

20 世纪下半叶的两大科学思潮

林德宏

(中国矿业大学文学与法政学院,江苏 徐州 221008)

摘 要: 爱因斯坦与哥本哈根学派的争论,是追求统一性和探索复杂性两种思潮的争论。20 世纪下半叶有两大学思潮:物理学对统一性的追求和系统科学对复杂性的探索,这两种思潮的相互排斥与相互补充,决定着 20 世纪下半叶并可能决定 21 世纪上半叶科学思想发展的历程。

关键词: 20 世纪下半叶;科学思潮;统一性;复杂性

中图分类号: N09

文献标识码: A

文章编号: 1003 - 5680(2005)03 - 0023 - 03

从 1895 年 X 射线的发现到 1926 年量子力学的建立,这是一次物理学革命,它使物理学对自然统一性的追求进入了新阶段。20 世纪中叶出现了一系列系统科学,这次新科学革命开创了系统科学探索复杂性的道路。追求统一性和探索复杂性这两大思潮是 20 世纪下半叶科学思想的主流。

一 爱因斯坦与哥本哈根学派争论的实质

物理学在整个 20 世纪都是带头学科、主导学科和基础学科。新物理学革命诞生了两大基本理论:相对论和量子力学。但二者一开始便显得格格不入,爱因斯坦同哥本哈根学派的长期争论便表明了这点。1955 年和 1962 年爱因斯坦与玻尔相继去世,使 20 世纪物理学分为上半叶和下半叶两个时期。追求统一性是 20 世纪下半叶物理学的主流。

追求统一是物理学长期以来的基本目标,爱因斯坦试图用统一场论实现引力与电磁作用的统一,是他留下的科学遗产。他说:“从一开始就一直存在着这样的企图,即要寻求一个关于所有这些学科的统一的基础,它由最少数的概念和基本关系所组成,从它那里,可用逻辑方法推导出各个分科的一切概念和一切关系。这就是我们所以要探求整个物理学的基础的用意所在。认为这个终极目标是可以达到的,这样一个深挚的信念,是经常鼓舞着研究者的强烈热情的主要源泉。”^[1]他认为追求自然的统一,就是要追求科学的“统一的理论基础”,这是一个“终极目标”。“由最少数的概念和基本关系所组成”,表明这个基础的简单性。

他认为这种统一可以通过统一场论的建构实现。“‘电磁场’是物理实在的最终不能再简化的成分。”^[2]“物质的基本粒子按其本质来说,不过是电磁场的凝聚,而决非别的什么,那么我们今天的世界图景就得承认有两种在概念上彼此完全独立的(尽管在因果关系上是相互联系的)实在,即引力场和电磁场”。“如果引力场和电磁场合并成为一个统一的实体,那当然是一巨大的进步。”^[3]

爱因斯坦未完成这项工作。在他看来,量子力学是他追求统一性的最大思想障碍。早在 1920 年,当量子论刚刚诞生时,爱因斯坦就以惊人的洞察力看出了场论同量子论(当时还不是量子力学)的矛盾。“我们在想到理论物理学的最近的将来时,不应当无条件地忘掉量子论所概括的事实有可能会给场论设下无法逾越的界限。”^[4]他后来奋斗了三十多年也未能超越这个界限。

1932 年,爱因斯坦同哥本哈根学派已进行了激烈的争论,他说:“理论物理学的目前形势的特征是,迄今已知的每一个理论方向,在一定范围内可以很好地描述现象,但是在这范围以外,它的适用性就受到限制。人们特别尖锐地感觉到,场论和量子力学得不到逻辑上令人满意的综合。大家相信,未来的统一理论的必要组成部分会包含上述两种理论。可是,谁也不能断言,他抱着无限的自我牺牲精神所从事的工作是很有成效的。”^[5]他看出场论和量子力学是两个不同的理论方向,这是“特别尖锐”的感觉。他并不想否定量子力学,只是想将量子力学纳入他的统一理论基础之上,但始终

【收稿日期】 2004 - 09 - 07

【作者简介】 林德宏(1938 -),男,江苏南京人,中国矿业大学文学与法政学院客座教授、南京大学哲学系教授、博士生导师,主要研究方向为科学思想史。

未能如愿。

哥本哈根学派认为,量子力学的统计规律性是复杂系统的基本性质,是世界多样性的表现。海森伯在回顾古希腊哲学时说:“当人们把基本统一性的观念推到极端”时,“都不能以它本身解释万物的无限多样性。”^[6]面对着不同的物理理论,爱因斯坦追求的是“合并”,玻尔追求的则是“互补”。玻尔说:“‘互补’一词的意思是:一些经典概念的任何确定应用,将排除另一些概念的同时应用,而这另一些经典概念在另一种条件下却是阐明现象所同样不可缺少的。”^[7]在玻尔看来,两个互相排斥、不能同时应用的理论,可以同时并存,互相补充,不一定统一为一个理论。人们由此可以认为,相对论与量子力学也是互补的。爱因斯坦主张一元科学观,玻尔等人则倡导多元科学观。

玻尔的互补原理是在1927年9月提出的,该年10月在该第五次索耳未会议上,爱因斯坦就第一次公开发表了同哥本哈根学派相对立的观点。这场争论的实质是什么?笔者认为这是两种不同的理论方向即两种不同科学思潮的争论。爱因斯坦强调微观世界与宏观世界的统一性,哥本哈根学派强调这二者的差异性。爱因斯坦追求统一的理论基础,就必须认为自然界在本质上是简单的,采用高度简化的方法。他说:“从希腊哲学到现代物理学的整个科学史中,不断有人力图把表面上复杂的自然现象归结为一些简单的基本观念和关系。这就是一切自然哲学的基本原理。”^[8]“物理上真实的东西一定是逻辑上简单的东西,也就是说,它在基础上具有统一性。”^[9]而玻尔等人实际上强调的是微观世界相对于宏观世界而言的复杂性,他们是探索复杂性的先驱。

追求统一性和探索复杂性这是两个不同的物理学方向,20世纪下半叶的科学正是沿着这两个方向前进的。

二 物理学:追求统一性

20世纪上半叶,爱因斯坦以及卡鲁查、克莱因试图通过物理学的几何化来实现引力与电磁作用的统一,但未能成功。50年代强作用和弱作用已被认识,统一的目标扩大了。但早被牛顿系统研究,又被爱因斯坦几何化的引力,却很难同别的作用统一,于是科学家主要是追求电磁作用、强作用和弱作用的大统一。当时普遍认为相互作用是通过场传递的。1956年海森伯提出把所有场统一起来的方案。

1954年,杨振宁和米尔斯提出用规范原理来统一各种基本作用的设想。根据规范场论,电磁场、引力场、胶子场、光子场、玻色子场都可以看作是规范场的不同形式。杨振宁说:“最后的粒子是什么,基本力量是什么,这就是基本物理学研究的主要内容。”^[10]“四种力和它们的能都是规范场,这是近三十年来的一项基本了解。”^[11]“所有物理里的基本相互作用都是规范场,这是很多人的想法,不过这还是很不成熟的想法。是否有一个总的规范场,能够同时产生出所有的规范场,这当然是一个雄心勃勃的设想,恐怕一时还不见得能完全解决。”^[12]这个“总的规范场”同爱因斯坦的“统一的场”是否相似?他在《基本粒子发现简史》一书的结尾说:“我们的研究的最终目的究竟是什么呢?物理学家的眼光究竟

放在哪里呢?在这个问题上,没有人比爱因斯坦具有更多的知识和更有权威。他讲到,这门学科的目的是要建立起这样的一些概念,在这些概念的基础上能够形成一个广泛的可以实现的理论物理的体系。这个体系必须尽可能地简单,但是又必须能够推导出与实际经验相符合的结论。”爱因斯坦所表达的如此动人的信念,至今仍然鼓舞着和支持着许多物理学家。”^[13]杨振宁还说:“似乎统一的观念是爱因斯坦老年时期影响他的某种固执的观念。……但是这种固执观念是与对理论物理的基本结构应当是什么的深刻理解相联系的。”^[14]尽管爱因斯坦受到很多批评,“但爱因斯坦仍坚持他的基本观念,即物理学的伟大目标,是场的理论的统一。在70年代,这一目标已经部分地实现了。”^[15]

弱电统一理论的成功,是追求大统一的重要一步。格拉肖在获诺贝尔奖的演讲中说:“1956年当我从事理论物理时,基本粒子的研究就像是一床拼缝起来的被子,量子电动力学、弱相互作用,还有强相互作用都是不同的学科,分开来教,分开来学,没有一个一致的理论来全部描述它们。情况已经改变。今天我们有被称为基本粒子标准理论这样的东西,其中强、弱和电磁相互作用都从一个原理中引出……我们现在所拥有的理论,是一件完整的艺术作品;拼缝的被子变成了一块挂毯。”^[16]温伯格、萨拉姆称弱电统一是“自从麦克斯韦爵士把电和磁统一起来,最为重大的统一。”^[17]

霍金的量子宇宙学研究也是一种追求统一的努力。霍金说:“科学的终极目的在于提供一个简单的理论去描述整个宇宙,”^[18]“一套能描述宇宙中任何东西的完整统一理论。”^[19]人们认为广义相对论的研究对象“大而重”,量子力学的研究对象“小而轻”,霍金研究的黑洞却“小而重”。霍金试图用量子力学来研究宇宙学,并以此来填平广义相对论与量子力学之间的鸿沟。他说:“可惜的是,这两个理论不是相互协调的……当代物理学的一个主要的努力,以及这本书的主题,即是寻求一个能将其合并在一起的理论——量子引力论。”^[20]霍金追求的是引力和其他基本作用的统一,这是建构超统一理论,是追求统一的最难啃的骨头。他说困难在于广义相对论是经典理论,“所以第一步必须将广义相对论和量子力学结合在一起。”^[21]他认为量子力学的核心是不确定性原理,这一原理也可以表述为费因曼的多重历史的思想。“我们现在所从事的是把爱因斯坦的广义相对论和费因曼的多重历史的思想合并成一个完备的统一理论,该理论将描述在宇宙中发生的一切事物。”^[22]他同爱因斯坦一样,走的是“合并”的道路。

现代物理学家追求统一有两种基本模式:场论和弦论。弦理论认为弦是世界的基元,各种基本粒子和基本作用都是弦的不同振动形态,实际上认为自然的基元是弦和振动的统一。格林说:“照从前的观点,基本粒子间的差别大致被解释每种粒子都是‘从不同的结构里分离出来的’。虽然每个粒子都被看作是基本的,但各自被赋予的‘基元’类型却是不同的。例如,电子的‘基元’带负电荷,而中子的‘基元’没有电荷。弦理论彻底改变了这幅图景,它宣布所有物质和力的‘基元’都是相同的。”弦理论搭起了一个多么辉煌的真正统

一理论的框架。物质的每一个粒子、力的每一个传递者,都是由一根弦组成的,……弦理论有希望为我们带来一个包容一切的统一的物理宇宙的描述,一个包罗万象的理论。^[23]弦理论之所以能如此,用威滕的话来说,是因为“量子场论中是无法包括引力的,这一点必须由弦理论来解决”^[24]。

当爱因斯坦说我们可以从科学的统一理论基础推导出“各个学科的一切概念和一切关系”时,他实际上是把统一场论看作是包罗万象的终极理论。爱因斯坦在研究相对论时,强调相对性;可是在研究统一场论时,不少话都讲得很绝,甚至有绝对主义倾向。统一追到底,便是终极。有人认为弦理论便是终极的万物之理。卡库、汤普逊说:“德国物理学家就曾编辑过一本百科全书《物理学手册》,那是一部总结了全世界物理学知识的详尽无遗的著作。这部在图书馆中可以占据整整一个书架的《手册》,代表了当时科学知识的顶峰。如果超弦理论是正确的话,这本百科全书中包含的所有信息就能够(在原则上)从一个方程中推导出来。”^[25]有人说,“这个难以置信的‘宇宙公式’在理想情况下,应该是极简短和精辟的,可以印在一件T恤衫的胸前,让狂热的物理系学生能穿着它去散步。”^[26]

为了建构终极理论,就必须坚持简化主义、大物理学主义和绝对主义。“简化主义哲学一直引导着物理定律细致入微地主宰着宇宙的观念。这个思想学派的鼓吹者,包括许多科学家,一直相信原则上心理学、生物学、化学可以依次简化,最后到物理学。”^[27]

一些追求终极理论的科学家,同时主张多重宇宙、多重历史。宇宙、历史竟如此多样,为何要追求单一的终极理论?科学史上只有一定层次上的统一、一定阶段的终结。中国科学院资深院士、原中国物理学会理事长、南京大学教授冯端先生说:“有些科学家说粒子理论现在已经建立了标准模型,下一步就希望建立万事万物的理论。要进行这类尝试是完全应该的,但一定要采取辩证的观点来对待这一问题。即使这个理论取得进展,也不意味着万事万物的问题就可以迎刃而解了。物质科学现在还是很有生命力的,它有很多新的发展余地,切不可把它们的命运都跟囊括万事万物的‘理论’联系在一起。”^[28]

三 系统科学:探索复杂性

20世纪下半叶的另一科学思潮是探索复杂性,其主要代表是普利高津。他强调自然界的复杂性。他说:“复杂性不再仅仅属于生物学了。它正在进入物理学领域,似乎已经植根于自然法则之中了。”^[29]普利高津实际上提出了物理学应探索复杂性的问题,并认为这种探索“把我们引导到了已经成为自然科学和哲学的核心的种种基本问题”^[30]。

普利高津认为微观世界远比宏观世界复杂。在研究宏观现象时,我们可以建立比较简单的模型;但对微观世界,简单的模型就不再适用了。“在这个世纪(指20世纪——引者)的开端,物理学似乎接近于把物质的基本结构归结为少数几个稳定的‘基本粒子’,例如电子和质子。目前我们远远超出了这样简单的描述,无论理论物理学的将来可能如何,

‘基本’粒子都显示出了如此巨大的复杂性,以致‘微观的简单性’这一古老的格言再也不适用了。”^[31]

普利高津在同斯坦格尔斯合著的《对科学的挑战》一文中,引用别人的话说,西方科学的奠基者们寻求“包罗万象的图式,宇宙的统一框架”。普利高津说:“这种寻找普遍图式的企图确实有过富有戏剧性的似乎接近成功的时刻。提到这种时刻,人们会想起玻尔对原子模型的著名表述,他的原子模型把物质归纳为电子和质子所组成的简单的行星系统。另一次大的振动人心的时刻发生在爱因斯坦想把物理学的一切定律都压缩到一个‘统一场论’中去的时刻,这个巨大的梦想今天已经破灭了。”^[32]爱因斯坦和玻尔是20世纪上半叶两种科学思潮的代表,可是在普利高津看来,他们的理论(玻尔的原子模型属于经典或半经典的量子理论,不属于量子力学)都是追求统一的、注定要破灭的“梦想”。

普利高津说:“人们对自然的看法经历了一个向着多重性、暂时性和复杂性发展变化。”这是“科学史上不曾有过的新形势”。^[33]他也谈到被他称为20世纪物理学两大革命的量子力学与相对论,认为二者的研究重点不同,^[34]他实际上认为这是科学理论多样性的表现。所以他说:“我们的时代是以多种概念和方法相互冲击与汇合为特征的时代。”^[35]

根据普利高津的理解,不可逆性、随机性都是复杂性的特征,所以热力学、量子力学是关于复杂性的科学。但普利高津并不是物理学家,20世纪下半叶物理学也未提出新的关于复杂性的理论。

20世纪中叶,一系列系统科学诞生,这是一次新的科学革命,是综合性的革命。系统论、信息论、控制论、耗散结构理论、超循环理论、协同学、混沌学这些综合性理论,实际上都是关于复杂性的科学。复杂性是事物多方面属性的综合,所以综合性科学应成为探索复杂性的基本学科。分形几何创始人曼德布罗特的研究涉及数学、物理学、天文学、地学、生理学、计算机科学、经济学、信息论、情报学、哲学、艺术等,表明广博的学识是研究复杂性的一个应具备条件。

追求统一性一直是自然科学的基本目标,探索复杂性的凸显则是20世纪下半叶的事。统一性与复杂性并不是一对矛盾概念。统一性同多样性相对,复杂性同简单性相对。但多样性是复杂性的一个因素,单一性是简单性的一个特征。片面的、绝对的统一性便是单一性。所以追求统一性和探索复杂性是两种不同的科学思潮,有相互排斥的一面。特别是当不少物理学家由追求统一发展到追求终极时,二者的排斥会到十分显著的地步,因为复杂性是不可穷尽的。

自然界是统一性和多样性、简单性和复杂性的统一,这是一种十分复杂的关系。自然界既是统一的,又是复杂的。过去物理学追求自然界的统一时,只讲简单性不讲复杂性,是片面的。今天我们在探索复杂性时,也不能否认自然界的统一性。统一性与复杂性都是自然界的基本属性,二者又都是相对的。追求统一性和探索复杂性的工作都是无止境的。这两种思潮的相互排斥与相互补充,决定着20世纪下半叶并可能决定21世纪上半叶科学思想的发展历程。

【参 考 文 献】

- [1][2][3][4][5][8][9]爱因斯坦. 爱因斯坦文集(第一卷)[C]. 北京:商务印书馆,1977. 385、227、128、128、311、375、380.
- [6]海森伯. 物理学和哲学[M]. 北京:商务印书馆,1981. 27~28.
- [7]波尔. 原子论和自然的描述[M]. 北京:商务印书馆,1964. 9.
- [10][11][14][15]杨振宁. 杨振宁演讲集[C]. 天津:南开大学出版社,1989. 174、127、360、389.
- [12][13]杨振宁. 基本粒子及其相互作用[M]. 长沙:湖南教育出版社,1999. 83、146~147.
- [16][25]卡库,汤姆逊. 超越爱因斯坦[M]. 长春:吉林人民出版社,2001. 75、4~5.
- [17]特霍夫特. 寻觅基元[M]. 上海:上海科技教育出版社,2002. 156.
- [18][19][20][21]霍金. 时间简史[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2002. 11、12、12、154.
- [22]霍金. 果壳中的宇宙[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2002. 80.
- [23]格林. 宇宙的琴弦[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2002. 139.
- [24][27]戴维斯等. 超弦[M]. 北京:中国对外翻译出版公司,1994. 83、1.
- [26]格罗特里希. 超弦的音响[M]. 上海:百家出版社,2001. 78.
- [28]冯端. 零篇集存[C]. 南京:南京大学出版社,2003. 401.
- [29][30][34][35]尼科里斯,普利高津. 探索复杂性[M]. 成都:四川教育出版社,1986. 4、242、III-IV、I.
- [31][32][33]湛垦华,沈小峰等. 普利高津与耗散结构理论[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1982. 142、201、201.

(责任编辑 成素梅)