首都师范大学学报(自然科学版)
第41卷 第3期 Journal of Capital Normal University No. 3
2020年6月 (Natural Science Edition) Jun. ,2020

物理学家费曼

王洪见[1] 白 欣[2] 李 琰[1]

(1. 北京财贸职业学院教务处,北京 101101; 2. 首都师范大学初等教育学院,北京 100048)

摘要:费曼是20世纪最伟大的科学家之一,他一生取得了非常瞩目的成就,并在1965年获得了诺贝尔物理学奖. 他的物理学研究都是从最简单的自然现象出发,发现科学世界的基本结构和普遍性原理,进而引发人们思维方式的根本性变革. 除了在科学前沿领域的贡献,他在教育上的成就也非常耀眼,他在加州理工学院任教期间开展物理教学改革,编写的《费曼物理学讲义》至今仍是大学物理教学和编写教材的经典范本.

关键词:费曼;物理学家;物理学史;物理教学

中图分类号:N09 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2020.03.016

0 引 言

费曼(Feynman,1918—1988年)一生醉心于科学研究和教学工作,主张在物理研究中要大胆探索和创新,其学术思想所触及的深度和广度令人敬佩. "费曼是这里最才华横溢的年轻物理学家,他有着非常吸引人的性格与个性,他是一个优秀的教师,对物理学的各个方面都有着热烈的感情." 曼哈顿工程的领导者、著名物理学家奥本海默曾如此评价他.

1 生平简介

1918年5月11日,费曼出生于美国纽约的一个犹太人家庭,还有一个妹妹,两人均是物理学家.

在费曼小时候,他父亲通过将蓝色和白色的2种瓷砖变换摆放方式,帮助他认识各种形状和学会算术. 父亲还经常和费曼一起去参观各类博物馆. 费曼对于《不列颠百科全书》中的科学类和数学类词条特别有兴趣,还自学起几何的知识,他还试着就一些问题做出思考和解释. 费曼日后回忆道:"没有压力,只有可爱的和有趣的讨论." 显然,父亲对费曼的科学启蒙是非常重要的,除了学到知识,还使少年费曼领悟到科学美和大自然的美. 费曼后来的物理学研究总是从自然界的现象出发进行思考,能透过观察和实验事实的表面而直视其本质,这与他早期的家庭教育有关.

1935年,费曼进入麻省理工学院攻读数学和物理学专业. 1939年9月进入普林斯顿大学,师从惠勒(Wheeler,1911—2008年)攻读研究生,研究方向是量子电动力学的疑难问题:发散困难. 1942年,费曼获得理论物理学博士学位,之后到洛斯阿拉莫斯的实验室参与研制原子弹的秘密计划——"曼哈顿工程". 同年,费曼结婚.

1946年开始,费曼先后在康奈尔大学和加州理工学院任教. 在加州理工学院期间,他积极参与科学教育的改革,并出版了《费曼物理学讲义》. 因在量子电动力学方面的突出成就,费曼获得1965年的诺贝尔物理学奖.

1986年,费曼受委托调查著名的"挑战者号"航天飞机失事的原因. "低温下橡胶失去弹性"——费曼只用冰水和橡皮环就揭示了"挑战者"失事的根本原因. 这就是著名的O型环实验.

2年后,1988年2月15日,费曼因腹膜癌在加州洛杉矶逝世,终年69岁.

2 主要科研成就

费曼长期从事物理学的研究工作,不仅在量子电动力学、粒子物理、凝聚态物理及物理教育等方面的杰出贡献为当代物理学工作者所敬佩,而且以其高超的科学美学鉴赏力受到物理学界的广泛赞誉[1].

2.1 路径积分和费曼图

1939年,费曼大学毕业时就具备了较高的科研水平,其毕业论文发表在著名的《物理评论》上. 1949年,发表"正电子理论"和"量子电动力学的时空探讨",就电子与光子的相互作用给出了相应的费曼路径积分、费曼图和费曼规则. 这些都成为现

收稿日期:2018-11-29

代理论物理学家使用的基本工具.

费曼的路径积分方法是一种“历史累加”的方法.当时科学家已熟知了量子力学的2种形式,即波动力学和矩阵力学.具有创新精神的费曼又找到了第3种形式——基于作用量的路径积分形式.费曼的方法不但简单明了,路径积分的思想还体现着一种物理直觉,为量子力学提供了一种鲜明的物理图像.这种新的形式与另2种形式完全等效,且对经典力学同样有效,昭示着现代物理学与经典物理学之间的某种联系,也意味着在更高的层次上的统一.量子场论中的“费曼振幅”“费曼规则”等均以他的姓氏命名,可见其贡献之大.

费曼图用于表述场与场之间的相互作用,揭示了物理过程的本质,是物理学中对电磁相互作用的基本表述形式.他独立提出用跃迁振幅的空间—时间描述来处理几率问题.可以说,费曼全面发展了将量子理论应用到前沿研究领域所使用的独特的方法,并且对这个领域的当代图景产生重大的影响.费曼的导师惠勒曾经向爱因斯坦介绍过费曼的理论.他说:“费曼已经找到了一种简洁的图像,来理解一个动力学体系从一种位形过渡到下一时刻的另一位形的几率幅.”惠勒认为,费曼的博士论文标志着量子理论第一次变得比经典理论更简单了[2].

2.2 参与曼哈顿工程

参加研制原子弹的“曼哈顿工程”,对于许多人来说,都是非常荣幸的.24岁的费曼在获得博士学位的当年就参与了“曼哈顿工程”,与许多世界知名的科学家共事.在这些著名科学家面前他自称为“无名小卒”,但“大人物们”却对他的意见给予了充分的重视.他回忆与玻尔、贝特等人的接触时讲到,“一生之中最令我振奋的事情之一,就是碰到这些光芒四射的物理学家”.

玻尔是与爱因斯坦齐名的大科学家.德国纳粹占领丹麦后,玻尔便与2个儿子(阿格·玻尔和吉姆·玻尔)离开丹麦到了美国.在美国期间,玻尔父子参加了“曼哈顿工程”,玻尔也受到了大家的格外尊重.玻尔发表的意见自然受到大家的重视,甚至在会上能一睹玻尔的风采,也能让与会者感到荣幸.作为“小人物”的费曼,在开会时坐在后排,并且只能在众多脑袋的缝隙看到一点点玻尔的影子.不过玻尔却注意到了费曼,在一次重要的会议之前,玻尔专门请费曼单独交流,就原子弹具备怎样的结构才能威力更大的问题听费曼的看法.费曼事后才从小玻尔那得知,老玻尔在一次会上就低声对他说,“后面那个小伙子(费曼)自信且正直,是唯一不怕我的人,只有他会指出我的荒谬的想法”,并且还指出,“只找那些只会说,‘是的,玻尔博士’的人是不行的”.玻尔能够在人才济济的曼哈顿工程中看中费曼,除了相信费曼不迷信权威,敢于直言之外,更多的则是因为费曼在科学研究上有真知灼见.但费曼总是谦虚地说,自己在人际交往上比较笨,“我总是忘记在跟谁说话,而一味担心物理上的问题”.

2.3 餐碟引发的思考

费曼在“曼哈顿工程”中结识的另一位科学家是贝特(Bethe,1906—2005年),贝特曾在1954年当选为美国物理学会会长,曾预言了μ子的存在,提出氘核的模型和宇宙线研究中的贝特-海特勒模型.他发表在《现代物理学评论》中的3篇有关核物理学的论文,被科学家们誉为“贝特圣经”.1967年,因为解决了恒星从核聚变反应获得能量的机理问题,贝特被授予诺贝尔物理学奖.

贝特对问题总是爱刨根问底,因此有“战舰”的昵称.费曼认为,贝特最需要找个人来唱反调,看看他自己的想法是否经得起考验.有一次,贝特找费曼谈一些理论问题.费曼说:“不,不,你疯了.应该是这样才对.”贝特便解释为什么不是他疯,而是费曼疯了.两人就这样吵下去.费曼就是这样,每当听到关于物理的一切时,便只想到物理,甚至连交谈对象是谁都忘了.但这刚好是贝特所期待的态度,因此费曼被擢升一级,成为贝特手下的小组长.后来,贝特回到康奈尔大学工作,同时也为费曼争取到一个职位(薪资是3 700美元).这时,费曼还得到别的机构更高的薪资.但因为费曼喜欢和贝特一起共事,便决定到康奈尔大学,不考虑钱的问题.不过贝特发现别的同事得到更高薪水的职位后,他就主动跟学校谈,把费曼的薪资提高到4 000美元.

费曼到了康奈尔大学后,有一次在餐厅看到一些人在耍盘子,餐碟在空中边飞边摆动,边缘上的校徽转动的速度比碟子转动得快.费曼在闲暇之时就思考,碟子为什么会有如此的运动.费曼还将他的这些思考跟贝特进行交流.后来,费曼在推算盘子转动的方程式时,联系到电子轨道在相对论发生作用的情况中会如何运动,接着是电动力学里的狄拉克方程式,再接下来是量子电动力学……费曼回忆时说:“我还来不及细想究竟怎么回事,就好像打

开瓶盖一样,所有东西都毫无阻塞地流出来. 后来我获得诺贝尔奖的原因——费曼图以及其他的研究——全都来自那天我把时光‘浪费’在一个转动的餐碟上!”这就是真实的费曼,他的物理学研究就是在享受物理,随兴之所至.

3 费曼的教育思想

费曼热爱学生,非常喜欢教学. 他说:“教学和学生使我的生命得以延续. 如果有人给我创造一个很好的环境,但是我不能教学的话,那我永远不会接受,永远不会.”他的教学充满活力和激情,他注重与学生的交流,还往往会在审视学生提出的问题时深入思考许多新问题,萌生一些新的想法.

面对同样的知识,不同的教学方法将直接影响学生对知识的理解、方法的养成和创新能力的造就. 费曼在教学中能巧妙借助科学史的方式来教知识、授方法. 例如,在讲授万有引力定律时,介绍观察实验、归纳推理、实验证明等科学研究的方法,并且阐释运用已有成果探索和创设新理论的思想和方法. 他善于设计和运用“模型”,使复杂的问题简单化,使抽象的概念或复杂难懂的理论简捷化、直观化,可帮助学生更好地理解、记忆. 费曼在教学中着眼“关系”讲“数量”,着重讲清“数量”背后隐藏的“关系”(即原理),这样才能向学生展示一个有血有肉有精气神的物理科学[3]. 在获得的诸多奖项中,最令他自豪的是 1972 年,美国物理教师协会向他颁发的奥斯特奖章. 费曼自己也坚信,自己将来如果被人们铭记首先是因为他的教学工作.

3.1 编写《费曼物理学讲义》

作为一个物理学家,费曼不仅积极参与教学工作,还参与了加州理工学院的基础物理课程改革项目. 为此,费曼积极准备他的物理学系列讲义. 费曼幽默生动、不拘一格的讲课风格深受学生们的欢迎. 从 1961 年 9 月—1963 年 5 月,加州理工学院的同事把费曼讲授大学物理课程的录音等资料整理编辑成《费曼物理学讲义》,这套书是费曼对物理学的理解、组织教学和思考问题的方法的集中体现. 费曼在前言中写道:“我的主要目的不是帮助你们应付考试,也不是帮你们为工业或国防服务. 我最希望做到的是让你们欣赏这奇妙的世界,以及运用物理学观察它的方法.”

《费曼物理学讲义》对物理学的全貌进行了细致、富有见地的阐述. 全书物理概念、理论框架清晰,讲述生动、富有启发性,不仅是物理学专业的优秀教材,对于每一个试图理解现代物理的读者都是不可多得的经典读物. 物理学界和教育界对此书都大加赞赏,许多教师都将此书作为自己教学工作上的指南. 由此,费曼有了“老师的老师”的称誉. 在教学方面,费曼能把复杂的概念用简单的语言表述出来. 这种能力除了费曼自身的才华之外,是他认真准备每一堂课的结果. 费曼认为,教学能给旧的知识新生命,在课堂上时,你可以思考一些已经很清楚的基本知识. 如果你能从新角度去看,你会觉得很愉快. 除了参加教学工作,费曼还参加加州课程设计委员会的工作,努力纠正教科书存在的问题,积极撰写著作或文章向公众传播物理学知识. 费曼的教学思想和教材编写经验,对于当下中国的高等院校的教学改革和教材建设,都是值得借鉴的.

3.2 诊断巴西教育

1951 年,费曼应邀到巴西里约大学进行教研工作,并为学生讲授电磁学课程. 借此机会,他对巴西的教育进行了一番调查研究. 在即将离开之际,他在巴西科学院作了一次演讲. 有趣的是,费曼要求举办方让自己能畅所欲言. 巴西方面回答说:“没问题,这是个自由国家.”

根据在巴西的教学经历,费曼对巴西的科学教育现状评说一番. 他坦率地告诉巴西人,他看到的现象是令人震惊的. 第一,学生们上课只会做笔记. 费曼发现,巴西的学生上课时就是听讲和做笔记,把老师讲的每个字都记下来,借此来应付考试. 第二,学生们从不提问. 如果有学生提问,其他学生就认为这样的提问影响了老师的讲授,耽误了时间. 第三,不会举一反三. 面对同一个问题,有时学生马上答得出,有时却又一片茫然. 费曼认为,这是因为学生只是将知识点背诵下来,但对于其本质几乎什么也不知道. 费曼拿着一本被公认写得好的大一物理教科书说:“在这本书里,从头到尾都没有提及实验结果. 随便把书翻开,无论指到哪一行,我都可以证明书里包含的不是科学,而只是生吞活剥的背诵而已.”费曼还说,为什么那么多巴西学生都在学物理,可是整个巴西却找不出几个物理学家? 这说明,孩子都是在做无用功! 大家都是去努力地考试,然后一代代循环,大家其实什么都不懂.

在费曼演讲结束之后,巴西分管教育的一位官员说:“费曼教授说的全是让我们坐立难安的事情,但他是真心热爱科学,而且他的批评也很具诚意.

我们应该听他的.听讲之前,我早已知道我们的教育体制有病,但我现在才发现我们是患了癌!”

4 总　结

作为物理学家和教育家的费曼,其物理学研究方法和教育思想,对于当下的科学研究、创新人才培养、教育教学改革、课程建设和教材建设都有很好的启示作用.戴森评价费曼说:“费曼不用系统的数学,而以他自己的方式实际上‘重新发明了差不多整套的物理学’.”费曼能够从身边任何的事物切入科学,通过生动具体的事例揭示普遍存在的规律,使人们在惊叹宇宙的和谐与理性的力量之中欣赏自然.他赋予科学极高的审美价值和丰富的文化内涵,使公众亲近科学,他是科学与公众之间快乐的媒人[4].此外,费曼还是一个多才多艺的人,他拥有邦戈鼓手、绘画爱好者、开保险柜“专家”等头衔,这使得费曼除了作为一个科学家的角色之外,还以一个“科学明星”的角色进入中国公众的视野之中的.当然,当一个人成名之后,也不可避免地被要求扮演某种类似“公共知识分子”的角色,对研究领域之外的各种问题发表意见[5].费曼还几次力辞美国国家科学院院士,且不愿意担任领导职务.据说,当费曼获得诺贝尔奖之后,其同事韦斯科夫曾与费曼打赌,在 10 年之内,费曼一定会坐在领导的位置上.结果,在 10 年之后,费曼从韦斯科夫那里赢了 10 美元.这便是费曼,一位卓尔不群、处处流露真性情的科学家[6],甚至他在逝世前的最后一句话,也充满了风趣:“还好,人只需要死一次! 否则很讨厌,因为它是如此地沉闷……”.许多科普书籍甚至科普影视剧都十分喜欢加入费曼的内容.如著名的美国科普喜剧《生活大爆炸》就多次以费曼为话题.科学家图罗克对于费曼的热爱近乎崇拜,他在《宇宙的秘密》中就多处说到费曼.作为一位开拓者,甚至在纳米技术和量子计算机领域,费曼也有贡献.可见,费曼的思想是多么的超前,受人敬仰是不奇怪的.一如费曼逝世时,学生们在加州理工学院的图书馆楼顶挂起的那条横幅,上面写着:我们爱你,迪克(费曼的昵称).

参 考 文 献

[1] 许良. 论理查德·费曼的科学美学思想[J]. 自然辩证法通讯, 1997,19(1):45 – 49.

[2] 戈革. 理查德·费曼小传[J]. 自然辩证法通讯, 1990,12(6):64 – 74.

[3] 张映辉. “费曼讲物理”给我们的启示[J]. 中国大学教学, 2008(3):37 – 38.

[4] 解世雄. 论费曼的科学文化观[J]. 自然辩证法研究, 2006, 22(6):97 – 100.

[5] 江晓原, 刘兵. 中国科普的生存之道:由费曼引发的思考[J]. 中国图书评论, 2009(2):59 – 65.

[6] 史晓雷. 费曼,一个真性情的“挑战者”[J]. 百科知识, 2016(2):18 – 20.

An Overview of Physicist Feynman

WANG Hongjian[1]　BAI Xin[2]　LI Yan[1]

(1. Dean's Office, Beijing College of Finance and Commerce, Beijing　101101;
2. College of Elementary Education, Capital Normal University, Beijing　100048)

Abstract: Feynman is one of the greatest scientists in the twentieth century. He has made remarkable achievements in his life and won the Nobel Prize in physics in 1965. His research on physics started from the simplest natural phenomena, discovered the basic structure and universality of the scientific world, and then led to fundamental changes in the way of thinking. In addition to his contribution to the frontiers of science, his achievements in education were also dazzling. He carried out the reform of physics teaching during his teaching in California Institute of Technology, and the book *Feynman physics lecture* written by him is still the classic model of college physics teaching and textbooks compiling until today.

Keywords: Feynman; physical scientist; physics history; physics teaching