



探索宇宙无穷期 细推物理须“统一”

——读《走向统一的自然力》有感

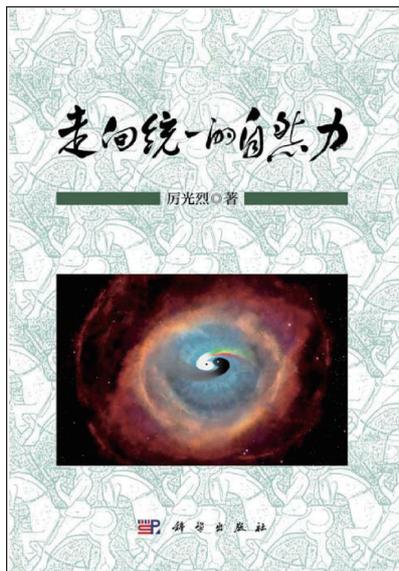
王洪鹏

(中国科学技术馆 100012)

统一,作为一个物理学的术语(或概念),常常表现着一个重大的主题,也表现着一种发展的意味。探索和试图建立一个对已知的四种自然力进行统一描述的理论一直是物理学家孜孜不倦追求,是人类认识世界最基本和最重要的一步。在物理学的发展过程中,不管是阶段性地看、还是从终极的目标看,物理学家的成就往往就是统一了某一个领域中的某种“力”。因此,就这一点来看,统一似乎成为物理学家的“理念”。长期以来,物理学家们几乎都试图去构筑其理论发展统一的基础,这也是物理学家一个崇高的理想。

近期,厉光烈先生的科普大作《走向统一的自然力》在科学出版社出版发行,该书以通俗易懂和生动的语言向人们展现了物理学家们在“统一”这条道路上所走过的艰辛历程。厉光烈先生是我尊敬的师长,主要从事原子核物理、粒子物理和天体物理的研究工作。厉光烈先生在做好科研工作的同时,还热心科学传播工作。在《走向统一的自然力》的“后记”中,厉光烈先生回忆自己在上中学时听到中国科学院袁翰青教授的报告,对他产生了极大的影响,他在日记本上写道:“探索科学的第一原因,天体的演化、物质的结构和生命的起源,是我的理想。我愿为此献出毕生的精力。厉光烈1956”。今天,60多年过去了,厉光烈先生仍然为探索科学和传播科学贡献着自己的力量。

翻开《走向统一的自然力》,厉光烈先生就像古代那个“叶公好龙”的叶公,扮演着一个“喜好”统一



的厉公。不只是书名《走向统一的自然力》,全书的6个章名都把“统一”放入其中。全书的6个章名分别如下:“天地统一”“电磁统一”“爱因斯坦:试图统一电磁力与引力未能如愿”“弱电统一”“规范统一”“超弦理论:四种自然力走向统一的一种尝试”。在书名、章名中能实现这样的“独出心裁”的统一,就像能工巧匠把不一样的美玉镶嵌其中,的确需要花费很多心思,也体现出作者对书中涉及的科学知识高屋建瓴的把握能力。

《走向统一的自然力》讲述了物理学家探寻统一描述物质基本组分与作用于其间的自然力的终极理论的故事,生动介绍了哥白尼、伽利略、牛顿、爱因斯坦和杨振宁等众多物理学家的生平事迹和有趣故事。厉光烈先生在《走向统一的自然力》中所展现的统一之路,是始于16世纪中叶,从哥白尼创立“日心说”开始。后继者的工作中,伽利略更多地是证明其合理性,而开普勒则从细节上加以论证,更多地体现着其精确性。同时,伽利略也发现了在地面上物体运动的规律,二者的工作都对作用于地面物体的力和作用于天体的力有所认识,但是,若把这两种力统一起来,而“力不能企”。更多的论证,也是更加困难的论证,则由牛顿承担下来。这种“继往开来”的事业,非“巨人”莫属,而且像牛顿自己所说,还要踩在“巨人”的肩膀之上。再如,在第三章中,除了爱因斯坦,厉光烈先生还对建立狭义相对论做出贡献的洛伦兹、彭加勒和闵可夫斯基都作了介绍。特别是闵可夫斯基,作

为爱因斯坦的老师,在爱因斯坦上大学时闵可夫斯基并没有看好爱因斯坦。但是,当爱因斯坦建立了狭义相对论之后,他对爱因斯坦的工作评价很高。闵可夫斯基指出:“单纯的空间和单纯的时间都消失了,只有把它们两个紧密结合在一起,才能保持各自的自由。”为此,闵可夫斯基引入了四维时空,并有针对性地发展起一套几何学方法,使狭义相对论的表述更加简洁了。读者仔细阅读《走向统一的自然力》后,可能会发现其中一些物理学家是师生关系,也可能会发现学生改进甚至颠覆老师观点的科学故事,此时你可以更深刻的领悟“吾爱吾师,吾更爱真理”的科学求真精神。

《走向统一的自然力》中基本没有多少数学公式和物理公式,并适当添加了一些插图和名词解释,这样就使全书生动有趣,可读性很强。比如,厉光烈先生及时跟踪国内最新科研成果,将人类历史上首张黑洞视界照片作为第三章第二节广义相对论部分“史瓦西奇异性与黑洞”一小节的插图:2019年4月10日,几个国家同时发布新闻,公布了拍摄到的一颗距离地球5500万光年的黑洞视界照片,这颗黑洞的质量相当于65亿个太阳。据说,为了拍摄这张照片,在8个观测点“捕获”其视觉证据,共花了十多年的时间,有200多人参加。厉光烈先生还自己设计了封面彩图,并在封底侧页给出了它的说明:“‘波粒两象’、‘色空两难’,使人不由得想起‘太极图’。本书封面题图就是根据这种想法制作的:将自然力分为两组,一组是用杨-米尔斯规范场描述的强力、弱力和电磁力,其传递子的自旋为1,在‘太极图’中用白色一极扫出的红、黄和绿三色表示;另一组是用广义相对论通过时空弯曲描述的万有引力,其传递子的自旋为2,在‘太极图’中用黑色一极扫出的灰色表示。‘太极图’的四周则是宇宙大爆炸产生的物质世界。至于,两组自然力如何走向统一,或者说,‘太极图’来自哪里?虽然文中介绍了超弦理论,但因不确定因素太多,至少目前还不能将其视为四种自然力走向统一的终极理论,因此,只好把这个问题作为本书的悬疑,留给读者思考。”我想,这也是厉光烈先生设计封面图的“创意”。

科研和科普同等重要。科普是科学家的使命,

不能变成可做可不做的“副业”。厉光烈先生在《走向统一的自然力》一书中还介绍了自己对科研难题的一些独到见解,可以说是将科研成果通过科普图书进行科普化的一种尝试。比如,在说到“质量源自哪里?”这个问题时,厉光烈先生在215~216页借助幻灯片来介绍粒子物理标准模型的两个“难题”:

颜色禁闭→物质是否无限可分

真空破缺→希格斯粒子

接着,厉光烈先生从《般若波罗蜜多心经》中摘句:“色不异空,空不异色;色即是空,空即是色。”尽管这样的表述似乎有一点儿神秘色彩,但表述得非常形象,也很贴切,给笔者留下了深刻的印象。从传播的角度上说,也是可取的。进一步,厉光烈先生又根据物理学的最新研究成果写道:“希格斯粒子,作为来自‘真空’的‘信使’,它的发现,已经为揭示‘色空两难’做出了贡献,展望未来,希格斯粒子工厂的建造必将为弄清质量的来源和统一自然力做出更大的贡献。”

物理学是实证科学,不只是一要进行各种系统的实验,而且对于实验的精度也有很高的要求。广义相对论的实验是有着传奇色彩的,如有关验证广义相对论的观测:“光线弯曲”和“水星近日点的进动”等,并且还要精确测定引力质量和惯性质量的比值——这是匈牙利物理学家厄缶借助扭秤实验来进行的。这次实验达到的精度值是 10^{-9} ,后来进一步改进之后,所达到的精度值是 10^{-11} 。此外,《走向统一的自然力》中还介绍了一些有趣味的实验,如用“莱顿瓶”作实验时的“惊险”,富兰克林的“风筝实验”等。通过回顾这些实验可以看出,人类对于电荷和磁石的极性的认识经历了一个漫长时期,而在实验室中研究这两种电荷或不同的磁极的相互作用时,引入数理方法,不但加快了研究的速度,而且大大加深了认识的深度,并且这种精确性也保证了对电磁现象蕴含的普遍性质的一般性认识。

物理理论是随着研究的深入,逐步弄清已有理论的适用范围,并逐渐认识到各种力的来源,从而逐步步入“统一”的天堂。在讲到物理学的发展,除了数理知识的内容,还要用到一定的篇幅讲述诸如时间、空间、物质、运动的概念。厉光烈先生也用一

些专门的“节”，专门评述这些知识，如“四维时空观”“弯曲时空观”和“时空对称性”等。这些观念对于推动经典的理论的发展是明显的。

厉光烈先生对于爱因斯坦的研究工作，在盛赞其重大的贡献的同时，也指出其理论研究中的问题。例如，在广义相对论建立之后，爱因斯坦并不满足，试图把引力场与电磁场统一起来。对此，作者不仅用了大量篇幅来叙述这一段史实，还用了一个小节：“未能如愿的原因何在”来评述爱因斯坦的“失败”：既因他“始终不愿接受量子力学的统计解释，致使他的研究偏离了物理学发展的主流方向”；也因“进入中年以后，爱因斯坦的物理直觉完全埋没于他所欣赏的数学思维的美妙之中，再也没有像以往那样设计出可供实验和观测检验的、闪现智慧火花的思想实验”。在相对论的研究中，爱因斯坦往往是“先有物理概念上的突破，后有数学方法上的创新，虽然黎曼几何学在广义相对论中的成功应用，确实让爱因斯坦看到了数学的微妙之处，但是，一有机会，爱因斯坦还是要提醒数学家：‘除非与事实相结合，否则他们的抽象艺术只是纯粹思维，而不是物理学。’在1919~1922年间，无论是在给外尔的信和明信片上，还是在对外尔和卡鲁扎等工作的评价中，爱因斯坦都一再强调物理的重要性，仍然不太重视纯粹的数学思维”。但是，正如厉光烈先生指出的：1923年，爱因斯坦的思维方式发生了很大的转变，以前数学只是他研究物理的工具，现在却变成了认识的根源。就在那年的诺贝尔奖报告中，爱因斯坦首次指出：“在寻找统一场论的过程中，数学是唯一的路标”，“非常不幸，我们不能像推导引力理论那样完全以‘引力质量与惯性质量相等’这一经验事实为基础，必须以数学的简洁性作为判断标准，这难免有些武断”。1928年以后，他更转入了纯粹数学的探索。爱因斯坦的教训或许给后人留下了一些重要的启示。

细心的读者还能在《走向统一的自然力》中发现厉光烈先生和杨振宁先生的一些交往，在第198页附注中，厉光烈先生还展示了杨先生寄给他的首次出现“Symmetry Dictates interactions”一词的单印

本的首页。这句英文的意思翻译成中文，就是“对称性支配相互作用”。这句话是杨先生1979年7月为庆贺爱因斯坦百年诞辰在意大利的一次学术会议上所做的题为《爱因斯坦对理论物理的影响》的报告中提出的，这个报告后来发表在1980年6月号的《今日物理》上，就是前面提到的单印本。应当指出，这句话既是杨先生的重要发现，也是《走向统一的自然力》一书的重要知识点：“外尔提出的规范变换使杨振宁认识到‘对称性支配相互作用’，揭示了‘力的本质与对称性密切相关’，从而为自然力‘走向统一’指明了方向”。在现代物理发展史上，这句话具有里程碑的意义。

当然了，厉光烈先生在写作《走向统一的自然力》时对物理学事件有所取舍。可以看到，热力学和统计力学的内容，被厉光烈先生全部舍去，造成一点点遗憾，也留下了一些念想。笔者希望厉光烈先生在再版时能补上热力学和统计力学之内容，给读者带来更多的思考。一言以蔽之，这本科普著作，以四种自然力走向统一的探索历程为主线，通俗地介绍了几乎所有的物理学基础理论，如经典力学、电磁理论、狭义相对论、广义相对论、爱因斯坦统一场论、量子力学、量子电动力学、弱电统一理论、量子色动力学、粒子物理标准模型、强弱电大统一理论和超弦理论等，可以作为广大的物理爱好者的参考书或课外读物，也可供相关科研人员参考。

