

(三) 学科政策

1. 加强应用数学的研究

这里所说的应用数学研究,是指以解决某一类实际问题为目的,或背景的数学研究,并不限定使用那个特定数学分支为工具。

我国近代数学的发展是从几个抽象学科开始的,应用数学发展则晚得多,也一直比较薄弱,需要很好地重视和支持。为鼓励更多人从事应用数学的研究,一定要在成果评价、职务评定等问题上,按照应用数学本身的特点,贯彻多途径、多标准的方针,而不是只看数学理论上有无“创造性”。

2. 加强跨学科人才的培养

H. Houtman 是马里兰大学的数学博士,1985年由于在X射线结晶学方面的工作获诺贝尔化学奖。在我国,这种既懂数学,又懂另一门科学的人才极其缺乏。更糟的是,我国工科及理科非数学专业,所用的大学数学课本几十年没什么变化,因而这些毕业生数学修养相当差,工作后很难再学更多的数学工具,这对我国科学技术的发展是十分不利的。

我们认为,要加强理、工、农、医各科的大学数学课程,可以根据不同专业有选择地开有关数学课;鼓励数学系毕业生再修其它学科的学位,或转向其它学科的工作;其它学科也可根据需要,有计划地选派一些青年人再学一些数学;也可以联合招研究生,或对有的专业采取联合办的办法培养双学士学位的大学毕业生;此外大学里应该允许学生转专业。相信这些措施对各科的发展都是有利的。

物 理 学

物理学调研组*

一、物理学的地位和作用

物理学是自然科学中最基本的科学,它研究物质运动的最一般规律和物质的基本结构。其研究领域跨度很大,在尺寸标度上,从基本粒子的核子世界到整个宇宙;在时间标度上,研究范围从小于 10^{-21} 秒的短寿命过程到宇宙纪元。物理学的独特成就使人类的知识发生着根本的变化,各种新技术在很大程度上是物理学的产物。物理学所揭露的新的概念和事实,已成为人类对周围世界认识的不可分割的部分。更重要的是,它已经直接地影响到社会的生产和生活,成为当今世界正在形成的新的生产飞跃的重要基础和组成部分。

(一) 高能物理学(又称粒子物理学)

高能物理学是探索微观物质世界的最前沿的科学。

基本粒子从 30 年代的电子、质子、中子、光子和中微子发展到今天已经有数百种之多,而

* 调研组成员: 叶佩弦 伍乃娟 甘子钊 吴钟立 杨福家 张肇西 黄涛 程明昆 麦振洪 蔡诗东 潘守甫

且早在 60 年代的实验就揭示了众多的基本粒子并不基本,所以人们已不再使用基本粒子这一名称,而统称为粒子,故通常将高能物理学又称为粒子物理学。

对于众多的粒子,根据它们的性质可以分为三类:强子、轻子和媒介子。强子是参与强相互作用粒子的总称,质子、中子、超子、 π 介子、 K 介子、 τ/ϕ 粒子等都属于这一类。此类粒子最多,占粒子种类的绝大部分。轻子仅参与弱相互作用和电磁相互作用,不参与强相互作用,它们是电子、电子型中微子、 μ 子、 μ 型中微子、 τ 轻子、 τ 型中微子以及这些粒子的反粒子。第三类是媒介子,它们传递相互作用,如光子传递电磁相互作用;四年前发现的 w^\pm 和 z^0 粒子是传递弱相互作用的中间玻色子;胶子是传递强相互作用的媒介子。

这样,目前阶段对物质结构的认识应是层子 (u 、 d 、 s 、 c 、 b 以及它们的反粒子),轻子 (e 、 ν_e 、 μ 、 ν_μ 、 τ 、 ν_τ 以及它们的反粒子)和媒介子 (γ 、 w^\pm 、 z^0 以及胶子)为处于同一层次的粒子,它们是迄今为止所观测到的组成物质的最小单元。至今,在现有加速器能量范围内还没有直接的实验表明它们具有内部结构。此外,实验还表明每一种层子具有三种不同的颜色,因此连同反层子应有 30 种,轻子有 12 种,媒介子有 12 种,共 54 种,加上 1984 年发现存在迹象但尚未证实的顶层子 6 种,就有 60 种。这些就是目前微观世界所探讨的对象。

探索微观世界奥秘的主要工具是加速器、探测器以及数据获取和处理系统。随着探索微观世界层次的深入,加速器的能量越来越高,规模越来越大。现今世界上加速器发展的总趋势是提高能量、提高亮度,而对撞机是主要形式。我国正在建造的北京正、负电子对撞机 (BEPC) 就是每个束流为 2.2 GeV 的正电子和负电子对撞机。

随着高能加速器能量的提高和对微观世界探索的深入,高能物理研究的规模也越来越大,耗资剧增。

高能物理学是一项典型的基础研究,但同时又是一门综合性很强的学科。高能物理学的进展在相当大的程度上依靠工业和新技术,它的发展程度也标志着一个国家的工业和技术水平。为了探索物质的最小单元,要用到许多尖端新技术。反过来,高能物理学的发展也大大推动工业和技术的发展。还有,高能物理学数据的获取和处理需要大型计算机,例如象我国即将建成的 BEPC,要处理的事例数约 1000 万以至于更多,这也对我国计算机的发展提出了更高的要求。

高能物理学的发展还对原子核物理、天体物理及宇宙学、统计物理、凝聚态物理、自动控制、光学、计算机科学、医学、生物学等有重要的影响。

电子同步加速器产生的同步辐射,由于它的强度大、准直性好,是凝聚态物理、医学、生物学等学科研究中极有力的工具。同步辐射的应用在国际上已引起了科学界和工业界极大的重视。

此外,高能物理学的发展在历史上还曾为军事、国民经济输送过大量的人才。

(二) 核物理学

核物理学是本世纪初才开始出现的一门新学科。它的诞生与发展对近代物理学及相关学科的发展起了极大的推动作用。而原子核能的发现更对近代技术科学的发展和国际社会产生了深远的影响。

核物理学既是一门深入探索微观世界规律的基础学科,又是最迅速地把基础科研成果转

化为技术、生产的近代学科之一。

作为基础学科,核物理学研究物质结构中比分子、原子更进一步的层次——原子核的组成、结构、运动及核与核之间的相互作用的规律。目前已可以初步描绘出原子核的容貌及相互作用的某些特征,但要真正认识与掌握物质结构这个层次的内在规律,还需经过艰苦的探索。

半个多世纪以来,核物理学一直是近代科学的前沿学科之一。通过核物理学研究,人们逐渐认识到:原子核的线度要比原子小五个量级,但原子的绝大部分质量和全部正电荷都从属于原子核。原子核是由质子、中子所组成。原子核既具有壳层结构特性又具有集体运动形态。放射性核或激发的非放射性核在衰变时会发射多种射线。在核相互作用时会显示出核物质及其结构的许多特殊性质,并产生新核素和多种基本粒子等等。也许更重要的是发现了两种新的支配物质构成和运动的作用力:强相互作用力与弱相互作用力。在此之前,人们只知道其余两种作用力:引力和电磁力。在研究基本粒子和寻求四种作用力的统一模式的基础上,从核物理学中派生出一门研究物质结构下一个层次的基础学科——粒子物理学。

(三) 原子分子和光物理学

光物理学和原子分子物理学是两个既有区别又有密切联系的学科。就研究的对象和方法而言,它们又互相交叉,以至难以明确区分,故又结合为一个分支学科。

原子分子物理学的研究对当代科学技术进步的巨大影响,首推 60 年代初激光的发现。正是人类对辐射与原子分子相互作用三种基本过程(吸收、自发辐射和受激辐射)的深刻认识和有关原子分子能级和光谱的大量数据积累,加上后来微波、光学和电子学技术的发展,导致了激光的发现和发展。

由于原子分子是物质结构的一个基本层次,因而原子分子物理学又是研究其它层次的基础(例如凝聚态)或与之有着密切联系(例如基本粒子)。因此,它又直接影响着凝聚态物理学、等离子体物理学、空间物理学、核物理学和粒子物理学、化学、分子生物学以至天文学的发展。

光学是研究光的基本性质,光的产生、传输、接收、显示及其与物质相互作用的学科。光作为物质存在的一种形式和物质运动的一种基本形态,光与物质相互作用的诸多领域的研究,仍然是物理学的一个重要分支,构成这里所指的“光物理”的主要内容。

光的量子论的提出,是光物理学研究对近代科学理论的最重大贡献。“量子化”概念首先是在光这种物质存在的特殊形态里,在光电效应的研究中提出来的。而后才延伸到物质的一般存在形态中并发展成近代的量子理论的。

光物理学对近代科技的最深刻最重要的推动无疑是激光的发现及由之而来的工业技术的进步。这里应特别指出的是激光这种相干光的出现又为光物理学注入了新的活力和新的内容,使光物理学的面貌为之一新。

激光的出现给光通信和光计算技术等光电子技术的实现带来现实的或潜在的可能性,同时又派生出例如激光化学、激光生物学这样一些重要分支。至于象激光核聚变、激光武器等更是当今发达国家投资强度很大的国防和科技领域。

(四) 凝聚态物理学

凝聚态物理学研究固体、液体、液晶和有序态物质的结构及其物理性质和规律。所研究的

对象可以是金属、半导体、超导体、准晶体、电介质、磁性物质等等。

凝聚态物理学建立揭示物质各种现象和性质的理论方法和研究物理现象的实验手段,以及由此而导致的一系列材料和器件的发展。

凝聚态物理学研究中发现的新现象、新效应为各种材料和器件的发展奠定了基础,以至开拓出新的技术和工业。

凝聚态物理的发展对整个科学技术的进步有着重要的意义,这主要因为:

1. 许多科学技术领域的发展,都是以材料科学的进步为基础,而凝聚态物理学是材料科学的主要基础。

2. 微电子技术的进步依赖于凝聚态物理学的发展。随着集成度的提高和元件尺寸的减小,提出了一系列带有根本性的凝聚态物理学的问题,解决这些问题是微电子学未来发展的关键。

3. 凝聚态物理学已渗透到其它学科中,一系列新兴技术领域提出了许多与凝聚态物理学有关的边缘学科。

(五) 等离子体物理学

等离子体是由带电粒子组成的具有集体运动性质的特殊物质形式,它与物质三态(固态、液态、气态)并列,称为物质第四态。等离子体物理学就是研究等离子体基本性质和规律的学科。

1. 天体和空间等离子体物理学

通常将研究地球附近(高度大约 50 公里以上直到 10 个地球半径范围内)等离子体物理性质的学科,称为近地空间等离子体物理学;如将研究范围扩大到太阳及太阳发射出来的带电粒子(如太阳风),则称它为日地空间等离子体物理学;研究更远的天体或星际等离子体现象的,叫做天体等离子体物理学。

宇宙 99% 处于等离子体状态。对太阳磁流体力学的研究进一步充实了等离子体物理学。类星体和脉冲星射电辐射的发现进一步引起了人们对宇宙高能等离子体物理的兴趣。60 年代空间观测发现了辐射带、磁层、太阳风,从根本上改变了人们对日地空间环境的认识。原来日地空间是一个由太阳、太阳风(行星际介质)、磁层和电离层组成并相互关联的庞大的等离子体系统。实际上,太阳风等离子体充满整个太阳系空间,形成所谓日层(Heliosphere)。绝大多数行星都有自己的磁层和电离层。对日地空间和整个日层等离子体物理过程的研究,形成了新的学科分支——空间等离子体物理学。

太阳是地球上生物活动的主要能源,太阳活动是引起地球生态环境变化的主要因素。太阳辐射总量的微小变化将会导致气候的剧烈变化(例如冰川时期的到来),乃至引起生物大规模毁灭。然而太阳活动对地球的影响,由于磁层和电离层的缓冲作用而大大减弱了。太阳紫外线和 X 射线在使大气电离形成电离层的过程中被大量吸收(剩下的紫外线又在臭氧层中几乎被吸收干净)。太阳风的粒子和能量通过和磁层相互作用被储存在等离子体片和环电流中。正是由于有磁层、电离层作为保护层而存在,人类才得以有安全和相对稳定的生态环境。然而,这种生态环境的安全性和稳定性是十分脆弱的,不断受到太阳活动、近地空间环境变化的威胁。最近发现南极和北极上空的臭氧洞,如果存在和扩展下去,势必导致气温增高和皮肤癌病人的急剧增加。此外,地球的天气过程和气候变迁,都与太阳活动和大气层同温层、电离层

的相互作用有联系。因此,研究太阳等离子体热核能量的输出和传输,研究磁层和电离层中能量的转化和分配,对于预测天气的长期变化乃至了解和保障地球生态环境都有深远的意义。

2. 聚变等离子体物理学

受控核聚变是一项重大的长远项目,其目标是开发核聚变能量。由于其原料丰富,污染少,运行安全等优点,故被认为是人类长远解决能源问题的理想途径。不仅如此,受控核聚变的研究也带动了一些高技术的发展。

由于进行受控核聚变研究的途径很多,除将要讨论的几种装置以外,还有反场收缩(RFP)、仿星器、紧凑环等。

聚变等离子体物理学是研究由脉冲电子束、离子束和静态电子气和离子气构成的等离子体的学科。近年来,美国研制成的强流离子束成为 SDI 的重要组成部分之一。美国还研制成了自由电子激光器,其输出波段在 X 射线区域。国外还利用等离子体的集体效应来加速电子或离子,构成了等离子体集体加速器,以代替通常的加速器。

静态的电子气和离子气的研究已形成独立的分支学科——非中性等离子体物理学,主要研究粒子输运和等离子的致冷。

3. 低温等离子体物理学

它是研究低温非热平衡等离子体和热平衡等离子体物理性质的学科。

低温等离子体包括接近热力学平衡的热等离子体和非热力学平衡的冷等离子体。低温等离子体的应用十分广泛。

(六) 声学

声音作为物质运动的一种基本形式,声与声、声与物质相互作用的研究,具有其固有的特性。声学是物理学中一个重要的分支学科。声学与其它学科的相互渗透,往往成为其它学科研究的重要手段,不仅促进其它学科的发展,亦推动声学进入更新的阶段。

声学具有自己的“波谱学”。目前整个声学研究的频率范围跨越 10^6 倍,是物理学任何一个分支所少有的。在材料科学中,声学物理的研究可为材料的研究和评价提供一些新的方法。低频的声波,随着频率的降低而波长增加,吸收衰减越来越小,穿透能力和传播距离大大增加,成为观察大气、海洋、地壳中许多现象的强有力的工具。现在,有些人已把声学技术列入探索物质三大技术(声学技术、电磁技术、粒子轰击)之一。声波穿透物质可以带来物质内部结构的信息,或改变物质的状况。目前的发展趋势是媒质种类不断增加,观察的深度、广度和取得的信息不断增加。

水声学与海洋开发、水下战争等密切相关。因为在海洋中,能够远距离传播的只有声波。因此,水声已成为反潜战中的主要侦察手段。超声在各种媒质中传播规律的研究,包括反射、散射、吸收等等的研究,在声学领域中也占有重要地位。超声诊断和治疗对许多疾病有极好的效果,在国际上也成为一个热门的课题。此外,声-光、光-声、声-电、电-声等相互作用和转化的研究,都在不断展现出广阔的前景。目前,语言声学在国际上受到特殊的重视,它已经渗透到信息科学领域中,并成为人工智能研究的重要内容。语言声学的研究将与第五代计算机的发展有着密切的关系。心理声学已经使近代声学的研究不断深入到人的思维和大脑活动。近年来,对听觉、语言方面进行的大量研究有不少进展,声学可能是人类最先突破人脑活动的禁区

的学科。

(七) 理论物理学

理论物理学在物理学中占有特别的地位,而且在发展物理学与其它边缘性学科和重大应用等方面起着重要作用。其特点是:(1)除了计算机之外,它不需要大型仪器设备。(2)工作周期短,竞争性强,发展非常迅速。(3)相对说来,比较容易走到世界前列,参加国际竞争,而困难的是能在国际竞争中占据重要地位,起先导作用。(4)由于竞争性强,发展速度快,故做出重要工作的经常是中、青年人。(5)理论物理学与近代数学联系密切,它不仅利用数学的最新成就,而且自从发现杨-米尔斯规范场以来,理论物理亦在推动近代数学的发展,因为它可以从物理实验和对自然界的直观观测中得到自然界的启示。

理论物理学肩负着人类认识物理规律,实现从现象到本质的飞跃的艰巨任务,大体可归纳为三个基本方向:(1)向物质结构,向小的时空结构,向高的能量尺度的方向去认识物质的各种特性和运动规律。(2)向大的时空结构,向宏观宇宙,向更远的时空去认识物质运动,探索宇宙起源和演化的问题。(3)从原子、分子到固体、液体,直至生物、生命起源,向物质运动复杂和高级的方向去认识物质运动。这三个方向实际上是互相联系渗透的,一个方向的发展常常会带动其它两个方向的发展。这些问题的研究还与哲学密切相关。

理论物理研究的另一方面的作用是在对物理规律认识的基础上,不断地揭示出发展重大新技术的可能性,而且为新技术的真正实现打好理论基础。

二、国内外现状与发展趋势

解放后,我国已逐步培养和建立了一支比较全面的物理学研究队伍。各分支学科都程度不同地开展了研究工作,取得了一批成果,对我国的国防和经济建设,尤其是在建立我国的原子能工业、航天工业、电子工业等方面都有重要的贡献。

值得注意的是,就物理学各分支学科来看,虽然我国从机构设置到研究队伍都有比较全面的安排,并无重大空白,但在学科比例关系上,一些分支学科明显薄弱。例如凝聚态物理、光物理和原子分子物理。由于巨型项目的投资,这些比例就显得更不协调。此外,基础研究与研究小组的素质有很大关系。国家基金委员会的资料表明,我国物理学做出比较优秀工作的研究小组数目近年来呈下降趋势。下边分学科来叙述。

(一) 高能物理学

我国高能物理实验研究始于50年代利用宇宙线开展工作。其后又在各地建立了一些较大型的装置和实验室,开展了一系列的研究工作。特别是1980年在西藏海拔5500米的甘巴拉山装置了乳胶室,研究超高能量(10^{14} — 10^{17} eV)的作用,受到国际同行的注意。近年来,又利用气球进行了宇宙线天体物理的研究。

自1957年中国作为成员国参加在苏联杜布纳联合研究所工作,至1965年中国退出为止,我国已培养了一批高能物理实验学家。特别是由王淦昌教授领导的实验所发现的 Σ^- 粒子,被公认为是该联合研究所10 GeV加速器上最重要的发现。1979年以后中国学者参与美国、西

德设在瑞士的西欧核研究中心等各大加速器上的实验工作,得到了不少经验。20多年来,在弱作用轴矢流部分守恒理论、散射理论的螺旋度展开,研究强子内部结构及相互作用的层子模型、非阿贝尔规范场的经典解、以及强作用、弱作用唯象理论和量子场论的大范围性质等方面的研究上,先后取得了重大的成果或相当重要的进展。在加速器、实验、理论三方面,都是依靠自己的力量建成了我国第一个高能物理基地。

80年代以来,美国、西欧、日本、苏联竞相建造大型高能加速器。例如1983年初发现的荷电中间玻色子和中性中间玻色子,就是在西欧中心的质子-反质子对撞机(SPPS)上发现的,其质心能量达630 GeV;美国费米实验室的质子-反质子对撞机(Tevatron)的能量已实现了每束900 GeV的对撞;日本的正负电子对撞机(Tristan)的每束能量为26 GeV。目前,还有些大型加速器正在争分夺秒地加紧施工,而且还在设计酝酿一些更大型的高能加速器。例如美国正在设计的质子对撞机SSC,每束能量为20TeV(1TeV=1000GeV)。估计耗资53亿美元。所有这些努力都是为了检验粒子物理中的标准模型理论以及寻找标准模型理论可应用的范围和粒子物理中超出标准模型的新现象、新物理。

粒子物理中的标准模型理论是指弱相互作用、电磁相互作用的统一模型理论和强作用中的量子色动力学理论。60年代格拉肖-温伯格-萨拉姆成功地将弱相互作用和电磁相互作用统一在 $SU(2) \times U(1)$ 模型理论中。1973年西欧中心的实验证实了这一模型所预言的中性流。从那以后,这一弱、电统一模型理论经受了实验的检验。特别是1983年发现的 w^\pm 和 z^0 ,对确立弱、电统一模型理论具有极为重要的意义。1973年提出的量子色动力学理论,10多年来经受了一系列的实验检验取得了很大的成功,有可能成为强相互作用的基本理论。近两年的一系列实验结果又再次肯定了标准模型理论的成功。同时,人们正在为超出标准模型理论作种种努力,例如大统一理论、超对称理论、复合模型理论、超弦理论,有的已为实验所排除,有的前途莫测。高能物理学家们正密切注视着刚刚完工和即将完工的一批加速器,也以期待的目光注视着正在酝酿的几台未来加速器,这些加速器进入了TeV以上的能区,在未来的几年中,实验必将揭示出标准模型理论的局限性,从而展现出新的物理学。

高能物理学家在注视着TeV以上能区的新物理同时,也重视对较低能区加速器所做的物理实验研究。这是因为为了检验和确立标准模型,人们需要更多更精密的实验验证。正在运行的有美国的SPEAR、CESR、PEP、Tevatron,西欧的SPPS,西德的DORIS,日本的Tristan。中国即将建成的BEPC是进行粲粒子物理能区工作最适合的加速器,目前在这一能区工作的只有美国的SPEAR,然而BEPC的设计亮度要比SPEAR现在运行的亮度高一个数量级,有可能在我国的高能物理基地上做出有国际影响的物理结果,使BEPC成为国际高能物理的一个实验中心。

(二) 核物理学

我国的核物理基础研究及应用基础研究有两支主要力量:科学院及部、委所属研究所和高等院校。

1. 实验核物理学

(1) 重离子核物理学

中国科学院近代物理研究所把1.5米回旋加速器改成重离子加速器,在我国首先开展了

低能重离子核物理研究。在重离子转移反应中发射 α 粒子机制、轻系统深部非弹性碰撞等工作中,已取得了接近国际前沿水平的研究成果。在重离子引起的熔合、裂变、远离 β 稳定线的核素研究等方面也做出了很好的工作。还在我国首次合成了超铀元素锔、镅等。在建造分离扇串列回旋加速器的同时,建成和正在建造八个大型实验终端,配备了相应的核电子学仪器和电子计算机等设备,为开展费米能区重离子核物理研究和进一步推进库伦位垒附近能区重离子物理研究创造了条件。

(2) 轻核反应

以原子能研究院、上海原子核所为主,在核力与少体问题、预平衡发射、大角反常散射等方面做了细致的实验工作,并与理论计算作了比较。

(3) 核谱学和核衰变

原子能研究院、近代物理研究所和上海原子核研究所都在这方面做了一些有益的工作,并已在束 γ 谱学的工作。近代物理研究所已开始远离 β 稳定线核素的研究。

(4) 中子物理

原子能研究院在中子物理、裂变物理等方面做了多年工作,取得很好的成绩。并与上海原子核所、原子核科学技术所、北京师范大学等单位一道进行中子数据测量与编评工作。

2. 核理论

核理论研究的单位较多,所涉及的课题范围也广,诸如相互作用玻色子模型、费米子动力学对称模型、对关联与集团结构、高自旋态、格林函数方法、生成坐标方法、共振群方法、自洽场方法、重离子反应机制、核内介子与夸克自由度、超核结构、多体问题核力与少体问题等。总的来说,在核结构模型及处理方法方面的研究多于对核反应机制方面的探讨。

3. 应用基础

国内较广泛应用的核物理技术为:穆斯堡尔谱学、离子束注入、离子束分析、正电子湮灭技术、核磁共振、活化分析、辐照技术等。将这些技术与其它学科结合,开拓了广阔的研究天地。目前,在物理学、化学、地学、生物学、医学、材料科学、农林学和环境科学等方面都有不同程度的应用。

国外核物理学发展概况。

1. 传统核物理

前期的核物理研究工作大多是在低能区进行的,对象基本上是常规的原子核,在探索和变革原子时多数用轻粒子作探针。后来,加速的粒子能量不断提高、质量不断增大,核物理的研究范围拓宽,重点有所转移。但是直至今天,传统核物理仍是一个重要阵地,特别是从理论角度看,低能加速器性能的改进和半导体探测器等的出现对此起了推动作用。

核力和少体问题仍是课题之一。少体核反应及末态相互作用,少体核的激发态等仍有不少人研究。极化束流和极化靶技术是一种颇有吸引力的新方法。

核谱学与核衰变的研究与原子核的能级特性密切相关。近年来,除常规研究外,尽量向极限方向拓宽。

对于巨共振的研究,以前只知道巨偶极共振。现在不但可观测到巨单极共振、四极共振,还观测到自旋共振态、巨磁偶极共振、巨伽莫夫-泰勒共振,最近还发现核颤动现象。

新的放射性类型的不断发现给核物理研究以极大鼓舞。早期人们只知道 α 、 β 、 γ 三种,以

后发现缓发中子、质子,近期观测到双质子、双中子发射。特别是最近观测到 ^{223}Ra 自发放射 ^{14}C , ^{232}U 自发放射 ^{21}Ne ,更是令人惊讶。

在理论方面,发展最快的是有关多体问题的模型方法和严格的核多体理论。

2. 重离子核物理

重离子核物理是当代核物理研究的重要前沿。60年代,各国纷纷把低能加速器改成重离子加速器。70年代,加速铀离子成功。从此,在原则上讲,周期表上所有元素的离子都能被加速,作为弹核去轰击靶核,从而大大拓宽了核物理的研究范围。起先,由于加速器限制,各国只能进行库伦位垒附近地区的重离子核物理研究。后来,美国加州大学(伯克莱)的加速器加速重离子达到亚相对论能量(1—2GeV/N),又开始了亚相对论能区重离子核物理研究。为了开展费米能区重离子核物理研究,各国纷纷新建这类加速器,如:北欧、印度等。而且各国现有的或新建造的加速器大都有向亚相对论能区甚至相对论能区扩展的计划。

费米能区的重离子核物理研究刚开始不久。在这样一个能区,入射重离子每核子能量可与核子在核中运动的费米能相比,平均场效应影响逐渐下降,但仍然存在,泡利原理的作用逐渐削弱,耗散由一体向两体或多体发展。这时,核反应会显示相当复杂的现象,原子核会激发到以前从未观测到的状态。人们会发现许多新现象、新机制。这是目前国际上最热门的研究区域。

另外,所有超铀元素都是用重离子核反应合成的。近期内连续合成了一些新的超铀元素106号、107号、108号、109号、110号,人工合成新元素的工作正在逐步地向理论预言的“超重岛”逼近。

人们还企求获得相对论性重离子(能量超过10 GeV/N)用以轰击靶核。这时有可能在超大块核物质中产生温度、密度远高于常规原子核的区域,从而导致夸克禁闭破坏,使核物质变成夸克-胶子“等离子体”,这是在地球上从未观测到的物质新形态。这对于研究强、弱相互作用力、基本粒子结构、核物质特殊性质、宇宙的起源等都有莫大助益。也可用以验证李政道所提出的不平常的核态这一假说,开辟未来一代新能源。

3. 中高能核物理

这是沿用下来的目前已不太确切的名称。它曾经是核物理学中处于最前沿的分支,自从粒子物理学从其中派生出去,已大大削弱了。但是,它处于核物理与粒子物理互相渗透的区域,有其特殊意义。

近期,主要是在中能区用电子、光子、介子、超子等作探针研究原子核的性质及原子核与基本粒子的关系。实验上的一个重要问题是要求成量级地提高次级粒子产额,以期达到较好的实验效果。美国曾在70年代建立过所谓“介子工厂”。现在仍然有一些国家筹划新的强流加速器或增建储存环。

(三) 原子分子和光物理学

原子分子与光物理在我国物理学研究中一直是偏于薄弱的分支。主要原因是这两门学科与当代重要的科学技术发展联系太密切了,而我们过去的组织管理又往往喜欢超越基础研究阶段直接或过早地去组织技术攻关和应用开发。于是,本来应该用在例如光物理方面的人力和物力,也被不恰当不适时地用去发展激光技术。从而造成对这两门学科的忽视。应当指出,这样做的结果,往往造成在技术攻关和应用开发上人力物力的浪费,以及“久攻不下”的局

面。虽然在 1978 年以来情况略有改善,但没有根本的改变。

原子分子物理学当代活跃的前沿:

结构研究 由于近年来能谱测量方法的发展和分辨率的不断提高,理论计算方法和计算技术的改进,结构问题的研究也日益深入。主要特征是对能级结构的了解更细致和定量,理论和实验的配合日益紧密。在结构研究中当前存在四个生长点。

(1) 激发态结构。当前的研究趋势,在实验上是要充分利用当代发展起来的各种高分辨能谱技术将丰富的激发态能谱揭露出来,获得主量子数 n 更高的里德堡原子(已能获得 $n > 100$ 的原子)。理论上已基本建立了统一处理束缚态和连续态的理论,并在与实验结果相比较的过程中不断加以完善。在原子结构方面,偏重高原子序数原子激发态的研究,不断总结和丰富激发态的能谱数据。同时,对包含各种离化态原子的高能量密度等离子体的研究也更加注意。在分子激发态结构方面,除电子激发外,还有振动转动激发和解离,因此将更为复杂,未开拓的领域也更多。

(2) 原子集团结构。当前主要开展包括不稳定分子和自由基在内的非稳定原子集团结构的研究。由于组成集团的原子数目可以很大,几何形态多种多样,因此研究的范围很广。方向是以量子理论为基础,探索和总结原子集团结合的规律、性质和集团的结构;探讨原子的结构如何随集团原子个数和几何形状而改变;分析原子之间相对运动的规律等。

(3) 超精细结构。主要目的是用微波波谱、超精确能谱和高分辨谱,更多更精确地发现和测量由同位素效应、高阶电动力学效应产生的能级的超精细分裂。这方面研究对原子频标、激光分离同位素等有重要意义。也可将“原子”作为“微观探头”,监测各种状况下物质的性质。

(4) “奇异”结构。指“原子”或“分子”的结构涉及 μ 、 π 或反质子 \bar{p} 等粒子时,该“原子”或“分子”的结构,例如反氢原子(positronium)就是属于这样的“奇异”原子。

碰撞过程 研究处在各种状态的原子、分子与不同能量的光子、电子、原子或分子的碰撞过程及其结果。可以是二体碰撞,也可以是三体以至多体碰撞。研究方向是,从理论上建立和发展计算这类多体量子力学问题的方法;实验上建立和发展各种交叉束碰撞技术,以精确测定各种碰撞截面。这个前沿有两个生长点。

(1) “完全”碰撞实验。指碰撞前入射粒子与靶粒子的量子态能够精确选定,碰撞后的量子态能精确监测。这样一类“态—态”之间的碰撞实验,是实验研究碰撞过程的主要方向,能提供全面而清楚的量子多体动力学的物理信息,同时也是化学反应动力学的基础。

(2) 量子碰撞理论。即发展量子碰撞理论方法以能定量计算各种碰撞截面,统一阐明各种有关过程的内在联系,可靠地预言碰撞过程的截面。目前,国际上碰撞研究的力量约占原子分子物理研究的 3/4。

环境效应 探讨外界环境对原子分子的物理及化学性质的影响。它存在两个生长点:

(1) 强场效应。研究外加静电、静磁或交变电磁场非常强以至不能作为微扰处理时对原子分子的影响。这方面的效应对于处在基态的原子是难以进行实验的,因为所需的外场高至目前实验条件所无法实现。对处在主量子数 n 很大的里德堡原子,目前是有条件进行实验的。原因之一是原子的 n 愈高,出现强场效应所需外场愈低;另一原因是由于利用高分辨激光光谱技术,人们可以观测这样一些 n 很大的里德堡原子。

(2) 稠密效应。要探讨周围原子密度变得很高时所引起的物理性质的变化。这方面研究

与高压物理、等离子物理等相互交叉。在探索未来能源的受控热核聚变研究的惯性约束方案中,将要求精确了解高密度部分的离化等离子体的性质。而在这样的等离子体中,各种离化态的原子是处于高稠密度状态的。

光物理学比较活跃的前沿有如下几个研究领域:

激光光谱学 激光光谱具有常规光谱无法比拟的优点。首先表现在具有高的光谱分辨本领,1970 年已达 10^6 。1970 以来又提高了 5~6 个数量级。目前用禁錮原子法理论估计可达 10^{14} 。其次表现在具有高的时间分辨率。如果时间分辨率用激光脉冲宽度所能压缩的程度来衡量,目前已可达十几个飞秒(fs,毫微微秒)。再有是表现在高的光源单色亮度,因而可发展一系列奠基在非线性光学基础上的新的光谱探测方法。目前这方面比较活跃的有:

(1) 高分辨与超高分辨光谱学。方向是发展和探讨各种消多普勒加宽的线性与非线性光谱方法;发展克服渡越时间影响的光学 Ramsey 技术以及克服二级多普勒加宽的禁錮原子(离子、分子)光谱法。使光谱分辨率达到自然线宽给出的极限,进而设法超越此极限。

(2) 超短脉冲的获得与超快过程光谱学。目标是:发展多种压缩激光脉宽的方法,以进一步获得皮秒级的超短激光脉冲;将超短脉冲技术与激光调谐技术相结合发展超快过程光谱学,进行物质中各种超快过程的物理研究。

(3) 相干瞬态光学效应与相干瞬态光谱学。包括扩展各类光子四波的研究,并与瞬态光混频结合起来;发展非相干光光子回波等新概念以扩展其应用,发展光学“孤立子”的理论与实验研究。

(4) 非线性光学的光谱学。指利用各种非线性光学效应进行的光谱研究。以三阶非线性光学效应中的共振增强效应为基础而发展形成的四波混频光谱学是其中的典型代表。主要方向是继续发展各类型的相干喇曼光谱、扩展多频共振四波混频光谱和碰撞感生光谱的研究范围;发展瞬态栅的泵浦——探测技术和非相干光简并四波混频方法。

非线性光学与量子光学 激光出现后才蓬勃发展起来的非线性光学,尽管已陆续发现了许多新效应,但它的研究仍日益广泛和深入。由于在液体、液晶、固体、气体、蒸汽等离子体等许多物质中都存在这些效应,因此它的研究又与许多学科相交叉。在这个前沿中有以下一些活跃的领域:

(1) 光学双稳、非稳与混沌的研究。目前,光学双稳已部分地处在应用基础研究阶段。一方面,在一些新材料中继续积累有光学双稳的资料数据。另一方面,发展光学限幅器、光学微分放大器、光开关、光学逻辑和存贮元件的研究。

(2) 光混频与位相共轭光学的物理基础。主要方向是探讨一些新型材料中四波混频与位相共轭的特殊物理机制和特殊现象的规律性,探讨光混频中出现的新效应。

(3) 光学压缩态。这是新近提出的一种概念,是光场中区别于光学相干态的一种特殊的量子态。在这量子态中一对共轭量中的一个,其量子起伏可压缩至无限小。

(4) 表面与界面的非线性光学。主要方向是探讨利用非线性光学效应进行表面吸附、表面相变等表面物理与化学性质研究的多种途径,建立表面探测的新方法。此外,发展多量子阱中的非线性光学研究也是主要方向之一。

(5) 开放系统量子光学效应的研究。例如有关 dressed 原子的理论和实验研究(包括共振荧光研究)、超荧光、超辐射及其光场的相干性统计性研究等。

激光化学中一些基础性问题 激光化学是最有应用前景的研究领域之一,其应用将根本改变化学和化学工业的面貌。它的基础性问题主要包括:

- (1) 交叉分子束激光束技术和物理,以及化学反应动力学的研究;
- (2) 激光催化和催化活化物理的研究;
- (3) 激光沉积、激光重结晶、激光退火、激光改性等机理研究。

总体看来,我国原子分子与光物理研究与国际水平仍有很大差距,但自 1973 年以来还是有很大进展的,有若干领域已经或正在进入国际竞争的行列。例如:

(1) 原子分子结构及动态过程的理论研究。我国曾由于这个领域的研究获得第三世界科学院理论物理中心优秀奖。主要研究成果有:建立了相对论多通道量子亏损理论,探索高原子序离子激发态的物理过程;将多通道量子亏损理论推广应用于电子碰撞激发过程和电子复合过程,研究高温等离子体中的微观过程;总结了激发态原子振子强度密度的极小点规律,对若干分子里德堡态的电离通道进行了计算;此外还系统积累了以下的理论计算方法:原子自治理论、原子组态相互作用理论和原子集团多重散射自治理论。

(2) 光学双稳、不稳定性与混沌的研究。主要成果有:在液晶双稳装置中系统进行了失稳、分叉和混沌的理论和实验研究,得到一系列新结果。尤其在有竞争相互作用的系统中观察到 Frustration 不稳定性、通过频率锁定得到准周期到混沌的道路、频率锁定平台间突跳和滞后现象、竞争引起的拍频,以及反馈强度对模式影响等。这些结果曾连续两年(1986 年和 1987 年)在国际量子电子学会议上作邀请报告。对一般光学双稳系统的稳定性分析、非稳区的划分以及非稳的动力学行为等进行了卓有成效的研究。还首次开展了光学双稳系统中调制效应的研究,证实在调制光学双稳系统中存在稳定模共振、频率锁定、振幅调制诱发倍周期分叉、混沌等新效应。对半导体材料光学双稳的特性以及光学逻辑元件等也作过深入研究。

(3) 四波混频、四波混频光谱学及位相共轭光学的基础。在四波混频方面,首次成功地在液晶中开展了四波混频及其弛豫行为的研究;系统进行了瞬态四波混频的理论研究,首次将传统的四波混频与相干瞬态光学效应这两个独立领域统一起来;在碱金属和碱土金属中成功地开展了一系列双光子共振的四波混频实验研究,观察到与双光子禁戒跃迁相联系的四波混频信号;进行了碱金属蒸汽中六波混频与参量过程的研究。在四波混频光谱方面,在金属蒸汽中成功地进行碰撞感生额外共振的实验和弛豫时间的精确测定;发展了喇曼增强的非简并四波混频方法并用以探测喇曼振动模;用非相干光四波混频首次探测红宝石吸收带的超快速失相时间。有位相共轭光学基础方面,对有机染料等非线性介质进行了用简并四波混频产生位相共轭波的实验研究,得到了当时国际上最高的位相共轭反射率。

(4) 表面与界面非线性光学。对表面等离子体激光波的激励、性质,以及利用它来研究表面吸附的特性等进行过许多有意义的探讨,得到了一些新结果。

除了上述几个领域外,我国在光学一般性变换的理论和实验、原子高激发态的激光光谱研究、光场与原子束的共振相互作用及原子冷却、光磁共振与量子频标等方面都做过或正在进行具有国际水平的工作。

(四) 凝聚态物理学

目前,研究项目主要集中在中期有较重要价值的材料研究或性质研究上。

1. 物理本质认识的状况

凝聚态物质的理论认识,可概括为基态性质、元激发及其运动规律、缺陷及其影响和相变四个方面。

对凝聚态物质的基态性质的认识是凝聚态物理研究的主要内容。F. Seitz 预言,要到 21 世纪才有可能根据固体物理的基本理论直接计算出材料物性。由于理论方法和计算技术的发展,现在已经可以对纯元素晶体的结构、弹性、声子谱、磁矩、相变等给出很好的结果。我国理论和实验工作者紧密配合,应用原子集团理论证实了偏硼酸钡单晶具有优良的非线性光学性质,并生长出优质、大块的单晶,居于国际领先地位。70 年代初发现的在极低温下 ^3He 超流现象,大大丰富了人们对宏观量子现象的认识。液氮温区超导体的发现,推进了超导理论的发展。目前我国在超导方面的实验和理论研究,总的水平仍处于世界先进行列。

凝聚态物理相当大的一部分内容就是研究元激发的性质和相互作用。目前,现代的实验方法已经可以相当准确地测定许多元激发谱(或称能谱)。高密度的激发会使元激发之间的相互作用剧增,导致物质的各种复杂状态和性质。固体电子学、激光、光学和光电子学等的发展,充分说明研究凝聚态物质的电子结构和各类元激发的特性的重大应用价值。孤子的研究是近年来非线性数学与物理结合的产物,这类新的元激发的研究对凝聚态物理将有重要影响。目前,这个领域的研究工作从完美晶体的研究趋向于晶体的表面、界面和各种微结构的研究,趋向于各种程度的无序体系的研究,趋向于低维体系的研究。

关于缺陷性质和作用的研究是凝聚态物理研究的重要方面,因为材料结构上的微小变化会对其性质产生巨大影响。Toulouse 等提出了缺陷分类的拓扑学理论,不但对晶体缺陷给予统一分类,还预测了复杂有序介质中的缺陷类型。因此,位错理论已深入到电子和元激发的层次。1982 年国际上提出“缺陷工程”,即人为的方法控制缺陷类型和数量,进行材料性质的定向设计。目前,材料缺陷研究从简单的晶体趋于复杂的晶体,从研究大范围的宏观缺陷趋于研究“微缺陷”,从研究“体”缺陷趋于表面、界面的缺陷,甚至研究各种程度无序结构材料中的缺陷。

相变和相变动力学是凝聚态物理的一个基本问题,它是与材料的结构紧密联系的。从热力学规律唯象地研究相变和相变动力学,目前仍没有失去其重要意义。从更深的层次来研究相变,是凝聚态物理最困难的问题之一。近 20 年来,在连续相变(二级和二级以上的相变)和近连续相变领域有了深入的进展,K. G. Wilson 利用重正化群方法成功地处理了临界现象,为此获得了 1982 年诺贝尔奖。但是,最大量和在技术上最有意义的一级相变的研究还没有实质性的进展。相变的微观机理的研究还很差,至于包括强烈的涨落现象和输运过程的相变动力学的研究就更薄弱了。所以,相变和相变动力学的研究仍是凝聚态物理今后一段时间的活跃领域。

2. 实验技术的现状

材料制备技术在凝聚态物理研究中占有重要地位。单晶体生长技术对半导体、光学晶体等功能材料的研究起着重要作用。关于晶体生长过程中晶核形成、传热传质机理、缺陷的作用和控制等方面的理论认识对实际已发挥了指导意义。近年来,多元化合物单晶的生长、非晶材料的制备、液相外延、汽相化学沉积、离子束混合物、分子束外延等生长单晶技术有很大的发展,在现代材料和器件工艺中占有重要的地位,也给凝聚态物理提出了很多新的课题。

材料结构研究(原子排列和显微结构)是凝聚态物理的基本实验内容。X射线衍射是最基本的最常用的方法。近年来发展了很多研究材料结构的方法,如用于成份分析的化学分析电子谱技术等;用于表面结构研究的低能电子衍射技术、用于原子与自旋结构研究的中子衍射技术以及用于显微结构研究的电子显微技术、场离子发射技术和X射线形貌技术等等。研究的精度和对象范围都在不断扩大。

从50年代以来,以波谱技术(共振技术)、电子谱技术和激光出现以来的光谱技术为主,形成了凝聚态物理中研究微观(电子结构和各种激光)运动的主要手段。只有深入到电子和元激发层次的研究,才使凝聚态物理形成一门统一的学科,并以它的概念和方法影响其它学科。此类技术有电子自旋共振(ESR)、核磁共振(NMR)、铁磁共振(FMR)、正电子湮灭谱、超导隧道谱、喇曼光谱、荧光光谱、中子非弹性散射等等。

在极端的实验条件下(如超低温、强磁场等),物质常常表现出新的物理现象和性质,这是凝聚态物理材料物性研究的一个重要方面。先进国家的中等以上的研究室,低于1K的温度、高至20 Kbar的压力或10T的磁场已是比较普遍掌握的条件。瞬变过程的研究,电子技术和激光技术可使时间分辨本领达到毫微秒甚至微微秒量级或更短。这方面我国的差距是非常大的。

3. 凝聚态物理与其他学科的关系

科学的发展一方面是分支越来越多,越来越和具体对象相结合,另一方面是越来越体现统一性。凝聚态物理的各个分支学科之间,凝聚态物理和物理学的其它学科之间,从概念、理论和实验技术上都越来越显出相互渗透和相互结合。

凝聚态物理研究的活跃前沿有:

(1) 高临界温度超导体。1986年下半年以来,高临界超导体的研究取得了革命性的进展,已经获得了液氮温区的超导材料,并有迹象表明,有可能获得室温温区的超导材料,由于这项突破在科学上和技术上都有很重大的意义,因此迅速形成了世界范围的竞争。一个是努力寻找能有更高临界温度,甚至是室温的超导材料。二是研究和提高液氮温区超导体的性能,力争较快地投入应用。

(2) 半导体物理。最新技术的发展为半导体物理提出了一系列新的基础课题,也提供了进行精密实验的可能性,如低维系统、量子阱效应、无序系统、强非线性效应等。二维电子气有非常高的电子迁移率,这是由MOS不能产生的。这个系统的新物理特性包括量子霍尔效应和部分量子霍尔效应。可利用这效应精确测量精细结构常数和作为电阻标准,其精度优于百万分之一。另一个突出的例子是由于分子束外延等技术的发展,能够可控地生长几个原子层或几十个原子层,从而制造出周期可以人为控制的超晶格半导体,它们的有效能隙和载流子浓度等可以随设计而改变。在垂直于材料表面的方向上出现量子效应,预计利用这些效应可以制成各种高效能的光电器件。

(3) 表面和界面物理。大量的研究致力于了解各种表面和界面(包括固-固,固-气,固-液等界面)的结构、元激发、电特性、磁特性、振动特性和低维相变规律等。

(4) 晶体和准晶体物理。具有优良物理性能的单晶体生长是凝聚态物理的一个重要课题,它不仅包括晶核形成机制、生长动力学、缺陷的形成与控制以及晶体物性的研究,还包括新的晶体生长方法的研究。随着空间科学的发展,已开展在微重力下晶体生长研究。缺陷的性

质和相互作用、深能级杂质的性质和高掺杂半导体中的电子行为、位错对晶体力学性质的影响等研究也日益深化。

准晶体的特点是取向有序,而平移无序,但确有准平移周期。目前,国际上大量研究工作是围绕着新准晶体材料的发现、准晶体结构的描述以及准晶体结构测定等三个方面进行的,同时开展准晶体的物性和电子结构的研究。

(5) 人工结构材料。新型人造材料显示了一些新的物理现象,它们可以是结构上有序的,或者在微尺度上有序,而在整体上是无序的。它们在电子输运、弹性、光学特性和晶格振动等方面可以相当不同于构成该材料的各组分的特性,而且常常显示更为重要的性能。反过来,又可根据改变超晶格中的构成物的成分和厚度,或通过改变混合介质中的成分、尺寸分布和相对浓度来调节它们的性质。

(6) 非晶态、无序系统物理和非线性混沌现象。玻璃和无序材料以及别的无序系统不仅显示了物理研究的重要性、其中许多在技术上也是重要的。这类研究还包括聚合物玻璃和胶体以及混沌现象,与计算机模拟相结合,甚至已开始涉及神经生物学。这些研究常常超出传统的固体物理范围,而需要新的物理和化学概念。

(7) 材料磁性的研究。材料磁性的研究与信息科学的发展密切联系。在超高磁能积的材料及机理、超微颗粒的磁性的研究;磁光(存储)材料,磁单晶、准晶和非晶材料的研究;复式膜(多晶膜)的磁耦合及电子态结构的准二维磁性的研究;复合材料如磁性超导、磁性半导体共生效应的研究;泡畴和布洛赫线动力学特性的研究等方面十分活跃。

(8) 相变。结构相变方面,中心模和有关现象,可能给出一个“真实”的结构相变中涨落和非均匀性之间的相互作用和现象;可公度和不可公度的相变的研究是“孤子”的概念和理论方法在相变中的一个应用。

以重整化群理论为标志的近代相变理论中,系统的维数是一个非常重要的因素。微电子学的发展提出了准一维和准二维系统的物理问题,这些系统包括新型材料中层状化合物(准二维)和有机高分子准一维导体和半导体,表面物理中二维系统等。

(9) 极端条件下的物理研究。在过去 10 年中,小尺寸、低温和高磁场的结合,发现了部分量子霍尔效应,在极低温条件下发现了 ^3He 的超流相,在极高压下使惰性气体氖等固化为金属,在极低压(超高真空)条件下未受氧和其它原子污染的洁净表面。可以预期高磁场、高电场、高压或极低压、极纯物质的凝聚态物理研究将会大大扩展已知材料的特性范围。

我国凝聚态物理研究在总体水平上与国际的发展仍有很大差距,但在基础研究的若干重要领域已经或正在进入国际竞争行列,如:

(1) 高临界温度超导体研究

在液氮温区超导材料的制备、微结构、电磁性质、超导薄膜、约瑟夫逊效应、超导电子器件、更高临界的超导材料探索、高 TC 的超导机理研究等方面,我国都开展了一定的工作,有些处于国际的前列。

(2) 晶体学研究

准晶体研究 我国已做出了一批国际先进水平的准晶体研究工作。在发现新准晶体材料方面我国最多。最近,我国又发现了 8 次和 12 次准晶体。在有关准晶体的新结构现象、测定准晶体结构的新思想以及准晶体电子衍射动力学理论等研究上,受到国际上的关注。

晶体生长研究 我国研制了一批重要的优质功能晶体,它们的光学质量、物理性能已达到世界先进水平。我国在晶体生长理论的研究方面也取得很大的进展。

固体缺陷研究 我国固体缺陷的研究已从原子层次深入到电子层次。从研究缺陷对材料力学性能影响,深入到对材料光、电性能的影响。一批研究成果达到了世界先进水平。

晶体结构分析 在生物大分子的结构研究中,我国成功地测定了胰岛素及其类似物的结构、天花粉蛋白结构等,在化学键理论簇原子簇化合物、矿物结构、中草药及天然有机分子结构的研究中也达到国际先进水平。

中科院物理所从 60 年代起开展了晶体学中的直接法研究,目前已成为国际上公认的直接法研究中心之一。

(3) 磁性研究

磁能积优于 40 高奥的永磁钕铁硼的研制成功是永磁材料研究的一个新突破。随后采用低纯度钕稀土合金替代纯原料研制具有同样优质永磁性能材料又获成功。这一研究已处于国际前列。

磁记录材料的纵向记录密度为硬盘($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$)的 5 倍,达国际先进水平。新型存储材料,以及相变型存储材料等研究已引起国际上的高度重视。

(4) 量子阱和超晶格研究

我国采用分子束外延技术生长出具有高迁移率的优质 GaAs/GaAlAs 材料,并利用这种材料制成高电子迁移率场效应晶体管。此外,采用同样方法制备了量子阱材料,在低温下观察到量子霍尔效应和进行了磁声子共振测量,这些研究已进入国际 80 年代水平。

我国在量子阱超晶格电子态和声子谱理论研究方面处于国际前沿。

(5) 表面物理

在硅表面原子结构,用集团模型研究半导体表面的理论工作,III-V 族化合物半导体极性表面的电子能谱,半导体界面结构和缺陷,金属和合金表面的物化特性,以及 Au-Cu 合金择优溅射机制等研究方面已进入国际水平。

(五) 等离子体物理学

1. 空间和天体等离子体物理学

当前空间和天体等离子体物理学最重大的前沿领域是日地等离子体系统整体行为的研究,即不是把日地等离子体系统相互联结的各区域当成孤立、分散的,而是将它们联系起来,探讨太阳热核能量如何输出和传输到地球并最终对地球环境发生影响的全过程。其中既包括全波段的太阳辐射的产生和输出,也包括太阳粒子辐射和场在行星际空间的传播及向磁层和电离层的输入。这一前沿领域的形成是近 20 多年来空间物理和太阳物理发展的必然结果,也是人类面临大规模开发和利用空间资源的历史需要。为了解太阳能量的传输过程和预报空间环境,有必要探讨日地等离子体的整体行为。作为这一前沿领域研究的重要标志,美、欧、日空间组织联合筹备“国际日地物理(ISTP)计划”,将于 90 年代初开始实施。

除上述前沿领域外,以研究脉冲星和类星体辐射机制为主要内容的高能天体等离子体物理学也吸引了不少人的兴趣。

我国在天体等离子体物理、日层物理、磁层物理、电离层物理等方面,在理论上做了较好的

工作,地面观测有一定基础,但缺乏空间观测资料。

我国可参与国际竞争的项目:

(1) 太阳活动区物理学,包括耀斑爆发机制、日冕动力学、太阳风的形成和加热等。北京天文台建成的磁场望远镜,已达到国际先进水平。

(2) 太阳扰动在行星际空间中的传播研究,我国开展了许多理论工作。

(3) 磁层—太阳风的相互作用研究,发表的论文多次被国外引用。

(4) 电离层—磁层耦合及低纬电离层非均匀体的形成机制研究,我国在实验观测和理论上做了很多工作,特别是在低纬电离层非均匀性、低纬哨声、电离层吸收的冬夏不对称性方面作出了具有一定国际影响的成果。

(5) 太阳分米波尖峰射电爆发研究,已具备参与国际竞争的能力。

(6) 除以上课题外,天体等离子体物理方面还有脉冲星、河外星云等射电辐射机制的研究也达到了相当的水平。

2. 聚变等离子体物理学

(1) 磁约束聚变

磁约束聚变是利用磁场来约束等离子体使其产生聚变反应的方法。

a. 托卡马克等离子体

自 60 年代后期,托卡马克装置在苏联问世以来,各国竞相仿制和研究,形成了 70 年代以托卡马克为主导的研究趋势。目前,等离子体的参数不断提高、装置的规模也不断扩大。世界上已建成了四个大型托卡马克。近年来, TETR 和 JET 分别得到了很好的参数, $n_r T \sim 2 \times 10^{20} \text{ 米}^{-3} \cdot \text{秒} \cdot \text{千电子伏特}$, $n_r T \sim 10^{20} \text{ 米}^{-3} \cdot \text{秒} \cdot \text{千电子伏特}$ 有可能很快达到点火指标。因此,托卡马克等离子体的研究转为近点火区等离子体性质的研究。

最近两三年来,国内在托卡马克研究方面取得了较大进展。总的来说,在托卡马克工程方面,国内已积累了 10 多年的经验。所建造装置的参数基本上达到国外同样规模装置的水平。建造装置的周期也不断缩短。在装置建造上,以及一些诊断设备研制上,已具有为国外承担项目的能力。

和装置本体比起来,在辅助加热、电流驱动、弹丸注入、偏滤器、抽气孔栏等方面,还比较落后。在诊断、实验物理方面有较大的进展。但在计算物理和理论研究方面需要加强。

前沿课题有:

等离子体的加热、等离子体的平衡、等离子体的稳定、提高比压值的方法和反常输运。

可能参与国际竞争的项目有:波加热、电流驱动、边缘等离子体性质、基础物理研究(慢压缩、反馈控制、波的传播、粒子与能量的输运等)和近点火区的物理。

b. 磁镜等离子体

目前,国际上研究的磁镜多为具有热垒 (thermal barrier) 的串级磁镜,一般还在磁镜装置两端各加上一个最小 B 场的锚 (Anchor),以稳定交换不稳定性。但最小 B 场的锚导致费经典径向扩散。实验发现,利用离子回旋共振加热未加最小 B 场的串级磁镜等离子体时,等离子体是宏观稳定的。

我国核工业部西南物理所现进行的研究有 ECRH 热电子简单磁镜实验,以及会切装置静电堵漏实验。中科院合肥等离子体所也从事 ECRH 热电子简单磁镜实验。以上两个所都

拟开展串级磁镜研究,与国际上的传统实验研究十分类同。中科院物理所正着重于小装置上,开展平行磁场 ECRH 磁镜研究以及高能回旋电子束 ECRH 捕获的理论研究。

本学科的前沿课题有:热垒的形成、热垒堵漏问题和轴对称位形等离子体的稳定方法。

应抓的前沿项目有:利用 ECRH 捕获高能回旋电子束研究等离子体的加热和热垒的形成、终端堵漏实验研究、磁镜与其它途径的结合的基础研究。

c. 场反向收缩等离子体

70 年代后期,由简单角收缩位形演变成了场反向收缩位形。现在美国、日本、苏联以及第三世界的一些国家在开展这方面的工作,装置的结构大同小异,规模也不大。中国科学院物理研究所在继续此项研究工作。

前沿课题:

场反向位形形成动力学过程;场反向位形的磁场结构;等离子体的加热;场反向等离子体的不稳定性的机制及抑制和场反向位形平移动力学过程。

参与国际竞争的课题:

以上第 1, 第 2 项和场反向位形与其它慢过程位形的结合。

d. 等离子体焦点

国际上,不少实验室先后建立了规模不等或构形不同的等离子体焦点装置。其中,以意大利弗拉斯卡蒂实验室的储能为 1 兆焦尔的装置为最大,分别以实现受控热核反应的可能途径,或以获得脉冲中子源和 X 射线源为目标。目前只有第三世界的一些国家在进行等离子体焦点的研究,埃及和印度正在兴致勃勃地扩建约 60 万焦尔规模的等离子体焦点装置。

目前,我国只有清华大学仍在焦点发射的 X 射线特性和产额方面做工作。

可能参与国际竞争的项目有:中子产额、X 射线产额的定标律及其理论解释,以及焦点形成的过程与结构。

(2) 惯性约束聚变

惯性约束是利用激光束或相对论电子束打到物质表面产生高温高密度等离子体,借助等离子体本身的惯性来约束等离子体。

a. 激光束聚变

迄今,绝大部分聚变实验利用的是钕玻璃激光和 CO_2 激光。

世界最大的 CO_2 激光系统是洛斯阿拉莫斯国家实验室的 40KJ、50TW 的“Antares”装置,100KJ、100TW 量级的多路钕玻璃倍频激光系统 NOVA 在美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室即将建成。

人们普遍认为,有希望成为未来聚变驱动器的是 KrF 激光器,自由电子激光器以及轻离子束和重离子束等。目前仍处于研究有关的物理问题和验证科学原理的阶段。

国内利用激光束产生等离子体进行研究的单位主要是中科院上海光机所,该所已有功率 10^{11} 瓦 Nd 玻璃激光器进行 6 路打靶实验,主要研究强光与等离子体的相互作用,最近研制成了 Nd 玻璃激光器 2 路打靶实验,进行激光聚变实验,激光功率达 10^{12} 瓦。

在中国原子能科学院研制成了 KrF 激光器,进行惯性约束实验。

本学科的前沿领域有:束能的吸收和吸收能量向靶内部的输运问题;高强度激光激发的等离子体不稳定性的过程及其抑制;冕区等离子体中的自生的强磁场对电子热导以及激光冕

区等离子体相互作用过程的影响;激光等离子体中的能量输运问题;靶设计中的物理问题;驱动器新途径。

可能参与世界竞争的项目有:激光核聚变的基础等离子体物理、激光与等离子体相互作用、准分子激光动力学和受激喇曼散射研究、准分子激光光介动力学、以及宽频带激光。

b. 粒子束聚变

粒子束聚变研究首先利用的是相对论电子束。但由于电子束在能量沉积物理和靶设计等方面的复杂性,已逐渐让位给离子束,尤其是能从电子束二极管稍加改变而获得的离子束,质量大,非相对论性的离子有较理想的能量沉积特性和不存在韧致辐射预加热的优点。束流的聚焦是离子束聚变尚待解决的问题,目前正在研制的最大的轻离子束驱动器是美国桑迪亚国家实验室的“PBF-II”系统。

国内主要由中国原子能研究院开展此项工作,进行相对论电子束与物质相互作用的研究。

本学科的前沿课题有:强流离子束的产生,束与等离子体相互作用,束能的吸收和吸收能量向靶内部的输运和束的聚焦。

(3) 低温等离子体物理学

在高气压局部热平衡等离子体的研究方面主要有:超细粉的研制、喷涂(耐热、防腐、超导材料)和合成材料。

在低气压非热平衡等离子体的研究方面主要有:

薄膜研究(有机膜——聚合膜、等离子体高分子膜、无机膜——太阳能电池、类金刚石膜、碳膜);刻蚀(大规模集成电路);表面处理(材料表面性能的优化);合成材料和计算机模拟(等离子体过程)。

热等离子体研究在我国于 60 年代已经开展,如用于材料烧蚀研究的电弧加热器、以及焊接、切割的弧炬等。以后又开展了一些等离子体冶炼的工作。等离子体喷涂和等离子体制备超细粉工作也陆续开展起来。冷等离子体或称低气压等离子体在国际上是近 10 多年来才兴起的学科。80 年代以来的研究主要是离子镀,等离子体增强化学气相沉积(PECVD)和表面处理等。

总的看来,我国低温等离子体研究工作中,等离子体内部参数测量、诊断还很薄弱,物理和化学过程研究亟待加强。

热等离子体有着广泛的应用,尤其是材料工业冶炼高级合金钢、重炼重熔特种合金、制备超细粉、喷涂防腐、耐热耐磨层、以及合成新的化工材料等。

冷(低气压)等离子体是新兴的学科。材料表面改性是一个十分活跃的领域,离子镀、溅射镀主要用于金属表面耐磨、耐蚀、增强;高分子材料表面处理和接枝用于改善吸水性、粘接性、可纺性、防缩性、抗静电性以及生物亲和性等。在化纤、天然纤维、复合材料及医用高分子材料性能优化中有着重要意义。等离子体刻蚀、氧化去胶在半导体集成电路工艺中有重要应用。PECVD 在薄膜科学上很重要,可用于制备各种保护膜、渗透膜、反渗透膜、太阳能电池、绝缘介质膜等。值得注意的,最近等离子体技术已用于超导的研究中。

(六) 声学

从学科发展的面来看,我国在建筑声学、噪声控制、超声学、语言声学、大气声学、水声学、

电声学、声学计量与标准、音乐声学、生理声学、心理声学、生物声学等方面均有研究工作。

从研究机构布局来讲,中国科学院、高等院校、工业部门和地方科研机构都有声学研究力量,几方面的结合,使基础、应用、发展等方面有较好的配合和适当的比例。

声学当代活跃的前沿有:

(1) 超声学

“量子声学”或“声子物理”包含:固体中非平衡态声子的激励、探测和传播特性;声子与介质中各种微观结构,如电子、光子、自旋、空穴、位错、缺陷、杂质等的相互作用;声子参加的各种物理现象和过程,如声子回波、Kapitza 热阻、John-Teller 效应,液氮中的声。目前,利用远红外激光把超声的频率提高到 3×10^{12} 赫,几乎接近晶格振动的截止频率,高频声子与物质中许多微观结构的相互作用的研究,已获得一些重要应用。

目前,国外声子物理中最活跃的部分,主要是声子的激励和探测方法的进一步研究;声子谱技术的建立;声子传播、声子成像;声子相互作用。

超声电子学是一个以声表面波技术为主体的微电子学。声表面波技术的迅猛发展也推动了固体材料特别是压电晶体材料中声波的产生、接收和传播的研究,声—声、声—光和声—电等声与其他物质相互作用的研究。由于这些研究工作具有较明显的应用前景,在国际上成为非常活跃的分支。

大功率噪声学。高强度的超声产生机械效应、热效应、化学效应或生物效应,能改变物质的性能和状态或加速某种过程,这些效应机理的研究,导致了超声处理工艺的发展。

(2) 水声学

水声物理学是研究声波在海洋中的传播问题。当前水声物理的研究重点在:深入全面地了解海洋环境的声学性质;对声讯号的各种特征量与海洋环境参数之间的联系进行精细深入的观测和分析;寻求用计算机给出声场数值解的各种计算方法。

(3) 语言声学

语言声学是声学领域中最活跃的分支学科之一,主要分为语言分析,语言识别和语言合成三部分,其中语言分析是最基础的研究内容,语言声学与语言学、生理和心理学以及信息理论相结合,对人类语言的产生、接收、理解等高级神经活动与思维过程的研究影响很大,有不少进展。语言识别的研究结合现代计算机的发展,使人口语操纵机器,机器人讲话和阅读等,已逐渐变成现实。

(4) 心理声学与生理声学

听觉的研究进展较快,外耳和中耳的许多问题现已弄清。大量工作集中在听神经和脑神经活动的空间和时间分布方面。听觉与其它感知学科相比,已更接近生命科学的核心领域。在心理声学方面,人们发现对声的感觉与声强成幂数关系。对小信号检测和噪声中提取信号能力的研究也取得了重要结果,这对理解脑神经的活动规律很有帮助。

(5) 非线性声学

大振幅声波在传播过程中呈非线性现象,这种特性不但在空气中,而且在水声和超声中都存在。水声中的非线性现象的参量湍射阵,成功地应用于浅海海底的短程声呐系统中。它的波束窄,没有旁瓣,在探测中有独特的作用。在超声中,非线性问题中的孤粒子、湍流、紊流或“混沌”的研究成为非线性动力学中重要课题。

(6) 大气声学、地声学

大气声学已逐渐成为探测大气特性的重要手段,与大气物理学互相渗透,亦成为大气物理学的一个分支。大气中各种次声源,如台风、雷暴、核爆炸等引起的次声,可传播很远的距离。近年来发展了大气中的次声及声—重力波的传播理论和监测技术,可远距离进行台风、核爆炸的监测。

地层中的声波是研究地层内部构造、地震和固体潮及预报地震的重要手段,利用地声发射可以保证矿井的安全。

(7) 生物声学

无论是陆地上的或者是水中生物的声音行为,目前也正引起国际上的重视,法国曾成功地利用鸟类的声信号来驱散机场周围的栖鸟和驱赶麦地里的麻雀,对海豚声信号和声雷达系统的研究也是大家非常感兴趣的课题。

(七) 理论物理学

我国在原子弹成功之后,在两年多的时间内就实现了氢弹爆炸,这是世界上最短的记录,而且国外公认,在实现氢弹爆炸方面“中国走了自己独特的路”。

我国的理论物理工作这些年来在多数方面都能进入世界前沿,并在场论粒子物理、统计物理混沌现象和凝聚态、天体物理和宇宙学、低维物理、经典和量子的严格可积系统、群以及超代数表示理论等数学物理方面做出了有影响的工作。另外,在原子、分子、激光物理、等离子体物理、核物理等方面也有很强的理论物理研究,有些也是世界上第一流的理论工作。

总的说,我国理论物理研究人员分布在高等学校和中国科学院所属的有关研究所中,这是与国外的情况基本相同的。

当代理论物理的前沿问题:

理论物理的前沿问题也就是物理学各子学科的前沿问题和跨子学科的前沿问题。这些前沿问题并不总是活跃的问题。一般地说,随着物理学的迅速发展,最活跃的理论问题随时间在变化,每三至五年就有变化和转移。我们从认识自然世界的三个基本方向和数学物理、计算物理等来说明当今的前沿问题。

(1) 向微观未知世界的方向进军: 对于微观世界的认识从分子原子到原子核直至强子与轻子,现在进到了层子、轻子阶段,即我们目前只有分辨时空尺度到 10^{-16} 厘米的手段,用分辨能力在 10^{-16} 厘米的本领去“看”物质时,我们发现所有物质都是由层子和(或)轻子组成的,而且“看”不到层子和轻子的结构。目前,认识到的基本相互作用力有四种: 引力、电磁力、强作用力和弱作用力。其中对引力了解最少,对电磁力,弱作用力和强作用力近 20 年来的认识有了很大进展。现在存在的问题是层子和轻子分别有三套(严格说层子只有两套半被实验发现,还缺一个顶(top)层子未被发现),它们彼此之间在弱、电、强三种相互作用中表现极相似的性质,目前只发现它们彼此的质量和由质量带来的性质差异。专业上把这三套称为三代。层子和轻子为什么有这样代的结构? 是否还有更加多的代? 顶层子是否真像理论所需要的那样,一定存在? 除了以上所说的弱、电、强和引力四种基本相互作用外,是否还存在第五种基本相互作用力? 弱、电已经做到统一,强作用能否也统一进来,甚至把引力作用也统一进来? 在标准模型中,还要引入基本的标量粒子——Higgs 粒子。现在对 Higgs 粒子的存在性完全没

有解决。它是否是“基本”的,它自身的相互作用怎样等等都不清楚。在微观世界宇称不守恒已经了解清楚,但是实验发现的时间反演(或说电荷和宇称联合反射)不对称性却仍然不清楚。对于层子、轻子和质量产生机制亦是一个不清楚的问题,除了中微子之外,已能肯定层子、轻子的静质量不为零,但是中微子的静止质量是否严格为零也是一个很带原则性的问题,它不仅影响到“基本”粒子物理的已有理论,而且对于天体和宇宙学的“暗物质”、氦丰度等问题有重要的影响。

为回答上述基本问题,理论上已有许多尝试。

(2) 向宏观宇宙的方向进军:背景 3K 辐射、氦丰度、正反物质不对称性等等观测事实可以由大爆炸理论解释,在这些方面宇宙学取得了重要的进展。但是天体物理和宇宙学还存在着不少未解决的问题,例如极早期宇宙的问题;星系成团和形成的问题;暗物质问题;类星体、黑洞问题;超新星爆发的问题;银河心的问题;太阳中微子短缺的问题;宇宙线起源问题等等,都是没有解决或没有很好解决的问题。它们涉及到“基本”粒子物理、物质在极高能下的行为、原子核理论、原子理论、电磁等离子体等物理的各分支领域。然而,这些问题中一个共同之点是引力起着主要作用,至少不能像别的领域里那样可以忽略引力的影响。因此,这些问题的解决与引力理论的解决密切联系。反之,如果真正观测到黑洞这类强引力形成的客体,将会大大推动引力问题的解决。

引力是人们认识最少的相互作用力,至今引力波一直未观测到,人们普遍认为爱因斯坦的广义相对论是描述引力的正确理论,但仍不能肯定它是规范相互作用。其量子化的问题在线性化下是可以做到的,但是重整化的问题非常尖锐困难。从理论的完整自治性,要求理论可以量子化和重整化,人们尝试了超引力和超弦的方向,不仅要引入费米子和玻色子之间的超对称性,而且要把时间和空间的维数扩充,这远远超出了实验在可见的将来去检验的能力,也许只能在解决极早期宇宙的问题上有些检验。仅仅整体超对称性有可能在下一代加速器、对撞机的实验中去检验。

宇宙线的起源是一个很复杂的问题,不同能量和(或)不同种类粒子的宇宙线看来是由不同的机制产生的,但在地面和高空上观测到的能量高于 10^{16} 电子伏特的宇宙线起源仍是不解之谜。

为了解决这些问题,美国计划把天文望远镜发射到地球卫星轨道,虽然由于航天飞机事故有所推迟,但不久还将执行。由于第一次把天文望远镜发射到外层空间,不受大气的干扰和吸收,无疑会收集到从未观测到的天体的微信号,可“看”到大爆炸发生后留下的更早期的遗迹。另一方面应指出青藏高原是世界上最高的高原,我国在宇宙线的观测中有得天独厚的优越条件。我国的宇宙线工作者与日本的同行已开展了长期合作,在高原上布置探测器,与世界其它地方观测相配合,无疑会收集到更多的高能宇宙线事例,为揭开超高能宇宙线的秘密提供线索。

(3) 向物质运动的复杂性和高级形式的方向发展:即使是对微观世界的最基本规律,如在(1)中所提到的强作用问题也已开始进入这个方向,向多体问题发展。强作用的基本力是颜色规范力,但是它规定的层子禁闭性,在强子的表现已很复杂,最简单的强子激发谱和与强子有关的电磁衰变及弱衰变等等问题现在都还没有十分满意的理论。非轻子衰变问题就是个例子,著名的 $\Delta I = 1/2$ 选择规则,至今不了解其起源。为了解决这些问题,发展了格点规范理论,目前,公认格点化颜色规范场系统是解决处理强作用问题的出路之一。格点规范理论计算

中的解析方法其能力有限,需要用计算机做大量数值计算,这条路受到当前计算机能力的限制。现在,只做出一些极初步的结果,解决这些问题另一途径是靠实验,总结出更多的经验规律来。我国的北京对撞机就有一项重要的物理内容是系统研究粲层子衰变的经验规律。

原子核的问题是强作用的多体问题,原子核原有理论认为原子核是由强子中的核子组成,核力是核子之间交换介子。虽然原有的这些图象取得了壳模型,集体运动(振动和转动)模型等等成功,但是强作用的颜色规范理论(量子色动力学)的确立,就要求用新的理论成就把原来的结果继承下来,并且对新理论做一次考验。在这方面的前沿问题中有:高能核物理、层子—胶子等离子体和奇异核物质等问题。这方面实验已表明高能轻子(电子或 μ 子)在氘和铁上的深度非弹性散射行为不能用原来原子核理论的图象——原子核由核子组成来解释,需要用层子和胶子的图象去说明。美国和西欧已在着手改造和考虑重新建造高能的重离子对撞机,做为“加热”层子和胶子的手段在实验室条件下做出层子—胶子等离子态,以及其它人们未预见到的各种奇异核物质态。高能的重离子对撞(每个核子的能量达几百亿电子伏特)亦将给出用层子、胶子的图象去说明原子核所必要的许多知识。对层子—胶子等离子体的了解,对极早期宇宙的研究亦有非常重要的意义。

强作用和弱作用力都是“短程”的,当空间尺度大于原子核尺度时,它们立即衰减到零。因此原子、分子和凝聚态的所有行为只能是受长程作用——引力和电磁作用控制,由于引力除了到天体中因为质量巨大变为不可忽略外,在绝大多数场合都可不计它的影响,只考虑电磁力已足够精确了。因此,对于大于原子核尺度的所有物理现象从初级到高级的运动形态全部是受电磁作用控制下发生的。

在原子、分子物理的领域里,由于激光和同步辐射的应用,近 20 年中再度活跃起来,其中高电离、多电子原子及分子问题提出了不少理论问题。其中值得特别提出的一个非常有原则性的理论问题,是与原子核物理相结合,做出原子序数 Z 大于 137 的原子核的原子问题,这时原子核与电子的电磁作用很强,简单微扰论不能适用了,随之而来会有不少新现象发生,值得今后给予较多的重视。

在凝聚态方面是研究原子、分子进入凝聚状态下的固态和液态的原子、离子、电子等的行为。近 20 年来主要是在表面、界面、人工材料、相变和无序系统等方面取得突出的进展。这些进展是在技术的发展和实际应用的推动下取得的。

一年来,高温超导取得突破性进展,其超导温度已提高到液氮温度,现正在向室温做出努力。实验表明它不同于超低温的金属超导现象。现在,如何了解其物理机制是对物理工作者的一次挑战。

在液体、电磁流体、等离子体方面,有不少理论问题取得进展。其中湍流问题是一种混沌现象。混沌是非线性问题中很普遍的一种共有现象。结合着非平衡统计和计算机模拟,混沌理论有不少问题已向更深和更广的方面发展。

目前对于物质运动的更高级形态,直至生命起源的问题,做为理论物理本身或做为与生物物理、地球物理等有关的边缘学科问题亦有许多发展,例如准晶和非晶图案的结构和形成,物理学中的自组织现象;非平衡耗散的动力学和输运机制;膜的渗流机制;漫长岁月的塑性等问题已开始有许多探索性研究工作。从量变到质变,从简单到复杂亦会产生出新的问题,形成新的学科,以上的问题也应给予重视。

(4) 理论物理中重要的数学物理问题: 我们在此仅强调经典的、量子的严格可积模型和超弦中的数学物理问题。因为它们和以上三个方面关系密切, 我国在这两方面有基础, 它们与现代数学前沿有紧密联系。

严格可积系统的问题是要一个问题一个问题地去解决。超弦中的两维共形场论不仅对于超弦有意义而且对于低维系统也有应用意义。它们不仅都要碰到无穷维代数, 而且要处理高亏格黎曼面等现代数学前沿问题。

(5) 计算物理: 发展计算方法、在计算机中具体实现真实物理问题的模拟、利用计算机来推导理论物理有关公式等, 是计算物理的重要内容。

近年来, 为了充分发挥机器的专用功能, 建造并行计算机来从事格点规范理论的计算是一个值得重视的国际动向。对于专门用途, 它比大型通用机便宜, 速度高, 现在世界上已有近 10 个中心正在制造这种并行机。

三、发展战略

这里就目标、布局、保证、关键、学科交叉和国际交流与合作进行分析与讨论。

(一) 目标

应根据物理学的地位与作用, 以及我国的发展水平与国力来确定我国物理学的发展目标。

由于原有基础薄弱和工业技术水平与发达国家的巨大差距, 因此要想在一切主要领域都保持国际领先显然是不现实的。同时, 中国是一个大国, 我们需要建设独立完整的工农业体系。因此, 那种企图将有限的人力物力集中在个别基础研究领域的想法, 不仅在当今不同学科领域联系日益密切的时代里是不可能达到的, 而且长远看来还是有害的。

1. 在重要的、新兴的学科方向上保持高度敏感, 在国力许可范围内尽可能广泛开展工作。一方面争取对物理学的发展作出更大的贡献, 包括在某些领域最先获得重大突破或在一个时期内保持国际领先地位; 另一方面也争取新技术开发的机会, 至少应该准备适当人才和经验, 以便尽快跟上科技的飞速发展。

2. 从物理学研究中积累提供规律性的丰富的物理知识, 使我国工业部门或技术科学部门有可能利用这些规律, 在引进比较先进的技术的基础上进行再创造和开拓, 使之逐渐达到或超过国际最先进的水平, 并争取能返回去占领国际市场。即从静态的引进技术提高到动态的引进。

3. 在人才的贮备和培养方面发挥重要作用。一方面, 通过发展物理学的基础研究, 建立和完善我国自主培养中、高级专业研究人员(硕士、博士和博士后)的教育体系, 另一方面, 面向国民经济和工业技术的各个方面, 培养并输送大量较高水平的、受过物理研究职业训练的、和有组织经验的人才。使我国的工业技术发展有深厚的基础和后劲。

(二) 布局

目前, 我国物理研究的各分支学科已基本齐全, 研究队伍比过去有了很大的发展。应用和发展方面, 均已确定优先发展或重点攻关的项目。在这种情况下, 作为物理学基础性研究的学

科布局,我们认为应更多地强调各分支学科之间有比例地、协调地和稳定地发展。同时,在物理学的各个分支中,又大致存在两种不同的情况。一种是就每一项研究工作而言并不需要高度集中人力物力,往往只需要一些中、小型的设备和少数大型设备,整个分支学科的研究工作是分散在许多规模不大的课题组中独立进行的。例如凝聚态物理和原子分子及光学物理。另一种是开展研究需和巨大设备的建立联系在一起,即往往需要集中巨大的人力和物力的一些所谓巨型科学项目,例如高能物理。对于这两种情况由于国力所限也应区别对待。

根据物理学发展的趋势和我国的国力与需求,我们认为对各分支学科的布局在今后若干年内可采取以下方针:

1. 增强凝聚态物理学研究

凝聚态物理由于与能源、材料和信息科学技术的密切联系,在世界范围的科技发展中有重要的影响。我国工业技术的发展对凝聚态物理研究的需求也日益增多。尤其是最近在高温超导体研究中的突破性进展带来了新的工业革命前景。应加强对这个分支学科的支持强度,适当加大其在物理学中的投资比例。

2. 改变原子分子和光物理学的薄弱状态

原子分子和光物理学在我国处于相当薄弱的地位。主要原因是这两门学科与当代重要的科学技术发展联系太密切了,而我们过去的组织管理又往往喜欢超越基础研究阶段直接或过早地去组织技术攻关和应用开发。于是,本来应该用在例如光学物理学中的人力和物力,也被不恰当或过早地用去发展激光技术。从而造成对这两门学科的忽视。相对说来原子分子物理学的实验研究尤为薄弱。然而这两门分支学科不仅与国民经济的发展和一系列新技术开发有密切联系,对于凝聚态物理学、等离子体物理学甚至粒子物理学的发展都有很大影响。因此,建议适当增加对这两门分支学科的投资,逐步提高其在物理学中占有的比例。

3. 适当发展粒子物理学和核物理学

由于我国的国力有限,在计划巨型科学项目时必须有准确的数量概念。目前,我国已经兴建了一些巨型设备,包括投资在亿元以上,建成后运行费约在三千万元的正负电子对撞机等设备,今后相当一个时期内不宜再建巨型设备,而应设法保证这些设备正常运行。同时,通过对内对外的开放,努力使这些实验室成为国际合作的中心之一。在我们国力有限的情况下,对于像高能物理这样的重要领域,我国应拥有一支相当水平的队伍,以更积极的态度,利用国外的巨型设备参加多国合作研究。

4. 充分发挥理论物理学的特殊作用

理论物理是相对说来投资比较少,研究周期比较短,比较容易进入国际先进行列的学科,也是广泛训练人才,进行人才贮备和广泛进行国际合作的领域。我国现有基础也较好。今后应采取长期稳定支持和积极发展的方针,使其进入国际前列。

5. 协调等离子体物理学的发展

为了发展等离子体物理学科,国家必须制定长期的发展规划,并根据我国研究力量现状,在统一规划下进行合理分工,加强合作交流。

还应理顺学科归口,应将等离子体物理作为物理学的分支学科归入物理类,受控核聚变划为核科学类。因为前者的重点是等离子体一般基础物理的研究,研究的面较宽,且大部分等离子体的研究课题都是非核的。后者的着眼点是受控核聚变本身,是一个专题,且一般说来工

程庞大复杂。两者纵然有关联,但毕竟有明显的差异。如果这些概念区分不清,甚至误认为聚变就是等离子体物理学,则势必有害该学科全面的发展,势必影响等离子体在其它应用方面的深入。这种由于概念上的模糊不清对等离子体物理学发展的危害作用,以及对等离子体深入应用的影响是显而易见的,理顺学科归口是发展该学科的首要条件。

在高能物理学研究中,要着手建立国家实验室,管理和运行高能物理实验中心和同步辐射应用中心。国家实验室对外开展国际交流,对内实行开放,组织全国力量在 BEPC 上进行实验研究和应用研究。全国各有关研究所和大学将作为用户到国家实验室进行工作,使 BEPC 发挥最大的作用。

为保证 BEPC 具有高质量和高效率,即要求亮度高、能散度小、运行稳定,应设立一个包含相当数目的加速器专家在内的机构,负责 BEPC 的调试运行和改进。1988 年底加速器建成,作为高能物理实验基地还仅仅是开始,而加速器性能的好坏才是关键。因此,加速器建成后的首要问题是提高加速器性能,保证达到设计指标,这是有可能做出国际水平物理工作的第一个必要条件。

北京谱仪开始工作时,正好是在美国斯坦福同类谱仪 MARKIII 工作七年以后,这意味着北京谱仪 (IES) 和第二个对撞点上晶体球组的工作要想取得重要的进展是比较困难的。因此,在物理问题的选择和谱仪的探测效率上要求很高,同时收集的事例较多,达几千万以至于上亿,这就对用于数据处理的计算机要求很高。现在应立即对物理选题、谱仪探测效率、数据处理能力给予足够的重视,将这三方面结合在一起组成适当的领导机构。加速器建成只是使高能物理实验研究有了主要手段,要想在国际竞争中占有一席之地就必须以做出国际水平的物理研究结果为目的。因此,在物理研究阶段的领导和组织形式应区别于在工程阶段的领导和组织形式。

我国高能物理理论研究 30 年来不仅具有良好的基础,而且在有些方面做出了具有国际水平的工作。粒子物理理论研究的队伍分布在全国。对粒子物理理论研究应继续给予充分的支持,使他们在国际竞争行列中做出新的国际水平的工作。同时也鼓励国内理论物理工作者结合国内实验基地开展工作,促进和帮助国内的实验研究,并结合对撞机上新的物理结果发展现有的标准模型理论。特别是在粲粒子物理学方面可很好地开展工作:

(1) 高统计 J/ψ 的辐射衰变和新粒子态 (胶子球、 ξ 粒子、四夸克态……) 的研究以及 J/ψ 强子衰变道的精确测量。

(2) 高统计 D 介子的各种衰变道的测量,特别是卡比玻一级和二级压低衰变过程的测量 (包括 $D^0 - \bar{D}^0$ 混合参量和 CP 不变性破坏参量的测量)。

(3) F 介子各种衰变道的测量。

(4) T 轻子各种衰变道的测量和系统研究。

(5) Ψ' 物理。 Ψ' 的辐射衰变和强衰变的研究。

(6) 粲重子性质和衰变分支比。

(7) 粲粒子谱和夸克之间相互作用势的分析研究。

(8) 其它,如对 QCD 的检验、R 值的测量、双光子物理等。

通过对上述各项物理工作的研究,我们期望: (1) 获得更为精确的测量结果并为国际高能物理学家所引用, (2) 澄清目前不同实验结果之间的分歧和疑难, (3) 发现新粒子态和测量

稀有过程的分枝比。这三个目标中任何一方面的进展都将使 BEPC 跻身国际竞争的行列。

建议建立一个全国性的同步辐射用户委员会,协调管理 BEPC 的同步辐射应用以及合肥中国科技大学的 800 MeV 的专用同步辐射加速器。这两个加速器的同步辐射波长互为补充,有广阔的应用前景。

加强和发展我国的宇宙线研究。我国宇宙线研究早、基础好,且具有得天独厚的高山条件,近年来在国际合作方面也有了较好的进展。因此,特别应利用现有的条件从事超高能下粒子强作用研究,宇宙线起源和天体物理研究。宇宙线所达到的能量是目前加速器达不到的,应当进一步加强对宇宙线研究的支持。

立即着手进行加速器新原理和新技术的研究。国际上建造大型加速器的趋势是提高能量、提高亮度、采用对撞机。由于巨大投资和占地面积大,大大限制了高能物理学的发展。因此加速器本身亟需一次革命,国际高能物理学家正在开展加速器新技术的研究。我国应立即着手研究加速器的新原理和新技术。

在核物理学研究中,实验是基础工作,而且强烈地依赖于加速器、探测器、记录与分析系统。随着核物理实验日趋庞大、精密,这些设备也迅速大型化复杂化。相应地需要足够的财力、人力、物力、技术的支持。按我国现在的条件,暂时不可能再从头兴建若干新的研究基地,而必须发挥现有设备、人力的作用,重点加以支持。由于高等院校的大型、新型加速器较少,各研究所应尽量向他们开放,联合起来,充分发挥现有大型、新型加速器和其它设备的作用。

中科院兰州近代物理研究所已应用重离子迴旋加速器在库伦位垒附近能区做出了接近国际水平的研究工作。即将建成的串列迴旋式重离子加速器将把研究工作推向费米能区。如再发展“后加速”,将拓宽到亚相对论性能区。而在后两个能区,国外的研究工作也才开始。北京原子能研究院刚建成的串列静电加速器的能量分辨好,适合于在库伦位垒附近能区做精细的研究工作,现已开始进行。中科院上海原子核所不久将建成的串列静电加速器同样也可用于稍低能区的研究工作,现已积极准备。这样,在重离子核物理研究方面,我国就有了成套的加速器设备,足以与国外平等地竞争。兰州的串列迴旋式重离子加速器已配有 8 个大型实验终端。北京原子能研究院串列静电加速器已配有磁谱仪等终端。上海原子核所也计划建立磁谱仪等终端。这些都为向国际水平进军创造了条件。但是大型的加速器不是仅仅一个研究所就能够充分发挥其效能的。特别是我国只有这一套加速器,更应充分利用其束流时间。所以,原子能研究院已宣布:串列静电加速器实验室面向全国。近代物理研究所和最近参加兰州重离子核物理及其应用讨论会的来自全国各单位的专家都建议将兰州串列迴旋式重离子加速实验室建成国家实验室,并在条件成熟时向国外开放。

在原子能研究院和上海原子核所的串列静电加速器、迴旋加速器上仍可做轻核反应、中子物理等核物理传统研究工作。在有了串列静电加速器后,实验精度可以大大提高,从而可向国外同类工作水平逼近。成都原子核科学技术所的重点在原子分子物理、中子物理及其它应用基础或应用研究方面。中能核物理的研究缺乏实验条件,可利用高能物理所的电子直线加速器。

在原子分子和光物理学研究中,逐步加强学科重要前沿中我国的空白和薄弱环节,使整个学科能较均衡地发展。例如应逐步加强原子分子物理中的实验研究;光物理中的高分辨和超高分辨光谱的研究(包括禁铜原子光谱);超快过程的研究;压缩态的实验研究等。

注意发展交叉领域的研究。例如原子分子物理与等离子体物理交界处,光物理与凝聚态物理、化学物理、生物物理等的交界处。

适当加强系统积累数据、不断探索改进测量精确度等属于长远建设的基础性工作。例如光谱数据和各种物质参数的系统积累;提高光谱分辨率方法的系统深入的研究;频率、波长测量精度的不断改进等。

加强对现有开放实验室的管理,在人才集中确有基础的地方建设新的国家实验室。北京地区光物理人才比较集中,工作基础较好,与光物理相交叉的学科比较齐全(如化学、生物、环保、凝聚态等),建议尽快批准建立“激光-物性开放实验室”。

目前进行原子分子物理及光物理研究的人才分散在不同的研究机构,没有统一组织和规划,影响这些学科的发展。建议尽快成立国家级的光物理与原子分子物理研究所。该所可按改革精神进行组织管理;建所开始就按照基础研究的特点理顺各类人员的比例关系,建立起适合于进行基础研究的各级研究组织。

在凝聚态物理学研究中,应优先支持具有国际竞争能力的学科前沿领域,逐步加强重要前沿中我国的空白和薄弱环节。同时,必须注意保持各学科按比例协调发展。

一些被认为是凝聚态物理的“常规”的研究,如材料的电导率的测量和分析,磁性材料的磁性测量和分析,介电材料的介电常数,介电损耗和电击穿强度等,在我国多数还是“非常规”,因此,还必须填补这些研究。

凝聚态物理与物理学的各分支学科以及其它学科有着密切联系。必须注意加强协作,发展新的交叉学科。例如粒子物理学的量子场论对发展统计物理和固体理论提供了格林函数方法,而超导磁体又为发展粒子物理学提供优良的设备组件。由于凝聚态物理的基础性,它的成果必然要进入相邻学科。例如超高压物理研究同地学研究发生关联;非平衡态热力学发展为生命科学研究开辟了新途径。

在等离子体物理学研究中,要加强基础等离子体物理研究、迅速建立一支基础等离子体物理研究队伍。

理由是:

(1) 必须强调指出,现在急需建立的是从事等离子体基础研究的队伍。虽然目前我国已有一支规模不小的受控热核聚变的研究队伍,但是受控热核聚变是等离子体具体应用的一个方面,它可以促使等离子体物理学的发展,但它不能替代等离子体物理学整个学科的建立和发展。因此,应用不等于学科,受控核聚变不等于等离子体物理学。我国现在缺乏的是从事等离子体基础研究的队伍。

国外通过长期的实践,认识到建立和发展等离子体物理学学科的必要,他们大力纠正过去的“需要什么就研究什么”的状态,正在有意识地逐步建立和发展等离子体物理学这一学科。

(2) 我国对等离子体物理学的发展还无长远规划,从事等离子体物理基础研究的人才奇缺。基础研究的薄弱在应用研究方面的反应势必是应用研究的低水平、低质量的重复以及缺乏“后劲”,失去国际竞争能力。其结局必定是我国的等离子体研究落后再落后,以致无法赶上世界水平。

(3) 等离子体物理学与很多学科交叉,等离子体基础研究的深入,必定会促使其它学科的发展。

基于以上考虑,我国必须迅速建立一支从事等离子体基础研究的队伍。这是一项“基本建设”,它具有深远的战略意义。

在受控核聚变研究方面要深入进行物理机理的研究,争取在物理思想上能参与国际竞争。目前国内已有不少规模不等的受控热核聚变研究装置在运行,面临的共同问题是物理思想不够活跃,诊断设备还未配套,因而虽有装置,但还不能做出跨入世界竞争行列的研究工作。问题在于:中年研究人员中有些能从事物理研究的人才在装置建成之后仍在做些其它的工程技术工作,未投入到物理研究中去;青年研究人员欠缺,或者还未成长起来。针对这种情况,现阶段要充分利用现有装置和设备,努力组织物理研究人员深入物理机理的研究工作,以期在某一方向形成新的物理思想和新的概念,参与国际竞争,同时也为聚变的研究做出贡献。

密切注视国际动态,有计划地进行技术预研。聚变研究因种种原因在世界上是时起时落的。我们应坚定意志,冷静分析,密切注视国际研究新动向,对那些将来必需的技术要坚持不懈地进行预研,国家应给予鼓励和支持。

选准目标,建造规模适当的装置。我国在受控核聚变研究方面在世界上要有发言权,除了要有先进的物理思想之外,还必须具有一定规模的实验装置,因为这是体现国家工业技术水平和实验研究水平的标志之一。但大装置需要大量人力、物力和财力,因而必须选准目标,在国家财力许可的条件下,在我国建造适当规模的装置。

在空间和天体等离子体方面,加强设备建设,提高现有地面站和科学卫星的科学价值。

我国空间和天体等离子体物理研究的最大困难是缺乏先进的观测设备和手段。现有不多的地面台站大多数仪器都很陈旧落后。空间直接观测远未达到实用的程度。所谓科学技术卫星实际上没有科学价值。必须从思想上克服只管技术,轻视科学的近视观点。

从90年代开始,发展科学卫星系列,并在1992年(国际空间年 ISY)左右,发射一颗日地物理卫星。最好以这颗卫星仪器研制为内容,开展国际合作,吸收先进的探测技术。象中美合作卫星计划一样,仪器制作由国内外分工负担。更为理想的是参加国际日地物理(ISTP)计划,同国外交换资料。

投资建立行星际闪烁(IPS)观测设备。约化费数十万元。可作为监测空间扰动的手段,探测太阳风三维扰动的传播,等离子体的非均匀结构和湍流涨落功率谱等。

在低温等离子体方面,应注重建立和发展测试设备,加强物理机理研究。低温等离子体研究在我国已有遍地开花的趋势,但相当部分属于国外70年代初期阶段,目前国外已向纵深发展。诊断,等离子体过程和模拟计算研究有明显发展,美国1986年还专门提出一门“辉光放电等离子体物理学”。我国低温等离子体研究要真正解决应用课题,要想研究水平有较大的提高,要使研究工作有所创新,其重点应加强等离子体内部参数的诊断和物理化学过程的研究,尤其是非平衡等离子体中的微观过程和化学反应动力学。不应把等离子体简单看作成熟的“工具”,应该作为一门新兴的交叉学科来对待,组织不同专业的人员合作研究。

在声学研究中,要着重发展噪声控制、超声学、水声学和语言学的基础和应用性基础研究。这些学科的发展将会为国民经济和国防作出重要贡献。

应当加强对量子声学、非线性声学和大气声学这些比较薄弱的基础研究分支学科的支持,它们将可能出现新现象、新理论、新效应、新应用。

填补生理声学、心理声学方面的空白。当前,人们对神经系统、感觉细胞的机械变形到神

经脉冲的产生,对于听觉神经的信号如何传给脑神经,以及脑神经的感知问题知道甚少。而这些带根本性的基础问题,国外特别重视,很有可能从这里首先突破思维的禁区。

在理论物理学研究中,要强调其作用和特点。因为理论物理代表了我国基础研究的一个重要侧面,在全世界竞争的格局中我国处于亚洲的第二、三位。如果我们不加紧努力,不仅落在日本的后面,落在印度和南朝鲜后面的危险也严重存在着。鉴于理论物理的重要性和我国在世界竞争行列中所处的位置,建议今后对理论物理研究的支持强度逐年应有所加强。虽然理论物理所需经费相比之下不大,但是随着通货膨胀,图书资料的价格每年都在上涨(特别是外文图书和杂志的上涨率包括了汇率的变化,每年以百分之几十的速度上涨),因此不加强便是实际上的削减。扣除价格上涨的因素后国家的实际支持还应逐年增加。

对于理论物理内部的各领域的支持,可以分重点和非重点。对于重点领域的支持每年以较高的速度增加,非重点领域的支持至少是维持或略有增加。理论物理研究是基础性的研究工作,若要做出重大影响的成果,并不是像水中冒泡那样的孤立事件,仅孤零零的一、两个工作是成不了“气候”的,而需要出一批有份量的研究工作,成长起一批人才才行。因此,重点支持的方面应坚持长期稳定而且不能太窄,以便相互渗透。无论重点支持还是非重点支持的领域,在审定是否给予支持时要严肃、认真考虑。一旦决定支持后,便不要轻易撤销支持。半途而废的支持,对国家,对研究人员都是比开始时就不支持还要糟糕,既耗费了人力又浪费了财力。

基于以上的考虑,并且还考虑到世界和我国的现状,以及各学科前沿和其应用上的意义,建议今后国家重点支持:(1)围绕下一代加速器上的物理实验,支持有关的现象学及其基本理论(包括对称性动力学自发破缺、复合模型、超对称直至超弦试图统一所有相互作用的努力等)的研究。(2)支持结合格点规范理论,发展处理非线性强作用的粒子物理问题和统计物理问题及方法的研究。(3)支持开展中、高能核物理的研究以及用量子色动力学来解决核物理问题和层子—胶子等离子体等方面基本问题的研究。(4)支持开展高温超导、无序、低维、亚微观系统(宏观的,但表现出量子效应的系统)等方面的研究。(5)支持发展处理远离平衡态的物理现象的方法及结合混沌现象对非线性问题等方面的研究。(6)支持结合物理各分支领域(从粒子物理到凝聚态物理)的成就开展天体物理和宇宙学的研究,支持开展引力理论的研究。(7)支持开展两维共形场论和严格可积模型的研究。(8)支持结合计算物理问题开展并行计算机的研究工作。

(三) 保证

长期稳定的政策和逐步增长的投资强度是我国物理学基础研究得以顺利发展的基本保证。这是建国 30 多年来的一条基本经验。政策不稳定的基本原因,是有时看起来物理学的基础研究很没有用,有时又似乎很有用(“有用”包括经济、社会效益和国家民族的荣誉)。殊不知“有用”却是寓于长期看起来“无用”之中的。这是基础研究的特点决定了的。例如,高温超导体的重大突破,在一年前还无人敢以想像,今天却成为现实。但今天所以能在我国的土地上开出这朵鲜花又决不是偶然的。这既是我们坚持在超导领域进行长期的似乎“进展甚微”的探索的结果,同时又是因为我国多年来已在低温物理、材料生长、性能测试、结构分析等凝聚态物理的多个领域打下了坚实的基础。基础研究要靠长期积累,一时的中断往往需要很长时间的弥

补,决非强调一下便可立见成效的。因此,政策的波动所带来的后果往往比当时所表现出来的要严重得多。

虽然总的来说我们的基础研究水平和成果相对发达国家来说有很大差距,但从我们所取得的成果与我们的投资强度相比却并不算太差。这说明在现有投资强度下,通过管理和政策的完善,人们积极性进一步发挥,可以将工作做得更好些,但要有很大的改变是困难的。

(四) 关键

提高科学技术队伍的素质是发展科学技术事业的关键。这对物理学基础研究而言更是如此。建国 30 多年来物理学的研究队伍数量上有了很大发展,能够担负学术带头人的研究骨干的绝对数目有了显著增加。但缺乏高水平的学术带头人和骨干仍然是个严重问题。加上众所周知的人员老化,问题变得更为严重。就目前我国的情况来说,解决这个问题要从两方面入手。一方面要关怀爱护提高目前工作在科研第一线的一代中年人,充分发挥他们的创造才能和承上启下的作用。另一方面要发现培养青年一代的优秀人才,吸引国外留学人员回国工作。对突出者破格委以重任,使之更快成长。

(五) 学科交叉

这包括物理学内部各分支学科之间的交叉,例如凝聚态物理与原子分子和光学物理之间;原子分子物理与等离子体物理之间的交叉。同时也包括物理学和化学及生物学等其它学科之间的交叉。这些交叉领域往往是学科的生长点,应予充分注意。应创造条件使不同学科领域的研究人员能在一起讨论,探讨和进行合作研究。尤其应鼓励有志青年致力于交叉学科的研究。

(六) 国际交流与合作

由于基础研究的特点,它的任何一项研究都多少带有国际性,它的研究成果最终必须得到国际的承认。因此,对物理学的基础研究来说,应将国际学术交流和合作提到战略高度。应鼓励各个课题组参与国际竞争,从中锻炼队伍,培养人才,逐步将我们的工作提高到国际水平。除了在国外实验室参加国际合作外,应逐步创造条件吸引国际学术界来我国进行合作研究。

四、政策与措施

(一) 投资

1. 对基础研究应采取拨款制度与基金制度相结合的办法。通过拨款制度宏观控制各分支学科领域发展的比例。

2. 在保证年度投资稳定增长的前提下,根据“发展战略”一节提出的学科布局方面的考虑,对物理学内各分支学科的投资比例逐步作适当调整,以利于在国力允许的范围内各分支学科更均衡地发展,最终也更有利于物理学本身的发展。

3. 对那些具有国际竞争能力的研究领域,尤其是那些工作基础好、学术带头人学术水平高的研究集体适当加强投资强度。

4. 对我国空白或薄弱的重要前沿领域,应有选择地向那些确有条件开展的单位加强投资。

(二) 人才

1. 确立对基础研究的评价标准。应以开创性大小来评价基础研究成果。
2. 强调按人择优支持的原则,鼓励支持有为青年立志在我国一些重要薄弱的前沿领域和交叉学科进行有长远打算的、坚持不懈的开拓。
3. 在改革后的经济体制中,从事基础研究的人员以不低于科技人员平均收入为好。
4. 稳定基础研究中的技术队伍。对这些人员应在生活上给予特殊补贴,在职务提升和社会荣誉上给予支持和鼓励。

(三) 组织

1. 继续办好中国科学院所属的综合性和专业性的物理研究所。
2. 充分发挥高等学校作为基础研究重要方面军之一的作用。
3. 建立开放型的国家实验室。
4. 应逐步建立多渠道的基金制度,尤其应争取产业部门和公司设立物理方面的研究基金。

(四) 协调、交流和学科交叉

1. 对我国已具备国际竞争能力的一些研究领域,应加强各单位之间的协调和交流。可以成立某些协调组织,加强统一规划、分工和协作,以期加强国际竞争的能力。
2. 应适当增加出国参加国际学术会议和其它进行对外交流的机会,继续鼓励科技人员出国访问或进行合作研究。
3. 创造条件在我国的实验室开展与国际学术界的合作研究。
4. 为促进交叉学科的研究,可在一些条件较好的单位设立访问研究职位,邀请其它学科的专家利用该单位的实验设备进行交叉研究;也可由一两个单位联合组织开放式的水平较高的研究组织,其主要学术方向由跨单位的咨询委员审定;用基金方式优先支持跨学科的交叉研究。

天 文 学

天文学调研组*

一、天文学及其研究特点和意义

(一) 天文学及其分支

天文学是研究宇宙间天体的科学。它研究天体的位置和运动;研究它们的化学组成、物理

* 调研组成员: 苏洪钧 方 成 金文敬 黄 磷