

理论物理学科简介

1、本学科点的历史沿革和现状概述

湖南师范大学自 1938 年创建以来，一直将理论物理作为二级学科中的重点学科进行建设。特别是自 1992 年开始，湖南师大率先在全国高校中实施人才战略，在人才强校政策的感召下，一批优秀中青年理论物理学术骨干先后从全国各地来到湖南师大，这批科研骨干的聚集为湖南师大物理学科的建设奠定了坚实的基础。这批骨干先后到美国、德国、英国、意大利、瑞典等国和香港、台湾地区攻读博士学位、做博士后或开展合作研究并归国，他们的学术水平得以进一步提高，学术视野更为开阔。在他们的共同努力下，理论物理于 1996 年被列为省重点学科，2001 年被批准为湖南省“十五”重点学科，1999 年其中的“非线性物理”被批准为国家“211 工程”重点学科，2000 年获得理论物理博士学位授予权，2003 年获得物理学博士后流动站，2005 年获物理学一级学科博士点。2006 年该学科被确定为湖南省“十一五”重点学科。通过“211 工程”重点学科和湖南省重点学科建设，形成了以匡乐满、荆继良、王小刚、海文华、余洪伟等教授为学术带头人，以一批中青年学者为骨干的研究团队；凝炼了一批具有鲜明特色的理论物理前沿研究方向；承担了一批包括国家“973”、国家“攀登”、国家自然科学基金重大研究计划项目和国家杰出青年科学基金项目在内的国家级重要科研项目；取得了一批高水平的创新成果；具备了进行高水平理论物理研究的科技平台和培养高水平人才的条件。

2、本学科点的主要研究方向介绍

本学科有如下五个稳定的研究方向：

(1) 光与物质相互作用物理

本研究方向由匡乐满教授主持，有教授 6 人，其中国家杰出青年

基金获得者 1 人、教育部跨世纪人才 1 人。主要研究光与物质相互作用中的量子效应的起源、产生和控制，探索新的量子现象，发展量子信息学、关联电子学和量子通信，构建未来信息技术理论基础。其研究课题涵盖了量子态工程、量子消相干性、宏观系统的量子效应、量子计算和量子通信等广泛的物理学和量子调控领域的前沿课题，重点研究量子信息的载体和调控原理及方法，小量子结构的新量子效应。其研究特色在于强调把基础理论与高技术课题的探索相结合。既注重光与物质相互作用中的基本问题，特别是量子力学中的一些基本问题（如：量子干涉、量子消相干性、量子测量、量子纠缠和量子非局域性等）的研究，又注重探索一些蕴含重大技术突破的高技术问题（如：原子激光、量子计算、量子通讯、关联成像、量子光刻和量子信号处理等）。该方向先后主持国家杰出青年科学基金和国家自然科学基金重大研究计划各 1 个、主持国家自然科学基金面上项目 10 个、主持教育部跨世纪优秀人才培养计划等省部级项目 20 余项，承担国家“973”计划和“攀登”计划子项目各 1 个。发表 SCI 论文 160 余篇，被 20 多个国家的 500 多位同行他引 1000 余次，先后获得湖南省青年科技奖，教育部提名国家科技进步奖二等奖和湖南省科技进步奖三等奖。量子态工程、量子消相干性、BEC 隧穿和量子信息熵方面的研究在国内处于领先地位。

（2）引力与黑洞物理

本方向由荆继良教授主持，有教授 4 人，其中国家有突出贡献中青年科技专家 1 人、享受国务院政府特殊津贴专家 1 人、国际引力荣誉奖获得者 2 人、全国百篇优秀博士论文获得者 1 人。主要对引力理论、量子理论、热力学和统计物理等诸多学科交叉领域中的一些基本物理问题进行深入系统的研究。目前致力于黑洞熵的统计力学起源、弯曲时空中信息及各种场在弯曲时空中的演化等研究。包括：1) 探讨不同黑洞在不同坐标系中由不同量子场引起的的统计力学熵与热

力学熵之间的关系；2) 弯曲时空中的量子纠缠和信息丢失问题；3) Dirac 场等各种场扰动的演化；4) 寻求新的 Einstein 场方程严格解和新的可观测引力效应。其研究特色在于深入系统地多学科角度来解决交叉领域中的基本物理问题，寻找其物理本质和基本规律。该方向先后主持国家自然科学基金面上项目 6 项、国家理论物理专项基金子课题一项、全国优秀博士学位论文作者基金和高校博士点基金等省部级项目 20 余项。2 人参与国家“973”项目。发表 SCI 论文 120 余篇，其中在影响因子大于 4 的刊物上发表 20 余篇，被 20 多个国家的百余名同行的 SCI 论文他引四百余篇次。出版学术著作 4 部。先后获得了“九五年度国际引力研究荣誉奖”、全国百篇优秀博士学位论文奖、国家教委科技进步奖（1986）和第十三届中国图书奖。引力场方程严格解、引力效应、黑洞熵、似正模等方面的研究在国内处于领先地位。

（3）凝聚态理论

本方向由王小刚教授主持，有教授 6 人，其中湖南省芙蓉学者特聘教授 1 人、洪堡学者 1 人。主要研究固体表面界面微结构理论和介观纳米体系量子输运理论。在固体表面界面微结构理论方面，采用量子力学第一性原理结合热力学研究金属氧化物表面和金属/绝缘体界面微结构及杂质吸附性能等。首次用普通 C 掺杂效应对相关实验观测结果进行了解释。研究了 Si/Cu 界面结构与吸附、Ni/Al₂O₃ 界面相图及其与吸附的关系等几种界面的微结构和力学行为。传统理论认为杂质原子对界面的力学特性总是有害的，我们证明了对于一些特定的界面，一些杂质原子能够极大地增强界面的结合强度。用非平衡格林函数方法研究了 Luttinger 量子线的输运性质，并推广到含自旋-轨道耦合和外磁场的情况，研究了量子线在电磁场辐照下的瞬态输运与量子调控，揭示了透射率随外场强度变化的规律和新现象。该方向研究人员在 PRL 上发表论文 5 篇，在 PRB 上发表 10 多篇论文，他引 500

多次，其中两篇论文单篇他引超过 130 次，王小刚曾三次在国际会议上做特邀报告。主持了国家自然科学基金重大研究计划和面上项目 6 项、“攀登”计划子项目 1 项、教育部博士点基金等省部级项目近 20 项。

(4) 孤子与混沌

本方向由海文华教授主持。有教授 4 人，其中享受国务院政府特殊津贴专家 1 人。主要研究冷原子系统和其它典型非线性系统中的孤子与混沌现象及其控制机理，揭示宏观量子系统中的新的相变规律。激光冷却技术的发展及其对囚禁原子（离子）系统的应用，为制造新材料、观察新现象、获取新知识提供了有力的实验基础。特别是 BEC 的实验实现，为人们提供了理想的可控制的宏观量子系统。本方向具有近 30 年研究孤子与混沌运动的积累，建立了独特的孤子微扰法和混沌分析方法。这类孤子微扰理论既适用于可积系统，又适用于不可积系统。将这些理论方法应用到囚禁原子系统和某些典型非线性系统中，发现了一系列新的孤子与混沌运动特征，包括孤子向混沌的演化、经典混沌与量子纠缠的关联和纯量子混沌等重要性质。该方向发表 SCI 论文 180 余篇，他引 400 多次。主持国家自然科学基金重大项目子项目 2 项、面上项目 6 项，国家重点实验室基金、省部级项目 10 余项。获国家教委科技进步奖三等奖 1 项。

(5) 量子场论

本方向由余洪伟教授主持，有教授 5 人，其中教育部新世纪人才 1 人、潇湘学者特聘教授 1 人。主要从事量子场论和粒子宇宙学方面的研究。包括：引力场的量子涨落及量子光锥涨落效应；电磁场的量子涨落与布朗运动；真空涨落与加速和引力场中原子的辐射性质。在粒子宇宙学方面，主要研究暗能量与宇宙学加速膨胀现象，包括暗能量及宇宙学模型的理论研究和利用数据拟合研究天文观测对暗能量及宇宙学模型的限制。与 Ford 合作建立了量子光锥涨落方法，被认

为是国际上有代表性的理论之一，被 CERN 理论部原主任 Ellis 评价为是“pioneering”和“encouraging”。在国际上率先提出并开展对电磁真空量子涨落驱动的布朗运动这一基本问题的研究，建立了基本框架。利用引力扰动理论研究了 Phantom 宇宙学模型中微扰的引力反作用，得到宇宙大撕裂可以避免的结论。利用数据拟合研究了可变暗能量宇宙学模型和推广的 Chaplygin 气体模型，得到了模型参数的取值范围，为解释宇宙加速膨胀的暗能量模型提供了有意义的结果。该方向发表 SCI 论文 90 余篇，其中影响因子 4.0 以上杂志上发表 25 篇，他引 300 余次。主持国家自然科学基金面上课题 4 项、参加者国家“973”计划 1 项、主持教育部新世纪优秀人才培养计划等省部级项目 10 余项。

3、本学科点的国家需求分析和发展前景

该学科紧密结合《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中的基础研究部分，面向国家重大战略需求的基础研究课题凝冻学科研究方向。方向一和方向四开展基于光与物质相互作用的物理学和量子调控领域的前沿课题研究，方向二和方向五研究微观和宇观尺度在极端状态下的物质结构与物理规律（如：量子场论、引力和黑洞物理学），方向三研究凝聚态物质与新效应。该学科抓住当前和未来高技术领域中的关键问题和物理学中的基本问题开展基础研究，把基础研究与高技术问题的探索相结合，在多个学科前沿领域的交叉点寻找突破。学科发展目标是，立足创新，瞄准前沿，坚持服务国家与鼓励自由探索相结合，取得一批原始创新成果，在某些学科方向达到国际领先水平。通过学科建设培养和锻炼人才，造就一批优秀理论物理工作者和能在相关交叉科学起关键作用的理论科学家。