

纪念爱因斯坦狭义相对论创立100周年笔谈

[编者按]今年是爱因斯坦狭义相对论创立100周年。这一理论对于现代物理学的发展和现代人类思想的发展产生了巨大的影响。爱因斯坦留给人类的遗产,不仅仅是相对论,更重要的是他创立相对论的科学创造精神。我们应追寻那伟大精神创造的源泉,用它来唤醒、激发出新时代的科学精神,为中国科学的创新和发展做出贡献。

相对论:爱因斯坦的“自由发明”

林德宏

(南京大学哲学系,江苏南京 210093)

关键词:爱因斯坦;相对论;发明

中图分类号:N03

文献标识码:A

文章编号:1671-4970(2005)03-0001-03

独特的理论往往有独特的方法。相对论是关于时间、空间、引力这些物理学最基本问题的理论,带有浓厚的思辨色彩。爱因斯坦并未做过任何实际的实验,却创立了后来被实验奇迹般验证的科学理论,他究竟是用什么独特的方法建构出独特的相对论的?他说马赫从经验论出发,认为“理论产生于发现,而不是产生于发明。”^[1]在他看来,他的相对论乃是一种理论的“发明”。

爱因斯坦说传统见解认为:一切关于实在的知识都来自经验,又归于经验,而纯粹的逻辑思维不能给我们提供任何关于经验世界的知识。牛顿深信经典力学的基本概念和定律是从经验中推导出来的。爱因斯坦对这种看法提出了质疑。他说,虽然在当时看来质量、惯性和力的概念以及相关的定律似乎都是直接从经验中推导出来的,可是牛顿也感觉到绝对静止、超距作用力这些概念却在经验中找不到对应的东西并为此而感到不安。在爱因斯坦看来,牛顿力学体系的基础也具有“虚构的特征”,即含有想像的因素,只是由于牛顿力学在实践上的巨大成就,使人们没有注意到这点,广义相对论则表明这种传统看法是不正确的。“那时的自然哲学家,大多数都有这样想法,即认为物理学的基本概念和假设,在逻辑意义上并不是人类思想的自由发明,而是可以用‘抽象法’——即用逻辑方法——从经验中推导出来。实际上,只是由于出现了广义相对论,人们才清楚认识到这种见解的错误。广义相对论表明,人们

可以在完全不同于牛顿的基础上,以更加令人满意和更加完备的方式,来考虑范围更广泛的经验事实。但是,完全撇开这种理论还是那种理论优越的问题不谈,基本原理的虚构特征却是完全明显的,因为我们能够指出两条根本不同的原理,而两者在很大程度上都同经验相符合,这一点同时又证明,要在逻辑上从基本经验推出力学的基本概念和基本假设的任何企图,都是注定要失败的。”^[2]

如果理论物理学的基础不可能从经验中抽取出来,而必须自由地发明出来,那能否找到一条建构物理学理论的正确道路?爱因斯坦的回答是肯定的,这条正确的道路是:基本假设的提出靠直觉,建构理论靠数学模型方法。

他认为物理理论有两类:构造性理论和原理性理论。原理性理论是从基本假设出发,用分析方法形成的理论,逻辑完整,基础巩固,相对论属原理性理论。基本假设与经验之间没有必然的逻辑联系,基本假设是通过直觉即非逻辑思维获得的。从基本假设出发可以通过演绎方法推导出一系列命题,形成理论。“一般地可以这样说:从特殊到一般的道路是直觉性的,而从一般到特殊的道路则是逻辑性的。”^[1]

关于物理学中的数学方法,爱因斯坦说:“迄今为止,我们的经验已经使我们有理由相信,自然界是可以想像到的最简单的数学观念的实际体现。我坚信,我们能够用纯粹数学的构造来发现概念以及把这些概念联系起来的定律,这些概念和定律是理解

自然现象的钥匙。经验可以提示合适的数学概念，但是数学概念无论如何却不能从经验中推导出来。当然，经验始终是数学构造的物理效用的唯一判据。但是这种创造的原理却存在于数学之中。因此，在某种意义上，我认为，像古代人所梦想的，纯粹思维能够把推实在，这种看法是正确的。^[2]这就是说：“数学构造”具有“物理效用”，我们可以用“纯粹数学的构造”来发现概念和定律；“创造的原理”在数学之中，而不在经验之中。他谈到“数学上最简单的场”，实际上就是场的数学模型。

广义相对论的提出，是爱因斯坦科学思想的重大转折，在认识论上从马赫的经验论转向唯理论。“我从引力论中还学到了另外一些东西，经验事实不论收集得多么丰富，仍然不能引导到提出如此复杂的方程。一个理论可以用经验来检验，但是并没有从经验建立理论的道路。像引力场方程这样复杂的方程，只有通过发现逻辑上简单的数学条件才能找到，这种数学条件完全地或者几乎完全地决定着这些方程。但是，人们一旦有了那些足够强有力的形式条件，那么，为了创立理论，就只需要少量关于事实的知识。^[2]

广义相对论提出在引力的作用下空间会弯曲，把引力几何学化了。这揭示了黎曼非欧几何的物理意义，并向欧氏几何空间观念发出了挑战。所以物理学与几何学的关系，就很自然地受到爱因斯坦的关注。他指出，在这个问题上有两种基本观点。第一种观点认为几何学的基本观念同自然界的一定客体相对应，所以几何学的所有命题都具有说明现实物体的性质。第二种观点认为几何学的基本概念同客体没有对应关系，它不能说明自然客体，只有几何学同物理学一起才能对实在作出说明。爱因斯坦赞同第一种观点，并说要是没有这种观点，实际上就不可能通向相对论。从近代以来，人们普遍认为几何学概念没有经验内容，对实在不作任何断言。可是几何学起源于大地测量活动，即出于了解客体的需要。为此几何学必须去掉它的单纯的逻辑形式的特征，把经验的实在客体同公理学的几何概念对应起来。“这样建成的几何学显然是一种自然科学，事实上我们可以把它看作是一门最古老的物理学。^[2]他把这样的几何学称作“实际几何”，有别于“纯粹公理学的几何”、“如果人们认为欧几里得几何是实际的刚体在空间里的可能的相互关系的科学，也就是说，把它当作一门物理科学来处理，而不是把它从原来的经验内容里抽象出来，那么几何学和理论物理学在逻辑上的同一性就完整无缺了。^[2]

爱因斯坦还说他是从物理学的角度来研究数学

概念的，认为只要确定数学概念同经验对象的关系，那数学概念就具有物理内容了。他指出，数学只研究概念之间的相互关系，而不考虑它们对于经验的关系。物理学也研究数学概念，并明白地确定了它们对于经验对象的关系，这样数学概念便得到了物理的内容。

爱因斯坦指出，在认识几何学与物理学的关系方面，德国几何学家黎曼有重大贡献。黎曼创立了一种比欧氏几何更为普遍的几何学，并大胆猜想物体的几何关系可能是由各种物理原因或各种力决定的。1854年黎曼提出一种把力几何化的想法，说一张二维的纸片被弄皱（即弯曲）了，二维昆虫在上面爬行，就会觉得有一种力妨碍它直线前进。也许被弄皱了的三维宇宙，便会产生电、磁、引力作用。黎曼还认为如果多引进一个空间维度，许多自然规律就简单多了。黎曼的这些想法实际上是广义相对论思想渊源之一。爱因斯坦说：黎曼用纯粹数学推理的方法，得出了关于几何学同物理学不可分割的思想；后来这个思想就体现在把几何学同引力论融合成为一个整体的广义相对论之中。

既然几何学具有物理内容，那不同的物理模型就会对应不同的几何模型。既然物理模型是多元的（牛顿力学与相对论的并存就表明了这点），那几何模型就不可能是一元的。爱因斯坦说，19世纪初，不仅对于数学家、哲学家而且对于物理学家而言，欧氏几何的基础似乎是绝对不可动摇的，是唯一的几何学。可是根据几何学概念涉及客观实体的观点，欧氏几何并不是绝对的，它并不适用于一切物理学，例如它不适用于广义相对论。“引力场影响着甚至决定着空间——时间连续区的度规定律。如果理想刚体的排列定律是用几何来表示的，那么，在引力场存在时，这种几何就不是欧几里得几何了。^[2]爱因斯坦还指出，欧氏几何默默包含一个前提：自然界中实际存在着不变的标尺，这就是一个“虚构的理想”。

这就是爱因斯坦在创立广义相对论过程中所理解的几何学。没有这样的几何学，就不会有广义相对论。“既然没有几何学的帮助，物理学的定律就无法表示，那么几何学就应当走在物理学的前面，因而几何学也应当被看作是这样的一门科学，它在逻辑上先于一切经验和一切经验科学。^[2]

综上所述，爱因斯坦在狭义相对论研究中，强调的是直觉；在广义相对论研究中，强调的是数学模型方法（因此他甚至认为几何学是一种物理学，这同他的大物理学观是一致的），核心是自由想像。“相对论是说明理论科学在现代发展的基本特征的一个良好的例子。初始的假说变得愈来愈抽象，离经验愈

来愈远。……理论科学家在他探索理论时,就不得不越来越从纯粹数学的、形式的考虑,因为实验家的物理经验不能把他提高到最抽象的领域中去。^[2]他在谈到物理学理论的形成过程时,曾用了这样的字句:“自由发明”、“自由创造”、“自由游戏”、“纯粹思维”、“纯粹虚构”、“幻想”、“做梦”、“放荡不羁的思辨方式”、“最大胆的梦想”等等。

相对论的鲜明特点是超越经验,不仅超越日常生活经验,而且也不是对实验的概括。许多人曾认为爱因斯坦创立相对论直接受到迈克尔逊-莫雷实验的启示,爱因斯坦却否认这种说法。他说:“只有大胆的思辨而不是经验的堆积,才能使我们进步。”^[1]理论物理学越发展,离经验就越远,直觉与数学模型所起的作用也就越大。霍金认为物理学理论

就是数学模型。他的躯体虽被禁锢在轮椅之中,可是这丝毫也不妨碍他去自由地想像黑洞的蒸发、虚时间、多重宇宙、时间的弯曲。现代理论物理学已具有某些“超验性”的特点,更需要爱因斯坦式的“自由发明”的冲动。虽然从总体上说,现代理论物理学仍需要以科学实验为基础,因为我们毕竟生活在物质世界之中,但爱因斯坦所倡导的新方法,确实给理论物理学带来了新的气象。

参考文献:

- [1] 爱因斯坦文集(第3卷) [M]. 北京:商务印书馆,1979. 475 490—491 496.
- [2] 爱因斯坦文集(第2卷) [M]. 北京:商务印书馆,1977. 315 316 39—40 138 134 163 205 262.

相对论如何可能? ——爱因斯坦的永恒昭示

李曙华

(南京大学 哲学系 江苏 南京 210093)

关键词:爱因斯坦 相对论

中图分类号: N03 文献标识码: A 文章编号: 1671-4970(2005)03-0003-03

科学史上,只有1665~1666年(牛顿证明引力定律)可与1905年媲美,1905年是爱因斯坦伟大创造力最显光辉的一年。人所共知,那一年,爱因斯坦提出了狭义相对论,然而,笔者以为,爱因斯坦留给人类的遗产,除了相对论,更重要的是他关于如何得到相对论的启示。尽管他并未专门论述过这个问题,但从他大量的文章、书信中,可以体会到并去追寻那伟大精神创造的源泉。或许有一天相对论会被超越或证伪,但爱因斯坦对于科学原创性如何可能的昭示将是永恒的。

爱因斯坦告诉我们:“狭义相对论这一发现绝不是逻辑思维的成就,尽管最终的结果同逻辑形式有关。”^[1]他曾指出,科学家的工作可分两部分,首先是发现作为基础的普遍原理,然后从这些原理推导出结论。第二步的工作只要有逻辑方面的训练便可成功,但“物理学家的最高使命是要得到那些普遍的基本定律,然而,通向这些定律,并没有逻辑的道路;只有通过那种以对经验的共鸣的理解为依据的直

觉,才能得到这些定律。”^[1]广义相对论的探索更使他悟到:“从经验材料到逻辑性演绎以之为基础的普遍原理,在这两者之间并没有一条逻辑的道路。”^[2]概念和命题同感觉经验的联系“纯粹是直觉的联系”,因为这中间有“一跳”,有一概念的超越使用。科学史上,这一跳跃或飞跃,正是天才性创造的共同特征。

由此,爱因斯坦申明:“我相信直觉和灵感。”^[1]笔者以为,这种直觉和灵感,正是现象学所说“本质直观”,也与目前哲学讨论的“智的直觉”或“理性直觉”相关。感性直觉,人皆有之,而“本质直观”或“理性直觉”则是一种创造性直觉,它是理性的,但非逻辑的,是直觉的,但非感性的。尽管无法论证,但却具有明白清楚的明证性。这种能力,人本亦有之,只有这种能力,才能使人的内在思维“切中”外在事物,帮助我们跨越经验与“基本原理”之间的鸿沟,但它却往往被遮蔽。我们如何可能“发明”这种创造性直觉的能力呢?

让我们循爱因斯坦之指引,追根寻源。爱因斯