦流态瞬时密度的测量和理论研究已为航天事业作出贡献。在合金超导体研究方面,材料制备及其磁体应用、器件及其应用都有相当进展,例如,在国内运转的超导磁体不少,其中就有我国自己制备的,其中包括用于 NMR 成像的大型超导磁体(0.6T)和实验用超导磁体(12T)。我国已成功地制备了利用 Josephson 效应的电压基准;基于 SQUID (超导量子干涉器件)的磁强计攻关研制项目已完成。

高 压 物 理

在高压的产生和测量方面,吉林大学、物理所、中国科技大学先后建立 100GPa 以上金刚石压砧装置;西南流体物理所建立了 500GPa 以下动高压装置并在近两年建立了“冲击波物理和爆轰物理”国家实验室;在高压的标定、高压下一些物性的测量都取得了系统的成果。在高压物态方程方面,理论计算结果和实验测量相当符合;利用静压设备测量了多种材料的固液相变等等。

在高压变态方面,吉林大学获得含稀土氧化物的高温高压相种;物理所在高压下获得直接从液态慢冷下来的非晶态;高压技术在氧化物高温超导体和准晶物质的研究中也发挥了作用。在高压合成超硬材料方面,分析了高压高温下界面结合状态中的各种过渡状态,进而研制成新型高级大颗粒多晶金刚石;采用石墨中掺微量 B 合成硼皮金刚石,比一般黄色金

刚石的抗氧化性高约 200℃;获得最大晶粒为 1.6mm 的大颗粒立方氧化硼单晶。还成功合成出 $\phi(6-12)\times 5\text{mm}$ 的宝石级翡翠宝石。近两年在吉林大学建立了“超硬材料”国家实验室。

内耗与超声衰减

在非线性内耗方面,中科院内耗与固体缺陷开放实验室在葛庭燧领导下对晶粒间界内耗进行了系统而深入的研究,发现了正常和反常振幅效应的温度内耗峰等非线性弛豫现象。近年来,他们又发现了位错与点缺陷交互作用所引起的一系列非线性的滞弹性内耗弛豫谱。因此,葛庭燧提出了新的非线性滞弹性领域,在国内学术界产生很大反响。南京大学王业宁在国际上最先发现了马氏体相变内耗的实验规律并提出了机制,近年又深入研究了相变的瞬态内耗,使这一内耗具有更明确的物理图像。中山大学等单位也在相变内耗方面做了系统研究。此外,上海冶金所等单位在与点缺陷有关的内耗和超导材料中的内耗等方面进行了系统的研究。

近十年来,内耗与固体缺陷开放研究实验室利用一批频谱齐全、水平先进的内耗测量设备,做出了一批高水平的研究成果。1989年第九届国际固体内耗与超声衰减学术会议在北京召开,葛庭燧主持了会议并获内耗与超声衰减国际最高奖。1993年在意大利召开第十届国际内耗会议,国际委员会中有我国 4 名教授。

液 晶

1969 年我国开始液晶的研究。近十年在形成具有一定生产规模的液晶工业的同时,液晶基础理论的研究也取得了可喜的成果。在液晶的弹性形变、分子统计理论、相变理论、电磁流体力学、非线性光学以及非线性波等方面,理论研究正在向纵深发展。我国已能合成数百种单体液晶材料,近几年已能小批量生产显示器件用以及热变色用的液晶,跨出了此类液晶材料国产化的可喜的一步。在分子液晶研究方面,我国起步较晚,但成果甚佳,如在梳型高分子液晶的有序性方面提出双有序参数的概念等。生物液晶研究在我国一直非常活跃,在生物膜理论方面,从理论上预言存在半径比为 $\sqrt{2}$ 的环状生物膜的论文在 1990 年发表以后,很快被法国的实验室证明。在液晶应用研究方面,已在市场出售的液晶应用研究成果有各种显示器、用于温度显示和微波强度测定的热变色胆甾相液晶膜、液晶气相色谱固定液等。

相 图

近十年来,从我国相图研究的体系看,多数属合金、熔盐和氧化物体系,但也有相当数量的工作涉及水盐体系和岩石、矿物以及化工领域,在各个体系中组元涉及稀土元素者几乎占总数的三分之一。物理所、金属所、硅酸盐所、广西大学、北京大学等多所高等学校结合稀土永磁材料、锂离子导体等实用材料进行的相图研究取得了重要的成果。庄育智和张敬敏应聘为美国金属学会和国家标准技术研究所负责协调的国际相图资料计划的特邀编辑,由他们评估的相图已被收进 ASM 1990 年再版的《Binary Alloy Phase Diagrams》。此外,这期间还出版了有关相图资料和理论的特集或专著多部。

电子显微学

十年来,电子显微学在我国的发展突飞猛进。在电子衍射方面,发展了微衍射的分析方法及其在晶界研究上的应用,提出新的获得大角度会聚束电子衍射和新的会聚束电子衍射成像方法;在高分辨电子显微术方面,提出了一个新的像衬近似理论;在分析电子显微术方面,发展了高空间分辨率微分析技术。还发现了固体材料的多种准晶相。有关的情况已见前述。

电子显微学在高温超导体、半导体、合金、陶瓷等材料的结构研究中发挥了重要的作用。例如,最早发现了 Bi 系超导相无公度调制结构。此外,在薄膜中的分形研究、电子束辐照研究中取得许多新的结果。

1992年8月电子显微镜分会主办了第五届亚太电子显微学会议,到会代表400余人,交流论文462篇,显著超过了历届同类会议,会议期间都可信当选为1993—1996亚太电子显微学会联合会主席。

发 光 学

近年来,发光学在基础理论研究方面逐渐集中到以激发态过程为核心的领域,发光学与光电子学、农业、生命科学相互交叉产生新的应用。在发光物理方面,中国科技大学在同步辐射加速器实验室建立了配套的时间分辨光谱和光化学等实验站。中国科学院长春物理所开办了“激发态物理”开放实验室,为发光学的基础研究创造了先进的条件。此外,在半导体光学非线性、新型光存储材料以及有机材料光学性质的研究等方面取得了较大进展。在发光材料的应用方面,高效稀土三基色节能灯用发光材料的出现,被视为照明工程上的一次革命,从事这一研究的有几十家单位。天津理工学院材料物理研究所提出薄膜电致发光在有源区以外加速电子的新原理和方法;7.5平方米的大型矩阵塑料电致发光显示屏已经用于人民大会堂会务信息的终端显示;在X射线发光材料方面制备了氟氯化钡等新材料,增感速度提高5.7倍;利用CdS超微粒的光学非线性研制成ps量级双稳器件;长春物理所研制成功作物生长增光素或称光助素,使作物增产10—40%、果菜类增产15—30%。

光 散 射

在喇曼散射领域的工作主要集中在半导体、介电晶体和高温超导体等的声子谱研究。如对一系列混晶半导体中光学声子的双模行为进行了系统深入的研究,一些单位在GaAs/AlAs等超晶格中光学声子限制模的特性等方面的工作受到国际同行的重视。对周期和准周期Nb—Cu以及非晶硅超晶格的研究也很有特色。在YBaCuO超导体中发现了结构相变,在钽酸锂和铌酸锂晶体铁电相变中发现兼有有序—无序和位移型的证据,此外还发现了一系列压致结构相变。表面增强喇曼散射是国内光散射研究的热点之一,在机制和规律、方法和条件、特殊表面和吸附物质、界面结构等方面做出了出色的成果。布里渊散射方面,在反平行磁化的双层膜中发现了新的自旋波模式;在周期及准周期金属和非晶半导体超晶格中研究了声波的传播特征。非线性光散射方面也取得了大量成果,在受激喇曼散射、受激布里渊散射等方面的研究

都很有特色。

基础光学和声学

中国光学学会涉及的光学专业大体上可分为三个层次,即光学工程、应用光学和光物理。和物理学重合的除了光物理外还有光学工程和应用光学的物理基础,可以把这些内容称为基础光学。目前我国开展基础光学研究的单位约有80个。研究的领域有新的光学系统设计理论和方法、光学信息处理、激光物理、非线性光学及其晶体材料、量子光学、瞬态光学、激光核聚变、激光等离子体物理、X射线激光、红外物理、大型天文食品及自适应光学等。

中国光学学会现有会员9300人,其中专业倾向于物理者约占1/5(许多人同时为物理学会会员)。学会下设15个专业委员会,其中与物理学直接或间接有关者约2/3。光学学会还和物理学会合办有关的国际会议。

中国声学学会是1985年由物理学会下属声学学会和中国电子学会下属的应用声学学会合并而成的,中国声学学会下设9个专业委员会,有会员2800余人。学会每年组织7—9次学术交流会,参加者约500人。

近年来在我国召开了第三届西太平洋声学会议、国际物理声学会议、国际海洋声学会议(以科协名义)等国际会议。特别值得一提的是1992年在北京召开的14届国际声学会议,参加者有30多个国家和地区的学者1000多人,交流论文近千篇,其规模之大、内容之丰富、论文数量之多,在国际声学会议上是不多见的。

高锦岳等人首次做出无粒子数反转放大实验

世界各国科学家探索20多年的一项科学实验——无粒子数反转条件下的光放大,在吉林大学物理系实验成功,并于去年通过了由国家自然科学基金委员会主持的专家评议。

这项实验是由吉林大学物理系高锦岳教授主持的科研小组,经过三年多的努力获得的。在国家自然科学基金委员会主持的专家评议会上,专家们认为,由吉林大学物理系高锦岳教授主持的课题组研究的无粒子数反转光放大实验是成功的,是激光物理和量子光学中的开创性实验,是激光物理基础理论的重大突破,在世界上尚属首次。

自从第一台激光器问世32年以来,人们已经制造出千百种不同类型的激光器。目前,除了同步辐射等少数激光器以外,各种激光器都要在有粒子数反转的条件下工作,这种方式对激光工作物质的选择和激光波段的开拓带来很大的限制。尤其在光和短波长区域,问题更加突出,因为光的波长越短,实现粒子数反转越困难。高锦岳教授等人在钠原子中第一次观察到无粒子数反转条件下的光放大讯号的实验证明,当利用相干光去激发原子时,在适当条件下,不需要粒子数反转也可以获得光放大。

高锦岳教授主持的这一实验在国际上引起了强烈反响,先后在4次国际学术会议上报告,受到国际同行专家的高度评价和极大重视。不久前在奥地利维也纳召开的国际量子电子学会议和在美国佛罗里达召开的原子相干学术讨论会上,这项研究成果更引起各国学者的极大关注。

(贺天民)