

高能所理论物理50年回顾

——庆祝高能所建所50周年

姜焕清

(中国科学院高能物理研究所 100049)

根据1972年9月11日周恩来总理关于“科学院必须把基础科学和理论研究抓起来”的指示,五十年来,理论物理研究一直是高能所的重要研究方向之一。回顾50年的发展历程,理论物理研究领域不断扩大,研究水平逐步从跟随到进入国际先进行列。

一、奠基

高能所理论物理研究的历史可以追溯到1950年。1950年5月,高能所的前身——中国科学院近代物理所成立时,理论物理就被确定为四大研究内容之一,当年就成立了理论物理研究组,彭桓武副所长兼任组长。全组共八人:彭桓武、胡宁(兼)、邓稼先、朱洪元、黄祖洽、金星南、殷鹏程、于敏。

从1953到1956年,一批年轻理论物理工作者充实进来,扩充了理论物理研究队伍。到1956年,理论物理室分为场论组、核理论组、反应堆理论组、计算数学组。彭桓武任室主任,朱洪元任场论组组长,于敏任核理论组组长,黄祖洽任反应堆理论组组长,金星南任计算数学组组长。1956年开始,为了两弹研制的需要,一部分理论物理工作者分批调去从事相关研究。他们为我国“两弹”做出了杰出贡献,其中包括两弹元勋彭桓武、于敏、邓稼先等。

在上世纪60年代,从事理论研究的条件相当困难。在那时,国内没有像样的高能物理和核物理实验研究,与国外学者的交流很少。研究的想法只能从阅读别人发表的文献缝中获得,而文献发表的只

是几个月之前他们所从事的研究。这样,我们获得国际上最新的信息要比国外晚半年以上,很难了解国际上最新的学术动态。理论计算的手段也只能用手摇或电动计算器,需要大计算量的研究几乎不可能实现。在上世纪60年代以前,我们的理论研究水平与国际先进水平有一定差距。尽管如此,在某些点上,我们还是做出了不错的成果。例如,1965年原子能研究所理论物理室朱洪元、汪容、何祚庥、冼鼎昌等联合北京大学和数学所同行,提出了强子的层子模型,合作开展了层子模型研究。同时,核理论组于敏、张宗焯、余友文、李清润等也开展了轻原子核的相干结构、原子核的配对效应等理论研究。在1966年夏天北京国际物理讨论会上,两个组的工作都做了大会报告,受到国际上的重视。

上世纪60年代以前的研究工作也培养了人才,在1966年前后,理论物理室的队伍有60人之多,为后来的发展奠定了基础。

二、恢复发展,艰难探索

从1966年5月开始,由于“文革”的影响,原子能所的理论物理的研究工作基本停顿。1969年11月,理论物理室的大部分人员下放“五七”干校和军垦农场劳动锻炼。留所人员参与成立“高能所筹备组”,一部分时间从事中能、强流、质子、直线加速器可行性的研究。直到1971年起,下放劳动锻炼的人员才陆续回所,理论物理研究工作重新逐步恢复。

1973年高能所成立后,张文裕所长十分重视理论物理研究。他曾亲自到理论物理研究室介绍 μ 原子研究的历史和现状。在中国科学院决定成立理论物理研究所时,他仍然坚持,高能所必须保留理论物理研究室。

在很长一段时间,高能所理论物理室分成两个大组,场论组和核理论组,研究队伍整齐。这两个组的研究工作当时在国内同行中有很大的影响。

1978年,中国科学院决定组建理论物理研究所,高能所一部分理论物理研究人员调去理论物理所,其中包括彭桓武、何祚庥、张肇西等多位学科带头人。从此以后,两个所的理论物理队伍长期保持密切合作,共同举办学术活动,共同推动我国理论物理研究的发展。

上世纪六七十年代,粒子物理学标准模型已经建立起来,它主要由两个相对独立的重要部分组成。一部分是具有SU(3)规范对称性的量子色动力学,它是描述夸克和胶子之间强相互作用的基本理论,具有渐近自由的特性;另一部分是基于SU(2) \times U(1)规范对称性和规范对称性自发破缺机制的弱电标准模型,它可以统一描述弱相互作用和电磁相互作用。1974—1976年何祚庥、黄涛和张肇西等在Lehmann-Symanzik-Zimmerman场论体系里建立了复合粒子场论体系和场流关系式。

在20世纪60—70年代,传统原子核物理学面

临新的挑战 and 机遇。一方面,除了 π 介子以外,实验上发现了许多重介子和重子激发态。夸克模型预言,重子、介子等强子不再是基本粒子。另一方面,实验上,传统的电子和核子探针的能量大大提高,可以实现大动量转移过程,又出现一些新的研究原子核的探针,研究原子核内新的非核子自由度以及利用中高能新探针来研究原子核成了核物理研究的一个前沿方向。其中许多前沿课题又是粒子物理与核物理的交叉,是检验粒子物理学标准模型的重要场所。从70年代开始,高能所理论室确定了中高能核物理为原子核理论研究的主攻方向,率先在国内开始了超核结构、多重散射理论、高能强子探针与原子核的散射等中高能核物理的理论研究,成为国内最早进入这一领域的研究组。在高能所成立前夕,1972年10月,全国第一次核物理大会在兰州召开,高能所派七人参加了这次大会(见图1),理论物理室的参会者在会上提出多篇报告,分析了当时核物理研究发展的两个前沿,中高能核物理与重离子物理,建议在我国开展中高能核物理的理论研究。在1976年,张宗焯和厉光烈等率先推广了原子核结构中SU(2) \times SU(2)分类,把 Λ 超子包括进来,进行了SU(2) \times SU(3)分类,研究了超核的性质和 Λ 与核子相互作用,发现超核的超对称态是一些 Λ 超核的最低激发态状态。

1977年,高能所理论物理室发起并在安徽黄山



图1 高能所参加第一届全国核物理大会的代表合影

组织了第一届全国粒子物理理论讨论会,1978年,发起并在安徽铜陵组织召开了第一届全国中高能核物理大会,理论物理室提供主要的大会报告。高能所理论物理室发起的这两个全国会议后来成为系列的全国会议,延续到今天。接着,在高能所还举办了全国中能物理讲习班,全面介绍当时中高能核物理各方面的理论基础,来自全国各高校和研究机构的数十人参会,为全国各单位后来开展的中高能核物理研究起到了引领作用。

三、改革开放,走出国门

1978年开始,随着国家的改革开放,科学院陆续派出研究人员赴西欧和美国等西方国家访问并进行合作研究,高能所理论物理研究人员最早被派往西欧核子研究中心和联邦德国进行较长时间的访问研究。紧接着,1979年以后,更多研究人员作为访问学者陆续被派往美国和西欧等发达国家大学和实验室。由于他们的基础和勤奋工作,很快都在一些前沿领域做出了重要的、有意义的研究工作。

国家的改革开放,研究人员走出国门,对于高能所理论物理研究产生重大影响。在国外,学术交流十分频繁。例如,1978年到1980年间,在海德堡大学理论物理所,几乎每周都有来自世界各国的著名物理学家访问,报告相关学科的最新进展,讨论十分热烈,不仅有理论物理学者,还有实验物理学家,研究人员很容易了解到研究前沿。访问学者还有机会参加了一些国际会议,应邀访问了各大学,报告研究成果。

1981年以后,出国访问的人员陆续回国,他们不仅业务上有很快的成长,还结识了朋友,还引进了一些好的学术交流形式。一批国外学者陆续应邀来高能所进行学术交流,为后来的国际合作打下了基础,为提升研究工作水平创造了条件。

高能所理论物理室一直关心国内实验装置的

建设工作,积极参与高能加速器的建设方案的讨论,1981年3月,朱洪元和谢家麟两位副所长访问美国,讨论正负电子对撞机方案。在美国访问研究的理论物理工作者也参与北京正负电子对撞机物理目标和方案的论证。

四、开放联合,研究水平不断提高

到80年代后期,理论室开展了多种形式的学术交流,促进研究工作深入。在国内继续组织和参加全国学术会议,组织国际学术会议和双边学术会议,同时派人出国参加各种国际学术会议等等。1987年6月,理论物理室建议在北京举行的国际中能物理讨论会是中能物理领域首次在国内举办的国际会议,也是高能所首次举办的较大规模国际会议,有来自15个国家和地区164位科学家参加。24位国际著名专家应邀做了大会报告。90年代,理论物理室建议海峡两岸在中能物理研究方面加强交流,得到两岸学者的支持,1992年在高能物理所组织第一次讨论会,后来有多次讨论会轮流在大陆和台湾举行。

1988年,北京正负电子对撞机和北京谱仪建成并投入运行,密切配合北京谱仪上的实验开展粲物理和 τ 轻子物理的理论研究成了理论物理研究的重要方向之一。理论室对在BES上可能发现的胶球和四夸克候选者的性质进行了理论研究,通过引入背景场方法,从场论的观点提供了一个系统地描述胶子球和四夸克态的途径。

在量子色动力学的研究方面,提出了构造强子波函数方案。同时应用QCD求和规则方法计算波函数的非微扰性质和利用已构造的模型检验微扰QCD对遍举过程的应用。大统一理论的研究,无色磁单极和双子解及其与费米子的相互作用的研究,重味物理与CP破坏的研究取得进展。中高能核物理的理论研究也取得了一批重要的研究成果。其中有超核及 Λ -N相互作用的研究,从正反夸克对产

生机制出发对核力中程机制的研究。从不同的途径对 π 介子与原子核相互作用、高能多重产生与相对论重离子碰撞、原子核上的弱作用过程与轻子数不守恒问题的研究。EMC效应及有关物理问题的研究取得了进展,他们提出了 x 重新标度模型和分子演化模型统一描述了EMC效应,核遮蔽和反遮蔽效应,核Drell-Yan过程和原子核上 J/ψ 光生反应等物理现象。

1995年2月起,高能所开始探讨BEPC/BES下一步的发展计划,探讨 τ -C工厂物理目标和可行性,理论物理室积极参与 τ -C工厂物理目标和可行性的论证,为后来的BEPC II/BESIII的物理目标的确定打下了基础。90年代,兰州重离子加速器建成,为提升其研究水平,按照科学院领导的建议,要加强理论研究,吸纳全国的理论物理力量,成立国家实验室原子核理论中心,高能所理论室积极参与中心的建立和活动的组织。

五、深化改革,攀登新高峰

1999年科学院实施知识创新工程第一批试点。1999年12月,院基础局组织专家评审确定,高能物理所理论物理室以知识创新项目方式率先进入科学院第一批知识创新工程。2001年4月,高能物理所进入中国科学院知识创新工程二期试点后,理论物理为高能物理所重要方向之一。到上世纪末,科学院相继建成了北京正负电子对撞机,兰州重离子储存环,上海光源,国家天文台的LAMOST等大装置。为了加强院内大科学装置实验研究与理论研究的结合,2006年12月,科学院办公会议决定成立中国科学院大科学装置理论物理研究中心,挂靠高能物理所。理论室为此开展了大量工作,组织了多种交叉研讨会,为各方面引进和培养博士后。

进入二十一世纪,一批年轻的研究骨干陆续从国外回国,充实了高能所理论物理研究队伍。高能所理论物理研究进入了攀登新高峰的新阶段,一个显著特征是研究的领域进一步扩充,研究内容涵盖

了粒子物理、中高能核物理、数学物理、引力理论以及粒子宇宙学,主要的研究课题有中微子物理、TeV物理、宇宙学、重味物理(粲物理和B物理)、强子物理、微扰场论自动化计算、格点QCD和其他非微扰方法、RHIC物理和QCD相变、引力与相对论、弦理论及数学物理等。

另一个显著特征是理论与国内外的实验研究更加紧密地结合。例如,利用我国的BEPC在寻找这些新强子态方面有其独到的优点,理论和实验两方面学者的密切配合可以大大提高研究水平。理论室人员直接为实验分析提供理论分析手段,BES合作组2001年在美国物理通讯上发表了首篇利用 J/ψ 衰变研究核子激发态性质的文章,开启了BES物理研究的新方向。二十年来,邹冰松等构建了协变张量分波分析理论公式及计算机程序框架,与BES合作,基于这些公式的分波分析结果有125条目被PDG收入在粒子数据表中。中微子物理是国际高能物理、天体物理与宇宙学共同感兴趣的热点领域。又如,中微子振荡实验是研究中微子性质的主要途径,反应堆中微子实验最有可能获得突破性成果。高能所理论物理学者积极参与大亚湾中微子实验有关物理与其他地下实验室有关物理的研究,参与江门实验相关的中微子理论和唯象学研究,深度挖掘江门实验的物理潜力,与合作者提出了基于江门实验的大型液闪探测器的超新星中微子能谱的重建方法,系统分析了江门实验升级后对无中微子双贝塔衰变和中微子绝对质量的探测能力。再如,理论室研究人员在前期关于暗能量模型、宇宙的起源与演化等理论研究的基础上,经过反复论证,提出并领导中国阿里原初引力波探测计划。

六、成果丰硕,人才辈出

多年来,理论物理室的研究工作,取得许多重要成果。早期的工作主要是为我国“两弹”做出了重要贡献和提出了强子结构的层子模型。



图2 回顾历史,展望未来,2007年理论室在京老同志回室聚会

1985年首次建立科学院基金资助项目,高能所获得批准的11项,其中承担的理论物理研究项目6项。截至2020年,理论物理室共得到国家自然科学基金支持项目180项,其中重点和重大项目有10项。从1981到2001年,理论物理室获得科学院三等级以上奖励25项。1973年至2020年在重要的学术期刊上共发表研究论文4274篇。

五十年来,理论物理研究队伍不断更新,1997年起,通过多种途径引进国外杰出人才,实现新老队伍交替。有14人获得了科学院“百人计划”和国家“引进海外青年优秀人才”的支持,9人获得杰出青年基金支持,有3人获得中国物理学会“吴有训物理奖”和2人获得“王淦昌物理奖”。

五十年来,理论物理室为其他研究所和高校输

送大批人才,大批人员来理论物理室进修合作,他们后来成为单位的骨干。据统计截至2020年理论室共培养了博士研究生189名,包括国内培养的第一位理学博士马中骥,硕士研究生57名,博士后113名(包括12名外籍博士后)。其中得到国家自然科学基金会杰出青年基金、优秀青年基金和其他国家人才项目支持的有20余人次。他们中有些人留室工作,有些到其他单位工作,成为本室和其他单位的研究骨干。回顾历史,展望未来,2007年理论室在京老同志回室聚会(见图2),大家对研究室的发展感到欣慰。目前理论物理室有一支精干的高素质的研究队伍,承担了一批来自科技部、国家自然科学基金会、中国科学院的重要项目。