
* 成果与应用 *

理论物理若干重大前沿课题研究 近五年的成果

周 光 召*

(学部委员, 中国科学院院长)

“理论物理若干重大前沿课题研究”是由中国科学院理论物理所、高能物理所和北京大学物理系共同承担的国家自然科学基金委员会重大项目。自1987年底执行以来, 共完成科学论文 420 多篇(其中已在国际主要刊物发表 186 篇, 国内主要刊物发表 136 篇, 国际会议报告 69 篇), 出版英文专著 1 本, 编辑专题和会议文集 9 本。已发表的一批有份量的研究论文, 反映了我们在该学科的研究上取得了某些实质性进展, 引起了国际同行的注意和重视, 为我国理论物理学研究在国际前沿争得一席之地做出了一定贡献。具体说来, 本项目五个课题组的成果如下:

一、非平衡系统中混沌现象的理论研究 课题组在一维符号动力学方面持续深入研究, 证明了一系列新的定理和法则, 提出和引入了新的方法和技巧, 使这一原本很抽象的数学思想发展成为研究混沌动力学的一套强有力手段——实用符号动力学, 并写出了第一本实用符号动力学专著; 在不变流形、最稳定流形和高维系统中符号动力学方面突破了若干难点, 发展了计算二维映象最稳定流形和 Lyapunov 指数的有力方法, 阐明了最稳定流形所导致的相空间分叶是二维符号动力学中建立符号序列排序规则的基础。此外, 在微分方程系统中混沌现象、量子混沌和声学系统中混沌现象的研究方面也取得了一些重要的新结果。

二、凝聚态理论中若干问题和量子多体理论 课题组在低掺杂空穴载流子在反铁磁背景上的运动研究方面做了深入系统的工作, 在国际上同类工作中首先提出自旋背景畸变的重要性, 采用新的理论方案, 得到了空穴载流子在反铁磁背景上运动的较为清晰的物理图象; 率先写出在大 U 条件下一维 Hubbard 链自旋算符所包含的空穴信息, 基本上弄清了自旋自由度和电荷自由度分离的确切含义; 将闭路格林函数方法引入在强场下非线性量子输运过程基本研究中, 澄清和解决了线性和非线性量子输运的一系列基本问题。此外, 在低维磁性系统和卤素搭桥的混合键金属复合体 (Halogen-Bridged Mixed Valence Metal Complexes) 系统的研究中, 亦得到了一些新的重要结果。

三、共形不变系统、量子场论及其大范围性质研究 课题组对相应于手征对称破缺 Goldstone 玻色子的 Lorentz 协变 Bethe-Salpeter 体系进行了一般的分析, 计算了以 OCD 为依据的模型中手征对称破缺和 π 介子的性质, 得到与实验数据及流代数预言一致的结果; 在 Kri-

* 作者系项目主持人。

chever-Novikov 代数、多极点 Virasoro-Krichever-Novikov 代数及其在弦理论与共形场论中的应用方面作出开创性工作;首先研究了拟共形变换的对称性及在场论中的应用,推广了共形场论的概念,发现拟共形变换与二维引力有内在联系;在量子群及有关课题中完成了大量工作,指出所谓“非标准”群表示就是标准的形变李超代数的结果,发现量子群可在简单的经典力学系统中实现;在可积系统及统计模型、几何量子化及其应用、拓扑量子场论方面亦得到一些重要结果。

四、粲粒子物理和标准模型检验 课题组对北京正负电子对撞机(BEPC)的物理方案作了认真研究,在胶球和 J/ψ 家族的衰变性质研究中得出的一系列受到国内外同行好评和注意的结果;在 D 和 B 介子衰变性质、CP 破坏和相对论束缚态问题研究方面得到一些与实验有较好符合的新结果;在量子色动力学的非微扰理论方法研究中提出了自己首创的方法;在 τ 轻子物理、辐射修正计算理论中首次用级数法求得了电子正电子分布函数和始态辐射因子;在格点规范理论研究方面发展了新的解析计算途径并系统地研究了多种统计体系和场论体系,某些结果受到国际同行的重视和多次引用。

五、重味粒子和万亿电子伏特物理 课题组首次指出 O^+ 介子之间的混合由 QCD 轴矢反常矩阵元决定,在此基础上计算的 $J/\psi \rightarrow \gamma \eta$ 及 $\gamma \eta'$ 辐射衰变的分支比与实验基本符合;从 QCD 求和规则及相对论夸克模型等不同理论框架出发,讨论了重味介子的衰变常数和弱衰变矩阵元,较可靠地对 f_B 和 f_D 做出数值计算;提出了一种具有 QCD 渐近自由和禁闭性质的相互作用势,系统地计算了重夸克偶素谱和电磁跃迁宽度,得到了与实验符合较好的结果;对 B 介子到重子-反重子对的衰变、强 CP 破坏、中微子物理和 β 衰变、t 夸克和 Higgs 粒子、胶子集团效应和重离子碰撞等方面提出了许多新见解,并得到一些很有意义的结果,引起了国内外同行的兴趣和关注。

特别值得提出的是,通过本项目的执行,为我国理论物理学科培养了一批为数可观的优秀青年人才,其中一些人已成为学术带头人,其意义是深远的。据不完全统计,在此期间共有 15 名博士后人员、58 名博士生、73 名硕士生先后程度不同地参加了本项目各课题的研究(其中 23 人获博士学位、40 人获硕士学位),由他们参加完成的学术论文占整个项目完成论文总数的一个相当大的比例。

综上所述,到 1991 年年底为止,本项目各课题组均取得了超过预定目标的成绩,结果是圆满的。

取得以上成绩的原因是多方面的,国家自然科学基金会适时组织并支持了这个项目(尤其应当提到基金委数理学部物理二处为本项目立项和执行所作的大量工作),课题参加人员所在单位持续地提供了研究条件,为本项目的开展保证了必要的物质条件;各课题负责人精心的组织和全体参加人员的主观努力、拼搏精神和团结奋斗,促成了项目在高科学水平上超过预定目标。这些成绩从一个侧面反映了我国理论物理学工作者多年来在困难环境中始终坚持不懈为国奉献的精神,表明了我国这支队伍勇往直前,具有占领国际科学前沿的实力。