

巴黎原子物理学派送给中国物理学界的两件瑰宝面世

王义遒[†]

(北京大学信息科学技术学院 北京 100871)

2015—03—02收到

[†] email: wangyq@pku.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20151010

在当下物理学发展中,原子分子和光物理(AMO)领域无疑再次成为快速飞跃的前沿。它还使该领域与物理学的其他领域,如凝聚态物理和高能粒子物理紧密结合起来,并成为许多高新技术的源头。我国从事此领域研究和教学的人数也在迅速增长。他们迫切需要一些引领入门和统揽全局的科学著作。

以“巴黎高等师范学校”(Ecole Normale Supérieure, ENS)为代表的巴黎原子物理学派,对国际AMO领域发展做出了杰出贡献。他们获得了三次诺贝尔物理学奖:1966年A. Kastler因发明光抽运和光磁共振方法;1997年C. Cohen-Tannoudji因对原子的激光冷却和陷俘做出重大贡献;2012年S. Haroche因发展光子的无破坏检测方法,实现单个量子系统的测量和操控。仅从这些题目,我们就可以体会到该学派的研究特色和对AMO物理的重大推动作用。

2011年,以著作等身和诲人不倦著称的1997年诺贝尔物理学奖得主C. Cohen-Tannoudji与其学生图卢兹大学教授D. Guéry-Odelin共同编写了新著《原子物理学进展通论》,将60多年来原子物理学的重大进展做了总体透视和系统总结。《物理》曾在2011年第11期第757页介绍了这本书的详细内容。该书由新加坡World Scientific出版社于2011年11月出版。同月C. Cohen-Tannoudji教授来到北京,在北京大学举行了新

书英文版首发式,并发表热情洋溢的讲话。受作者和出版社委托,我承担了这本书的翻译任务。几经周折,《原子物理学进展通论》中文版终于在2015年4月由北京大学出版社出版。中译本封面见图1。

该书从原子与电磁场相互作用的经典和量子描述入手,叙述了此类相互作用作为解析原子的信息源和操控原子(如冷却与陷俘原子)的手段,并通过高阶效应以产生各种有效的高新技术应用;然后探讨了超冷原子相互作用及其操控,以及原子和光子的量子干涉和纠缠现象,预测了它们的可能应用;接着介绍了简并量子气体的各种现象和特性;最后对一些前沿领域(如原子中的宇称破坏、多体物理和强激光脉冲等)进行了讨论。全书共600多页,引文1000多篇。可以说,通读此书,就会对半个多世纪以来原子物理的发展及其重大成果一览无遗,它既是现代原子物理的一部百科全书,也是将学生引入该领域研究的入门书。

要读懂这部书,光靠目前我国大学本科的原子物理知识远远不够。与Cohen-Tannoudji同是Kastler弟子的B. Cagnac(卡尼亚克)教授与其同仁Lydia Tchang-Brillet(张万愉,华裔)和Jean-Claude Pebay-Peyroula(裴贝-裴罗拉)合著了一套《原子物理学》(第二版,分上下两册,上册标题为“原子与辐射的电磁相互作用”,下册为“原子——一种量

子构件”,是量子力学初步基础上的教材;原书第一版曾在20世纪80年代由科学出版社从英文译本译出发行,2007年的新版可以说是一本新著,内容已大幅更新)恰好弥补了这个不足。Cagnac是激光光谱学的著名专家,该书具有远比当下国内一般原子物理学或近代物理学教材更为丰富的内容,密切联系应用,贴近科研前沿,启发创新思维。本书不仅物理思想清晰,数学推导严密,而且在实验叙述上使学生注意排除干扰,创造理想的实验环境。我国现有的物理教材往往只注重“亮点”成就,似乎科学就是靠几位天才的奇思妙想来推进的。读了本书则会使人了解科学是善于思考的科学家一步一个脚印走出来的。比如,围绕磁共振的发现还有中国同

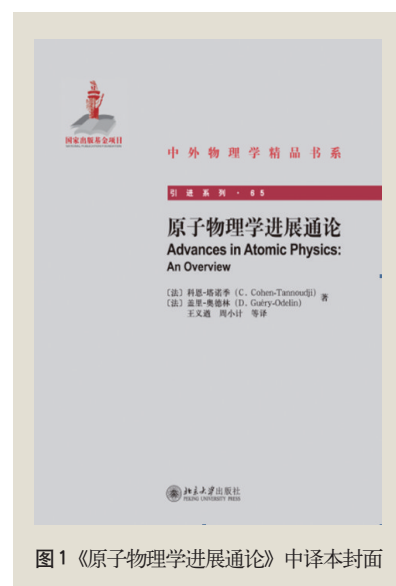


图1 《原子物理学进展通论》中译本封面



图2 《原子物理学》(上、下册)中译本封面

行极少知晓的爱因斯坦—德哈斯实验和由旋转运动引起磁化的巴尼特实验等,就足见其不凡了。书末附有原子物理学发展简史,可对原子物理进展脉络一目了然。2009年该书新版由原作者委托我由法文原版译出,2015年4月由科学出版社出版。新版中译本(上下册)封面见图2。

这两部书可以说是巴黎原子物理学派赠予中国物理学界的礼物。上述三本书同时出版,互为补充,构成系统,对于我国原子物理学及其相关领域的大学和研究生,从事原子分子物理、激光物理、量子光学、量子电子学、精密测量物理,乃至凝聚态物理和粒子物理以及相关领域的研究和教学人员,堪称价值连城的瑰宝。

超级神冈探测器发现中微子在夜间变“味”

在日本的超级神冈中微子探测器上工作的物理学家们经过18年的研究发现,夜间从太阳到达地面的电子中微子比白天多。这一发现进一步证实了30多年前的一个预言:穿过密度大的物质的中微子与穿过真空的中微子变“味”的速率不同。这一研究结果还意味着未来的中微子探测器可用来对地球内部进行研究。

中微子不带电荷,只通过弱力发生相互作用,因而极难探测。实际上,大多数从太阳来的中微子径直地到达地球而不发生任何相互作用。但是世界上几个特别灵敏的探测器捕获到了这种粒子,揭示出中微子在飞行时在不同的种类(“味”)之间“震荡”。事实上,这种独特的行为解释了长期以来未解的谜团:为什么电子中微子探测器捕捉到的太阳中微子比预期的少很多?原来电子中微子在飞向地球的旅途中,变成了 μ 子中微子和 τ 子中微子。

能量低于约2 MeV时,大约一半来自太阳的电子中微子在到达地球之前就改变了味。而具有更高能量的中微子改变味的比例更大,也就是说,探测到的电子中微子的数量更少。这就是所谓的Mikheyev—Smirnov—Wolfenstein(MSW)效应。1978年,美国理论物理学家

物理新闻和动态

Lincoln Wolfenstein指出,在像太阳和地球那样的高密度物质中存在着的大量的电子会影响中微子振荡的速率。1986年前苏联物理学家Stanislav Mikheyev和Alexei Smirnov对Wolfenstein的工作做了进一步研究。

在日本超级神冈探测器上工作的物理学家们首次看到了穿过地球的中微子的MSW效应的迹象。超级神冈在东京西边300公里处的山下深处,使用装在一个圆筒型的容器中的5万吨水来探测中微子。探测器含有11000多个光电倍增管,用来探测中微子与水相互作用产生的高能电子或 μ 子放出的切连科夫(Cerenkov)辐射。

通过分析多年积累的超级神冈的测量数据,研究人员发现夜间的太阳中微子通量比白天测量的大约多3.2%。换言之,地球使得 μ 子中微子和 τ 子中微子变回到电子中微子,有效地反转了电子中微子在从太阳飞向地球的旅途中所发生的变化。这一结果与MSW效应的预言相符合,其统计重要性是 2.7σ 。将加拿大Sudbury中微子天文台(SNO)的少量测量数据加入进来后,统计重要性增加到 2.9σ 。

这一统计重要性远低于粒子物理学上的发现所需的 5σ ,也略低于作为新迹象所需的 3σ 。但意味着可以利用未来更大的探测器(如建议中的HyperKamiokande)通过MSW效应研究地球的内部。

(周书华 编译自 *Physics World News*, 13 March 2014)