



吴岳良,江苏宜兴人,理论物理学家,中国科学院理论物理研究所研究员、中国科学院院士。现任中国科学院大学常务副校长、中国科学院卡弗里理论物理研究所所长等职。主要从事基本粒子物理、量子场论及宇宙学的研究。

卷首语 Foreword

科技导报 2016, 34(5)

探索暗物质属性——新物理的突破口

在过去的几十年,人类对于整个宇宙的认识取得了辉煌的成就。逐渐累积的大量天文观测数据表明了大量暗物质的存在。我们的宇宙中,已知的基本粒子只占整个宇宙的不到5%,约25%是不发光的通过引力效应观测到的暗物质。但暗物质的属性是什么仍然是个未解之谜。描述微观粒子相互作用和运行规律的粒子物理标准模型取得了巨大的成功,然而粒子物理标准模型里却没有暗物质粒子的候选者。对暗物质的研究将极有可能孕育出新物理的重大发现,对于未来的基础科学发展具有重要的影响。正因为如此,目前世界各国都非常重视对暗物质属性的研究。我国在《国家中长期科学技术发展规划纲要》《国家“十一五”基础研究发展规划》等发展规划中也把暗物质问题列为重要的科学前沿问题。科技部、中国科学院、教育部、国家自然科学基金委员会等相关部门都对暗物质的探测和研究给予了高度关注和重视。

2010年科技部优先启动了“973计划”项目“暗物质的理论研究和实验预研”前沿交叉课题,笔者作为该项目的首席科学家,通过该项目的实施,组织科研院所和大学的相关科研队伍,凝聚国内的优势力量,开展强强联合。该项目共设置6个子课题:1)由中国科学院理论物理研究所周宇峰研究员负责的暗物质理论研究及相关新物理唯象;2)由中国科学院紫金山天文台常进研究员负责的暗物质空间探测实验研究;3)由中国科学院高能物理研究所杨长根研究员负责的暗物质地下探测前沿技术预研;4)由中国科学院理论物理研究所蔡荣根研究员负责的暗能量理论研究和地面探测方案研究;5)由上海交通大学季向东教授负责的暗物质吨级液氩探测器预研;6)由清华大学岳骞教授负责的高纯锗阵列暗物质实验预研。该项目的特色和目标是充分利用理论研究与实验探测设计相结合和多学科交叉融合的优势,积极发挥理论的先行作用。突破探测器的关键技术,优化实验探测方案设计,为开展对暗物质的空间和地下探测、暗能量的精确测量等提供可靠的物理依据和可行的实验设计及有效的探测方案。同时,紧密结合实验观测,基于对称性等基本原理和量子场论,建立自洽的超越粒子物理和宇宙学标准模型、能解释暗物质、暗能量的可能的机制和理论。

在“973计划”和相关配套项目的支持和推动下,我国的暗物质实验探测和理论研究均取得了重大进展。一是在我国暗物质研究力量方面,从弱到强建立了一支能够进行多学科交叉研究的理论和实验队伍,培养了一批优秀的年轻人才。二是在我国暗物质实验探测方面,从无到有形成了地下到空间的直接和间接暗物质探测两个大平台,突破了一系列关键探测技术。三是项目的实施促进了理论与实验结合,各课题之间开展紧密而又实质性的交叉融合。四是形成了良好的学术氛围,不仅促进了项目内部之间的合作交流,还推进了国际合作交流,极大地提升了项目的创新能力和国际竞争力。

尤其在暗物质空间探测方面,研制了以硅阵列探测器和塑闪阵列探测器为径迹探测器、BGO量能器为能量探测器的DAMPE暗物质粒子探测卫星。通过中国科学院先导项目的特别支持,暗物质粒子探测卫星“悟空”已于2015年12月17日发射上天,成为我国首颗暗物质探测卫星,也是我国首颗科学卫星。在暗物质直接探测方面,从无到有,在四川锦屏山建立了我国第一个深部地下实验室。以清华大学为主的CDEX实验组从地下实验室屏蔽体建设、20 g和1 kg质量的原型探测器性能研究、10 kg高纯锗阵列探测器模拟设计、液氩低温反符合系统模拟设计和建设、液氩反符合探测器原型性能研究和液氩探测器关键技术研究、暗物质实验数据分析和物理分析等多个方面开展了卓有成效的工作。实验组利用建成的1 kg高纯锗探测器开展暗物质实验研究,在低质量区取得了有国际影响的研究成果。PandaX实验组利用气液氩两相型时间投影室的技术来探测暗物质。建造了一个容纳450 kg液氩的探测器,得到了基于37 kg液氩的暗物质探测结果。高能物理研究所实验组研究发展了惰性液体探测器、晶体探测器及过热液滴气泡探测等新技术。建造了液氩探测器模型,用于研究液氩探测器相关技术、改进和创新探测器设计,为液氩探测器在研究新物理的应用进行预研。

在理论研究方面,中国科学院和高校的联合课题组提出了解释暗物质的模型和机制,开展了针对PAMELA/ATIC/Fermi和AMS-02以及其他可能的实验结果的唯象分析和理论模型建立。发展了能统一解释直接和间接实验探测结果的理论机制,对暗物质模型的增强机制及参数空间进行了完整分析。针对实验探测和设计,提供物理基础和理论依据。结合实验观测结果,基于对称性等基本原理和量子场论,建立超越粒子物理标准模型的相关暗物质理论模型。暗物质理论研究为实验的开展发挥了重要的推进作用,做出了具有国际影响的工作。

当前暗物质的实验和理论研究发展十分迅速。全世界暗物质探测的实验多达数十个,国际竞争十分激烈。中国已经具备了比较充分的实验和理论研究基础,有能力做出具有重要国际影响的工作。有理由相信,充分利用中国天时地利的优势,我们将会在未来的暗物质理论和实验研究中取得更大的进展。

吴岳良

(中国科学院大学,北京 100049)

(责任编辑 李娜)