拓扑流及其应用专题 · 编者按

物理学的主要任务之一是探索微观世界的基本规律,而这些规律主要表现为在某种变换下的不变性、时空变换下的不变性——能量动量守恒、以及电子场在李群的变换下导致电荷守恒和电磁场的自然存在等等。而且自然界中还还存在一种比李群变换更一般的变换——拓扑变换,拓扑变换下的不变性也对应某种守恒律或守恒量。物理学家在量子场论的研究中发现了磁单极、涡旋解和Skyrmion,后两者已在凝聚态中被发现。其中, Skyrmion 是20世纪60年代物理学家在研究核子时引入的,核子的重子数是1,而Skyrmion流的荷数也是1。这些解具有拓扑性质。

1984年,段一士先生在Skyrmion流的基础上提出了拓扑流理论,将两个空间通过一个映射相联系,空间之间的映射度就是一个拓扑量,而且它们的整体结构和局域结构也能具体描述。拓扑流理论提出之后,在玻色-爱因斯坦凝聚体、固体旋错和位错、宇宙弦、超导、螺旋波等方面得到了广泛的应用,使得一些复杂问题变得较为简单。

段一士先生在拓扑流方面的相关研究起源于20世纪70年代的磁单极理论,是我国最早开展此项工作的学者之一。为了纪念段先生,我们邀请段先生的学生们共同撰写完成了“拓扑流及其应用”专题,以示拓扑流理论的基本特点和其在拓扑问题方面应用的微妙之处。

本专题共有4篇文章,在文章“规范势分解与拓扑流理论及其在拓扑绝缘体研究中的应用”中较为详细地介绍了规范势分解和拓扑流理论的基本内容和基本思想,其数学严谨,并给出了它们在拓扑绝缘体方面的一些应用和发展趋势;文章“规范势分解理论与整体拓扑问题”给出了 $SO(n)$ 规范势分解的一般理论,由此得到了 $U(1)$ 和 $SU(2)$ 用单位矢量场分解的一般形式,体现了应用这种分解研究一些拓扑问题的精妙之处;文章“Skyrme模型中的拓扑结构”介绍了Skyrme模型目前发展的进展,并给出了它与QCD的联系,是强作用的一个低能有效模型;文章“K-场畴壁解”介绍了五维平直空间标量K-场的畴壁模型,得到了单纽结和双纽结的解析的K-场畴壁解。

感谢《中国科学: 物理学 力学 天文学》编委赵鸿教授和编辑部对专题组织工作的大力支持。在此,也谨向对专题做出贡献的各位作者表示感谢!由于篇幅和时间所限,本专题无法覆盖拓扑流及其应用所涉及的所有相关问题,但我们希望能抛砖引玉,吸引更多学者对此领域的关注和兴趣,推动此学科的进一步发展。

李希国

中国科学院近代物理研究所

引用格式: 李希国. 拓扑流及其应用专题 · 编者按. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2018, 48: 100001

Lee X G. Special topic: Topological current and its application (in Chinese). Sci Sin-Phys Mech Astron, 2018, 48: 100001, doi: 10.1360/SSPMA2018-00248