



格“物”致新 穷“理”尽微

——走进中国科学院理论物理前沿重点实验室

■本报记者 倪思洁

北京,中关村。中国科学院基础科学园区东南角,有一座看上去很普通的小楼。走进小楼,安静而敞亮的天井里弥漫着淡淡的咖啡香味,时常有一些学者在这里驻足,端上一杯咖啡,或侃侃而谈,或激烈争论,或在黑板上默默演算,或倚在墙上若有所思……

这栋楼里,没有大型科研仪器,也没有试管交错的实验台。如果不是楼外挂的牌子上写着“中国科学院理论物理前沿重点实验室”(以下简称理论物理前沿重点实验室),人们很难将它与传统意义上的实验室联系起来,更难以想到这里学霸云集——楼道里偶遇的那些人,每天都徜徉在大宇宙和小粒子之间,与国内外同行进行着密切的合作和激烈的争论。

不做“实验”的实验室

在中国科学院诸多重点实验室中,理论物理前沿重点实验室显得有点“另类”。

“我们不做实验的实验室”,当然,这里的“实验”是要打引号的。理论物理前沿重点实验室主任、中国科学院理论物理研究所(以下简称理论物理所)所长蔡荣根笑着说。

做了30多年的理论物理研究,蔡荣根见证了理论物理研究范式的变化。作为物理学的基础,理论物理没有庞大且精密的实验装置。过去,研究人员依赖的“仪器”是一张纸一支笔,如今也不过是科研人员的头脑和计算机。

“如果非要说是做实验,我们做得最多的就是思想实验。”蔡荣根说。

正如伽利略推论“物体在不受力的影响时会永远运动下去”,爱因斯坦推论“光线在引力场中会发生偏折”,理论物理不少经典理论的诞生,靠的都是纸、笔和科学家的智慧。

这样的特质,让理论物理前沿重点实验室注定与众不同——没有华丽的装置,也没有庞大的科研队伍。

“实验室固定成员不足40人,但这个团队非常‘高精尖’。理论物理研究不在人多,而是需要顶尖的科学家。”理论物理前沿重点实验室固定成员、理论物理所党委书记冯锐说。

这里集聚了许多国内理论物理学科的杰出人才。实验室的固定成员全部是副研究员及以上级别,不仅如此,不少院士大家都曾经或正在这里工作,如彭桓武、周光召、何祚庥、戴元本、郝柏林、苏肇冰、于渌、张肇西、欧阳钟灿、吴岳良、孙昌璞、向涛、蔡荣根……

不关大门的实验室

每次走进实验楼,周善贵的目光总习惯在雪白墙上八个蓝色大字——“开放、交融、求真、创新”上停留片刻。这是2008年在理论物理所成立30周年之际,老所长周光召题写的办所理念。

1978年,在我国老一辈科学家和全国理论物理学界的共同努力下,经邓小平等中央领导批示,理论物理所正式成立。1985年,理论物理所成为中国科学院首批向国内外开放的研究所之一。

依托理论物理所20多年开放办所的基础,2008年理论物理前沿重点实验室成立,自然而然地继承了理论物理所“开放”的基因。

望着“开放”两个大字,周善贵的思绪时常会回到十多年前。2004年,周善贵辞去北京大学物理学院副教授一职,来到理论物理所

做副研究员,并在2008年理论物理前沿重点实验室成立后,成为实验室最早的固定成员之一。

当初,他做出这个决定,正是因为理论物理所的“开放”。“当我还在北大攻读博士学位时,就已经享受到了这里开放带来的福利。当时,理论物理所的资料室是国内特别好的资料室,大家都可以到这里来查资料。”

理论物理前沿重点实验室成立后,这里更成了一个不关大门的地方。

访问学者制度和各类访问学者计划逐渐建立完善。实验室固定科研人员可以邀请访问学者来访,实验室则会为这些访问学者提供旅费和生活补贴,实验室主管负责来访事宜的全程协助。

设立专项经费支持国内外优秀博士后和博士生。年轻的科研人员可以到实验室参加各种学术活动,实验室会资助他们旅费,并提供生活补贴。

2013年起,理论物理前沿重点实验室设立开放课题,制定申请指南和管理办法,面向全国征集开放课题项目。例如,自开放课题设立后,国内引力物理研究群体开展了卓有成效的交流与合作,发起了“引力物理联合讨论班”活动,共组织了百余场学术报告。

2017年起,实验室通过部署重大研究课题开展合作研究,由实验室科研人员牵头,组织国内相关领域科研力量进行攻关研究。

“我现在承担着实验室‘电弱对称破缺机制’这个课题的攻关研究工作。”理论物理前沿重点实验室固定成员舒青说,“我们课题组目前有3位固定研究人员,4位博士后和12名研究生,在实验室经费的支持下,我们还邀请了一位国外的资深教授每年来研究所开展3个月的合作研究。”

不仅如此,理论物理前沿重点实验室还通过实验室年会、卡弗里理论物理合作交流平台、彭桓武理论物理创新中心、前沿论坛、国际会议、交流互访等形式,吸引国内外杰出理论物理学家合作交流。

“我们每年春季都会举办实验室年会,围绕实验室的一两个研究方向,召集国内相关领域的学者前来交流工作。每年夏天,实验室还会举办高级研讨班和暑期学校,国内所有科研机构和高校的研究生都可以报名参加,坚持了十多年,培养了一大批学生。”理论物理前沿重点实验室副主任周宇峰说。

在全国理论物理学者心中,理论物理前沿重点实验室就像一个“学术之家”,而这个家的大门一直向国内外同行敞开,让实验室内外的科学家有了合作和切磋的机会。

不数论文的实验室

理论物理前沿重点实验室的管理人员曾统计过,从2014年到2018年,实验室共发表SCI论文1667篇,被引频次总计13610次,平均每年发表高水平学术论文300篇左右。但有趣的是,实验室在考核评估科研人员时却不数论文。

每年,当全国各地的实验室都在年终考核时,理论物理前沿重点实验室的科研人员会坐到一起,开一场特殊的“年终总结交流会”。实验室里60岁以下的科研人员都会出席,每人15分钟,介绍自己一年的工作。无论资历高低,介绍时,报告人随时可能被其他研究人员打断和质疑。

“没有人会因为我一年没发一篇论文而受到指责,也没有人会特意报告自己一年发了

多少篇文章。写文章对于他们来说不算难事,但他们的目标是,文章写出来要得到国内外同行的认可,要能真正推动理论物理往前走一步。”理论物理所科研处处长庄辞说。

获得同行认可才是科研人员的压力所在。“到理论物理前沿重点实验室来工作的人,都想真正做点事情,在科学研究上有成就,而不是仅仅发表几篇论文。”蔡荣根坦言。

在这个不数论文、不看“帽子”的实验室,每年的年终交流就像一场华山论剑,而考核评定就在学术委员会与科研人员高手过招的过程中完成。

“实验室的人不多,只要跟他们聊上几句话,就可以知道科研人员在思考什么问题、处于什么样的状态。”蔡荣根说。

这一科评评价方式是理论物理前沿重点实验室的一大特色。“在这里,大家是为了真正把物理问题搞明白,而不是为了赶时髦、发论文,或做一些看起来很热闹的研究。”理论物理前沿重点实验室固定成员易俗说。

由此,一些“冷门”科研方向得以“生长”。“回国工作13年,我只申请了两次竞争性科研经费,主要依靠中国科学院和实验室的经费支持。无序自旋玻璃理论在国内依然是独此一家,这样的冷门学科研究也许只有在我们实验室才能坚持下去。”理论物理前沿重点实验室常务副主任周海军说。

理论物理前沿重点实验室在引进和培养理论物理新生代力量方面也有了优势。实验室多个自主部署研究课题的负责人都是35岁以下的年轻人,让他们能够充分地发挥科研自主性,开展原创性探索性研究工作。“在这里,评价体系没有一刀切,这对于想安心做科研的年轻人来说十分重要。”34岁的固定成员何颂说。

不甘现状的实验室

一般来说,中国科学院的重点实验室通常聚焦单一的研究方向,但理论物理前沿重点实验室不同。

这里的学术精英关注着该学科4个最重要的研究领域——粒子物理与粒子天体物理及核物理、弦论、引力理论与宇宙学、统计物理与理论生物物理、凝聚态物理与量子物理。

在粒子物理、粒子天体物理与核物理研究领域,15名研究人员聚焦物质微观结构。近年来,他们在超越粒子物理标准模型研究、暗物质、核结构物理等前沿方向取得了多项重要成果。例如,他们发现了一种全新的“最大对称性”,完美解释电弱对称性自发破缺的起源;首次提出在欧洲核子中心的大型强子对撞机上利用单喷注信号寻找主要成分希格斯超对称伴子的超对称暗物质;提出导致高能宇宙线电子能谱在传播过程之后仍出现显著结构的两种基本物理机制,发现可以通过测得的能谱结构反推出源的时空分布,对“悟空”号暗物质卫星等实验结果的理论研究起到引领作用。

在弦论、引力理论与宇宙学方向上,实验室组织了10名研究人员进行探索。近年来他们发现宇宙暴胀后的重加热过程能产生引力波;发现早期宇宙产生的原初黑洞的合并过程能产生引力波;突破性地得到一般场论中散射振幅的几何描述并应用到数学物理相关问题;首次实现CHY公式在杨-米尔斯理论圈图修正并推广到标准模型、高阶算符修正等新情况。

在统计物理与理论生物物理方向上,实验室共有7名研究人员,在统计物理理论、机器学习统计物理、自旋玻璃理论、消息传递算法、软物质物理、基因调控机制、多尺度模拟方法等多个问题的研究中取得了一系列重要成果和进展,被《自然》《科学》《美国科

学院院刊》《现代物理评论》等刊物多次引用。

在凝聚态物理与量子物理方向上,7名科研人员聚焦强关联电子系统、高温超导、外场中的原子分子、冷原子物理、人工量子器件以及量子光学等前沿课题。他们提出了在光学腔实现自旋轨道耦合原子气体的方法;在自旋系统中率先提出了外尔磁子的概念;发现了氧氧化物的奇异量子物态;给出了自旋玻色子模型在热力学极限下的动力学行为等。

“目前,这4个研究方向是国内理论物理学界重点研究的方向。”蔡荣根介绍。

不仅如此,理论物理前沿重点实验室在支持自由探索的同时,还主动服务国家战略需求,为大型科学装置的设计、建设和运行提供理论支撑;积极承担国家重大科技任务和科研项目,2014年至2019年共承担国家级科研项目150多项。

虽然目前实验室在原始创新和提供服务国家创新需求方面成绩斐然,但并不因此自满。“我们计划在现有4个研究方向的基础上,进一步凝练学科方向,加强学科交叉。”蔡荣根说。

前不久,理论物理所与中科院曙光开展合作,成立了“理论物理先进计算联合实验室”,开展高性能计算的软件开发和应用研究。蔡荣根介绍,未来随着学科交叉,高性能计算可能会纳入理论物理前沿重点实验室的研究方向,“随着条件的成熟,我们将会对研究方向进行进一步调整”。

自诞生之初,老一辈科学家就对理论物理前沿重点实验室抱以期待——成为“中国理论物理研究中心”。

如今,初心仍在。“我们的目标是要把我园理论物理的旗帜扛住,对得起老一辈科学家,对得起学科发展,对得起全国理论物理同行的期待。”蔡荣根说。

开放 交融 求真 创新
——周光召

① 提出 d-wave 自旋-轨道密度波为钷化合物 Sr₂IrO₆ 提供了新的视角(图为无序 d-wave 自旋-轨道密度波导致的 Fermi arcs)

② 提出轴子模型解释 EDGES 实验组反常信号(图为 QCD 轴子对应的参数空间)

③ 实验室大厅

④ 中科院理论物理研究所史墙(两院院士)

⑤ 纪念爱因斯坦广义相对论100年国际引力宇宙学会议暨第四届伽利略徐光启会议

⑥ 实验室年终总结交流会

⑦ 用于求解统计力学问题的变分自回归神经网络结构图

⑧ 提出物理机制理解“悟空”暗物质观测结果

实验室小故事

千金易得 知音难求

“很多同行是不敢到我们这里来作报告的。”理论物理前沿重点实验室主任蔡荣根开玩笑说,“因为一不小心就会下不来台。”

在理论物理前沿重点实验室,报告人的报告如果有不严谨之处,听众会在台下直接打断并提出质疑。

在很多人看来,这似乎有些“不留情面”,但这却是理论物理前沿重点实验室的一种文化传统。“挑剔”与“被挑剔”也是理论物理学家工作中的乐趣之一。

负责实验室管理工作的中国科学院理论物理研究所科研处处长庄辞,也曾是一位理论物理学家的科研人员,她用自己的亲身体会告诉《中国科学报》:“做理论物理的人,不怕被‘挑剔’,怕‘没人懂’。”

“报告作完之后,如果大家都没听懂,

没有一个人提问,那才真是落寞。”庄辞说。

不过,在精英云集的理论物理前沿重点实验室,这种落寞不会出现。在切磋中前进、在合作中共赢,是这个实验室每位科研人员都在做的事。

对于青年研究人员何颂来说,切磋与合作时常让他颇有成就感。何颂做的是弦论、量子场论研究。2015年回国前,他曾在美国普林斯顿高等研究院和加拿大周理论物理研究所做联合博士后。

“回国后,我没有选择去待遇更高的高校,而是来到这里,就是因为我的研究方向上的同行并不多,而在这里,和我同一年被招进来的同事里,就有3个人都是做这个方向的。进入实验室后,我们很快组成了一个小分队。如今,这个小团队的研究水平在国内乃至亚洲已达到领先。”

何颂的话语中透露出一丝自豪。

如果说,物理学是自然科学的基础,那么,理论物理学可谓“基础的基础”。在曲高和寡的理论物理领域,实验室的同事们对于彼此来说,更像一种知音般的存在。

“理论物理学难度大、内容艰深,能够跨过门槛做理论物理的人都是非常聪明的,而理论物理前沿重点实验室正是聚集了这样一群聪明人。所以在这里,研究人员讲的东西,永远都有人能懂,都有人能提出创造性的建议,如此一来,每个人都能感觉到自己工作的价值。”庄辞说。

小而精的理论物理前沿重点实验室,像磁石一般吸引着全国理论物理学界的人才。“高手喜欢和高手在一起,就像下棋一样,棋逢对手才好。”蔡荣根说。

(倪思洁)

中国科学院理论物理前沿重点实验室简介

中国科学院理论物理前沿重点实验室于2008年依托中国科学院理论物理研究所正式成立,属于基础理论类实验室。

实验室定位为:依托中国科学院理论物理研究所,面向科学前沿,面向国家大科学工程,坚持“开放、流动、竞争、联合”的方针,联合全国理论物理学工作者,聚焦理论物理核心问题研究,促

进交叉学科发展,为国家大科学工程提供引领,培养创新型人才,成为国际一流水平的“基础研究中心、人才培养基地、学术交流平台”。

实验室围绕粒子物理、粒子天体物理与核物理、弦论、引力理论与宇宙学、统计物理与理论生物物理、凝聚态物理与量子物理4个研究方向开展研究工作。