

爱丁顿与赫尔曼·外尔

——不同文化背景下的科学思想进路

王延锋

(上海交通大学科学史系,上海 200240)

摘要: 作为 20 世纪上半叶最伟大的天文学家的爱丁顿及数学家赫尔曼·外尔都分别对 20 世纪初新生的广义相对论场论及量子力学产生极大的兴趣并分别做出了一定的贡献。俩人在同一时期对同一问题产生了相似的看法,但由于所处的文化背景不同,认识的结果却不一样。本文拟从科学社会学的角度对两位伟大科学家的不同思想进路作对比分析,得出有趣的结论。

关键词: 爱丁顿;赫尔曼·外尔;因果性;决定论;文化背景

中图分类号: N031

文献标识码: A

文章编号: 1003 - 5680(2004)03 - 0105 - 03

在物理学发展的历史长河中,我们常常注意到相似的情况一再发生:每一个新理论的提出都会对人们原有的传统观念产生冲击,新理论的成功就意味着要对原有思想观念的某种程度的否定或修正。量子力学的出现使新旧观念的冲突更明显了,除“量子”突破能量连续性的观念外,“非因果性”及“非决定论”思想是物理学家们长期争论的议题。就量子力学的历史发展来说,新观念的产生和被接受并非全是物理理论内部自然发展的结果,它还有来自外部的因素——哲学背景及社会文化思潮是不可忽视的因素。对生在英国、受典型英国传统文化教育的爱丁顿及生在德国、受德国传统文化教育的赫尔曼·外尔关于“非决定论”思想发展过程作比较分析即可可见一斑。

阿瑟尔·斯坦利·爱丁顿(Eddington, Arthur Stanley),天文学家、物理学家。1882 年生于英国肯德尔,自幼天资聪颖,学习勤奋。1898 年不到 16 岁时就因成绩优异获得奖学金资助进入曼彻斯特大学的前身——欧文学院学习,20 岁时再次获奖学金进入著名的剑桥大学三一学院学习。爱丁顿受到的是典型的英国传统教育,和当时三一学院的大多数学生一样,对数学及物理学产生浓厚兴趣并打下了坚实基础,为其今后的天文学及物理学上的研究作了充分的准备。在随后的岁月里爱丁顿基本上未离开过英国,在相当平静的社会环境中使他始终如一地潜心科学研究工作,虽历经两次世界大战却未受影响。在恒星内部结构、质光关系、能源问题、广义相对论的验证和宣传、统一场论的研究等方面分别做出重

要贡献。一生分别担任过英国皇家天文学会会长(1921 - 1923)、英国物理学会会长(1930 - 1932)、英国数学学会会长(1932)。其研究范围横跨之广、成就之突出在英国整个现代科学史上是很少有的。

赫尔曼·外尔(Hermann Weyl),数学家、物理学家、哲学家,1885 年生于德国汉堡附近的一个小镇埃尔荷恩。少年时代的外尔虽然也对数学和物理表现出一定的兴趣,但并没有什么突出的表现,倒是对常人来说枯燥无味的康德哲学著作如痴如醉,细心研读起来。不过由于偶然的会使外尔得以走进哥丁根大学,开始他的新生活。1904 年,十八岁的外尔从偏僻小镇来到当时的科学中心哥丁根,眼界大开。尤其希尔伯特、F. 克莱因、闵可夫斯基等对数学的贡献和威望,哥丁根已成为欧洲大陆数学界向往的中心,外尔到来时这里已聚集了一大批数学新秀。虽然外尔的数学基础并不扎实,可凭他卓越的数学天赋和顽强的钻研精神,渐渐从这群英荟萃的数学摇篮中脱颖而出。在黎曼几何、仿射几何、拓扑学、群论与量子力学、统一场论等方面都做出了重要贡献。与同时代大多数德国科学家的遭遇相似,外尔的一生历经许多忧患和不安、漂泊不定,大学时代起即在哥丁根、慕尼黑、苏黎世等处往返,一战时还服过兵役,二战前夕又不得不离开学术积淀深厚的欧洲,定居美国。

在爱丁顿与外尔学术上取得突出成绩的时期,同时也是爱因斯坦提出广义相对论及原子物理学取得突破性进展的时期,当时一大批理论物理学家及数学家立即被吸引到这两

【收稿日期】 2002 - 10 - 21

【作者简介】 王延锋(1968 -),男,布依族,贵州册亨人,上海交通大学科学史系博士生,研究方向:物理学史。

个领域,包括希尔伯特、克莱因、闵可夫斯基等大家都对物理学的新进展表现出极大的热情,爱丁顿和外尔也不例外。一战前爱丁顿曾来到哥丁根并与外尔相识,当时外尔在黎曼面及拓扑学方面的研究已取得突出成果从而取得了哥丁根大学的无公薪讲师职位。对黎曼几何等方面的共同兴趣使两人很快成为朋友并在以后的学术生涯中常有书信来往,爱丁顿常能及时地将外尔在数学上的新成就引用到物理学中来,在1923年出版的《相对论的数学理论》中爱丁顿甚至引用几何学中的平移程序来修改外尔的仿射几何,从而得出引力定律的另一种诠释。

就量子力学的历史发展来说,从1900年12月普朗克“量子”的提出到1911年10月第一届索尔维会议的召开,“量子”概念还局限在欧洲大陆少数物理学家的头脑中。索尔维会议的召开使得“量子”概念在物理学界中广为传播,来自英国的J.金斯和E.卢瑟福参加了这次会议。J.金斯原本是量子假说的顽固反对者,但在庞加莱给出的严密推理及雄辩面前不得不折服了。在1913年9月,大英科学促进会在伯明翰召开,在多斯等的介绍下量子理论在英国科学界引起关注,爱丁顿开始认识量子理论的迷人之处并开始关注这一领域的发展。不过由于一战开始,使得英国物理学家与德国同行暂时失去联系。

1914年8月,第一次世界大战爆发,欧洲大陆历经翻天覆地的变化。尤其战败国德国无论在政治、经济、社会文化思潮等方面都发生了根本的转折,身处其中的科学家们其对国家的思想感情,对科学研究的价值理念等也受到强烈的冲击。外尔虽然于1913年秋离开哥丁根到了苏黎世,得以较平静地继续科学工作,可一系列的变迁促使他无论在哲学思想、科研的走向等都发生了根本的转变。哲学上,初来哥丁根时受希尔伯特数学思想的影响,他已抛弃了康德的那套体系,转向实证主义,不久跟海拉(Hella)认识并于1913年结婚,受其影响又转向胡塞尔的现象学。作为存在主义源头之一的胡塞尔现象学,以强烈的自我反省为特点,起源于认识论的关怀,在20世纪初的德国文化界颇为流行。到1917年左右,外尔的哲学观点开始进入他的科学工作,在数学上他追随布劳威尔(L. E. J. Brouwer)的数学直觉主义运动从而走到了其恩师希尔伯特的对立面。数学中的直觉主义认为,决定概念的正确性和可接受性的是直觉,而不是经验和逻辑;数学是纯心智的自由创造,是以不证自明的原始概念——原初直觉来构造数学对象。布劳威尔声称要对整个数学体系从基础开始进行重新构建,外尔则是这一重构运动的主干将。

外尔在数学中的直觉主义很快渗透到他的物理学思想——试图以直觉主义取代连续一统的场论思想。1918年春,外尔曾提议推广广义相对论中的场论方法,尝试将场论中连续性及规律性思想推广到其余领域,认为物理学各领域应该有普遍的规律性。可到了1920年出版的《关于因果性与统计规律在物理学中的运用》中转而谈到“物理学中因果关系与统计方法的联系是:它是否暗示了并没有严格的因果相互作用以控制这个世界,而是偶然性将被认识到是与规律并存

的一种独立力量以限制规律的有效性?”^[1]外尔进一步认为,物理学中的因果性规律是凭经验得来的,而不是直觉的产物,因此并不可靠。不仅如此,现代物理学大厦也不可靠,尤其量子理论已处于危机的边缘,需要重新构建。在此之前,外尔曾致力于统一场论的研究,并以其非凡的数学才能在广义相对论引力场方程方面作出过贡献,可现在他突然决定要抛开场论思想,代之以物质实体作为世界的终极实在。外尔认为,场论思想包含了连续性与决定论因素,而连续体的实质使得人们不能将之当作固定的存在物来把握,它仅仅是过程,不能当作终极实在;而决定论与因果性规律是同一的,应予抛弃。^[2]在1920年秋准备其《时间、空间、物质》一书的第四版时,外尔进一步抓住量子论作为放弃因果决定论的理由,认为量子理论“清楚而明确地显示了物理学在其目前的状态不能再支持建立在严格精密的规律之上的物质性质的紧密因果关系这一信念。”^[3]而且,“对决定论的放弃恢复了时间的单向性(注:时间的单向性是直觉主义的一个重要信条)这是我们所经历的时间中最基本的事实。”^[4]

虽然外尔对因果性规律及决定论思想的放弃现在看来是草率的,更多的是基于哲学上的思考而非物理上的推理,可在量子力学将被发现之际,外尔的声明对促使物理学界转变思想观念,迎接非因果性量子力学的到来确实起到了一定作用。

当欧洲大陆正处于动荡和巨变之时,身处英国的爱丁顿却得以不受干扰继续他的科学研究。1915年爱因斯坦发表了广义相对论并用它来解释水星近日点的反常进动,作出光线在引力场中应沿曲线传播,以掠射方式通过太阳边缘的星光将产生一偏转角的预言。当时虽然英、德是交战国不通邮,但有中立国荷兰天文学家W.德西特(de Sitter)将爱因斯坦的论文副本寄给时任英国皇家天文学会秘书的爱丁顿。爱丁顿很快发起用天文学观测来验证广义相对论,提议在日全食时通过拍摄太阳附近的星空照片,并与太阳远离该处时的星空照片进行比较。1919年5月爱丁顿亲自参加了去西非普扑西比岛的观测,得出与爱因斯坦预言惊人地吻合的结果,引起轰动。爱丁顿由此对广义相对论着了迷,积极进行宣传 and 介绍。

在对广义相对论引力场方程的研究中,爱丁顿渐渐发展出与外尔十分相似的观点。在李约瑟主编的《科学、宗教、与实在》这部文集里,其中有一篇爱丁顿的文章讨论人类的自由意志与物理学上的决定论的冲突问题。^[5]文集虽是在1925年出版,可爱丁顿思想在1920年左右已形成,爱丁顿引用场论中的连续性与因果规律性与人类的自由意志作对比,认为“场论中的连续性与因果决定论只提供了世界实在的形式上、逻辑上的联系。”这与外尔的观点何其相似!爱丁顿在文中也承认外尔最近对场论观念的“转变”如像他自己的一样。有所不同的是,存在主义者外尔将这些其“固有的本质”存在于物理学范围之外的“实在”限定在基本粒子范围内的“独自决定”;而外尔的朋友,泛神论者爱丁顿则把这些“实在”当成基本粒子本身,并赋予它“精神、理性”等特征。“这些‘世界实体’的特征和行为,连同尚待发现的原子结构及量

子的规律,也许是统治世界的真正规律。”不过爱丁顿又转而认为,“也许这些‘玄奥的规律’并不是起决定性的作用,相反,在这里,由于物理学与人类意识的联系,它最终将被人类的自由意志所征服。”

这时的爱丁顿已走到了否定因果规律的普遍有效性、放弃决定论思想的边缘,可还是没有像外尔那样直截了当地得出这一结论。爱丁顿仅仅认为,人脑并非自然界的一部分,自然界是外在的,人们认为它展示出四维时空结构,具有某种秩序等等,这些规律或许不是自然所固有,而是人脑中的构造,因此,这些规律具有“非理性”的特点。在1936年爱丁顿回忆当初的思想转变时指出,“那些规律具有‘非理性’的思想,也许是当时所能达到的接近非决定论观念的极限。”^[6]

当然,由于外尔的影响,爱丁顿成为英国物理学家中接受物理学非决定论思想的第一人。在1927年春,爱丁顿在爱丁堡大学发表演讲承认,由于新量子力学的结果,“各种决定论思想已被从物理学定律中排除……无论我们从自由意志的哲学基础上采取什么样的态度,我们都不可指望求助于物理学来反对它。”^[7]

爱丁顿与外尔在向非因果性及非决定信念的转变上产生的差异不仅源于不同的哲学背景,社会文化思潮也起到不可忽视的作用。著名科学史家及科学社会学家保罗·福曼(Paul Forman)在对魏玛文化与量子力学发展之关系作了深入的研究后指出,魏玛文化思潮对促使德国物理学家在量子力学出现之前摒弃因果性决定论观念起到重要的作用。具体说来,魏玛文化中的浪漫主义的非理性主义思想,颂扬“生命”及其相关的不可解析的经验,认为理性逻辑只是某种知识的基础而不是普遍知识的基础,生命现象超出理性的科学知识之外;厌恶因果规律:广泛弥漫于德国知识界而又十分混乱的“生命哲学”,其倡导者们将因果性原理当作攻击的主要目标,认为机械论和决定论的因果解释对任何事件作预先推测,把任何事物看成可比较,可分解为元素,对事物的支离解体使其失去意义;敌视物理学,尤其敌视物理学家。这首先是物理学家从事的认识目标在认识论上正好是生命哲学所反对的。其次,物理学家对现代技术和工业化负有责任,它使人与自然异化、与人类的本原、与简朴的生活异化等等,这也是当代文化思潮所不可容忍的。魏玛德国物理学家处于这样一种于己不利的文化思潮中,其所从事的科学事业的价值观必然受到了强烈的冲击从而思想观念也会发生变化。

其实,这股非理性的魏玛文化思潮在19世纪末20世纪初已开始隐约出现。从19世纪中期俾斯麦统一德国到下半

叶德国工业化,要求德国人民对政府,对社会,对工厂企业主绝对地、机械地服从造成人际关系的紧张和人性的极度压抑。作为德国人在社会和政治上集权主义传统的一种理想的精神补偿,浪漫主义的非理性主义思想倍受青年知识分子的欢迎,歌德、席勒的作品一再被传诵。人们从对“古典时期”的怀恋进而对现实产生了怀疑和否定,要求重新审视当今的一切,作为这时期德国精神领袖的尼采即发出了“重估一切价值”的口号。及到一战的战败及苛刻的凡尔赛和约,更是激起公众对魏玛共和国的不满,青年知识分子对从国家理想的危机进而对推进了工业化的当今科学技术产生了信任危机。尤其作为生命哲学后期主要代表的斯宾格勒在其《西方的没落》中将当前“科学的危机”及“科学的革命”进行了夸大宣扬,产生广泛影响。部分物理学家及数学家也主动投入这股非理性的文化思潮,纷纷表示要摒弃传统的思想观念,迎接新科学革命的到来,外尔即是这场运动中的一个激进的先锋。

身在英国的爱丁顿由于没有经受过这股文化思潮的洗礼,其学术思想进路是平缓发展的,其对现代物理学发展的认识只限于所处的哲学背景及自身对自然、对人类精神的领悟而不是存在主义或别的什么主义的影响,因而不像外尔那么激进和容易转变。这另一方面也说明了对科学家科学思想发生转变的原因探索,仅凭科学内部发展史研究是不够充分的,尤其对像魏玛德国这样一个社会发生巨变的时期,社会文化思潮产生了不可低估的作用。

【参 考 文 献】

- [1][2] H. Weyl. Das Verhaaltnis der kausalen zur statistischen Betrachtungsweise in der Physik. Schweizerische Medizinische Wochenschrift[J]. 50(19 August 1920), 737, 741.
- [3][4] H. Weyl. Space - Time - Matter, trans. form 4th ed. by H. L. Brose. London, 1922. 310, 312.
- [5] Eddington. in J. Needham, ed. Science, Religion, and Reality. Cambridge, 1925. 193 - 218.
- [6] Eddington. Relativity Theory of Protons and Electrons, Philosophy and the Physicists, London. 1937. 190.
- [7] Eddington. Brief Report of Eddington's 5th Gifford lecture. Naure, 1927. 18, 119.
- [8] Paul Forman. Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918 - 1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment. Historical Studies in the Physical Sciences. 1971. 1 - 115.

(责任编辑 殷 杰)

生命哲学:19世纪下半叶到20世纪初德国的一个哲学流派,由狄尔泰、柏格森等所创立。反对自然科学及技术所造成的机械主义,认为不能用理性和概念来表达生命。主张以内在的体验来理解和解释生命,或把生物学所理解的生命延伸到整个实在世界和人生观。是存在主义的主要来源之一。