



宇宙系列

The Great
Beyond

伟大的超越

[美] 保罗·哈尔彭 / 著 刘 政 / 译



湖南科学技术出版社

宇宙系列

The Great
Beyond

伟大的超越

[美] 保罗·哈尔彭 / 著 刘 政 / 译



第一推动

湖南科学技术出版社

The Great Beyond

Copyright © 2004 by Paul Halpern

湖南科学技术出版社通过美国 Anderson Literary Inc. 独家获得本书
中文简体版中国大陆地区出版发行权。

著作权合同登记号：18—2006—003

图书在版编目 (C I P) 数据

伟大的超越 / (美) 保罗·哈尔彭著; 刘政译. —长沙:
湖南科学技术出版社, 2008.4

(第一推动丛书)

书名原文: The Great Beyond

ISBN 978-7-5357-5159-1

I. 伟… II. ①哈…②刘… III. 宇宙—普及读物 IV. P159

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 049994 号

第一推动丛书 宇宙系列

伟大的超越

著 者: [美] 保罗·哈尔彭

译 者: 刘 政

责任编辑: 吴 炜 戴 涛

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 4375808

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2008 年 4 月第 1 版第 1 次

开 本: 880mm×1230mm 1/32

印 张: 13.75

字 数: 277000

书 号: ISBN 978-7-5357-5159-1

定 价: 32.00 元

(版权所有·翻印必究)



献给 Michael Erlich 和 Frederick Schuepfer，以此纪念他们的伟大友谊和多年来的启迪。

非欧几何的微积分与量子物理足够撑开我们的大脑；人们把它们与民间传说混为一谈，并依傍炉角，希望将多维现实的奇异背景，追溯到食尸鬼式的暗示或者哥特式的故事中；不过，如果这样，他们将很难希冀从精神的桎梏中解放。

——拉夫克洛夫特 (H. P. LOVECRAFT),
《女巫房间中的梦》(1933)

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难地进步，这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重



要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人志士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知作了艰苦卓绝的奋斗。中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了，但是毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力、科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域的差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步作一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴涵在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动丛书》编委会

序 言 | 卡鲁扎-克莱因奇迹

你的理论在形式上的统一让人震惊。

——阿尔伯特·爱因斯坦致西奥多·卡鲁扎

(Theodor Kaluza) 的信, 1919

这是优雅的思想，在深刻的数学车床上被琢磨；这亦是基本的思想——激起人们的狂欢，也带来嘲弄；这也是经久不衰的思想，比两次世界大战持续得更长，并且与 20 世纪的科学盘根错节纠缠不清；这还是令人倾心的思想：它认为自然被额外维度^①包裹，看上去几乎完美。多么迷人的观点！

虽然欢庆过成功，背负过挫折，遭遇过误解，忍受过冷遇，但是，超越时空的高维已经成为现代物理的根本特点。如果它成功了，就意味着我们感知的世界不过是更加宏大的无形世界的小部分。长度、宽度、高度和时间将被补充到看不见的

^① “Dimension”，根据上下文或译为“维度”或者“维数”，前者偏于物理语言，后者接近数学语言（本书脚注除非说明，都是译者所加）。



方向上，我们的知觉以外。

科学界向来谨慎。它抗拒变革，除非论辩直刺骨髓。动人的数学观点，若身处抽象的思考阶段，就难以挥舞大斧，将其镌刻于人们心中。为了证明超越我们熟知的世界的存在，需要严格的物理验证。当前的理论学家逐渐显现出对额外维度的兴趣，因为他们感觉到踏出这样大胆的一步，是把所有自然力统一为单一的、丰富的表达的最好的（也可能是唯一的）方法。

² 科学已经揭示了四种基本的自然力。对它们理解最好的就是电磁力。19 世纪，物理学家麦克斯韦（James Clerk Maxwell）成功地建立模型，通过一组简单的方程描述了它们的行为。在最小范围内，人们利用量子电动力学理论（quantum electrodynamics, QED）充分探索了它的性质。QED 让人们可以在人们认知的所有范围内理解电磁过程，从热碰撞的大致图景、带电粒子到超低温超导体的磁性质。

引力，是另外一种基本力。牛顿（Isaac Newton）于 17 世纪就已经对它进行了著名的描述。接着，到了 20 世纪，爱因斯坦广义相对论按照时空的几何性质重新解释了引力。但是，与电磁力不同，引力在微小的尺度上几乎无法理解。还没有成功的引力理论包容量子原理，而众所周知，后者支配了原子和亚原子的行为。量子引力理论的发展，比如 QED 威力无穷的预言的成功，让它成为物理学关注的目标。

弱相互作用力最先由于 1896 年亨利·贝克勒尔（Henri Becquerel）发现放射性衰变而被了解。不过，直到 20 世纪中叶，人们才将它与其他力区分开。慢慢的，物理学家意识到，一种被称作 β 衰变的原子核转变，即中子分裂为质子、电子和

中微子，只能通过新的力来解释。于是，与其他力相区别，它被称为弱相互作用力（也被人叫做原子核力）。此外，有一种力有足够的力量，能够抵消质子受到的排斥力，让它们紧紧地束缚到一起。就像电荷之间存在排斥，一定有什么东西让他们保持在一起，这就是强力。

因为强力作用于亚原子尺度，研究人员认识到，它的影响只有通过量子理论理解。在过去的数十年内，科学家已经提出了强力的微观描述，称为量子色动力学（quantum chromodynamics, QCD），获得了一些成功。QCD 中的计算比 QED 复杂得多，限制了科学家检验所有的理论结果。

四种自然力就像固执的弟兄，个个特立独行。引力，体现粒子运动空间的扭曲，影响一切物质。电磁力相反，只关心带电物体，比如带正电的质子和带负电的电子；而中性物体，比如中微子和中子，就好比繁忙的高速公路上的幽灵，在浩瀚的电磁场中我行我素，目空一切。而强力更任性，它排斥了一整类粒子——轻子（leptons），而仅仅拥抱另外一个群体——重子（hadrons）；轻子包括电子、中微子和质量更大的 μ 介子与 τ 介子；重子有质子、中子等许多粒子，它们由更基本的结构夸克组成。最后，弱相互作用力仅仅参与了有限的一类粒子变换，例如 β 衰变。

此外，这四种力的力程与大小截然不同。电磁力和引力在大距离上比较有效，力的大小随距离的衰减比其他两种力小。这就是为何一枚指南针可以检测远在千里之遥的地球磁极，为



何海洋受它与月亮之间引力的影响^①。而强力和弱力的作用范围就极其有限——也几乎只存在于原子核的范围内。两个质子，如果距离四分之一英寸，几乎感受不到任何强作用吸引力，只存在力量巨大的电荷排斥力。如果违背它们的意愿，靠近到原来的一万亿倍以上，它们将感受到强力的吸引。这就是为什么只有在高压条件下，才能将质子和中子束缚到一起，发生核聚变，比如在太阳中心。巨大的压力让粒子相互靠近，让它们感受到强力，紧紧地粘住。

一旦两个粒子离得足够近，强相互作用力会将它们胶合，以无法想象的巨大力量牢牢束缚。短程的强相互作用力，是所有力中最强大的，它的力量比电磁力更大。因为原子核被强力牢固地拴住，电磁力就像它脸上的沙子一样。这就是为何最普通的原子核，从氢原子到铁原子如此稳定的原因。

到目前为止，威力最小的力，当属引力。在一场宇宙体育竞赛中，它甚至都没有办法得分；即使是对强力和电磁力唯唯诺诺的弱力，都能把引力一脚踩得气若游丝。引力要比任何其他力小一百亿亿亿倍。拿引力和电磁力的大小举个例子，一块条形磁铁的磁力，可以轻易地克服整个地球的引力让一些曲别针脱离地面。引力比其他力弱得多的困难被称为“等级问题”（hierarchy problem）。

毫无疑问，这四种力是古怪的弟兄。然而，大多数物理学家坚信，它们出生门第相同。在它们诞生之初，在宇宙炽热的那一刹那，它们看上去面貌无异。各个力的力程、大小以及与

^① 即潮汐的主要起因。

其他力的相互作用都一样。不过，因为某种原因，随着时间流逝环境变化，各种力分道扬镳，性质殊异。当宇宙慢慢冷却，这些迥然不同的属性被固定下来，就像寒窗上不同形状的冰花。科学已经证明四种自然力中两种力的兄弟情谊。20世纪60年代，物理学家温伯格（Steven Weinberg）和萨拉姆（Adbus Salam，他拓展了格拉肖的工作）发展了电磁力和弱力的统一的解释，即著名的弱电模型。

理论家热衷于创造出包容万象的“万有理论”，能够囊括所有的四种力。虽然引力与其他力显著不同，但物理学家努力提高观测的极限，要将它涵盖进去。强相互作用力和弱相互作用力有可能同时居住在类似于温伯格和萨拉姆搭建的房子里。但是引力却与众弟兄不同，它存在于庞大的扩展空间中，一个高维的宇宙。

通过超空间（超过三维的空间维度）统一自然力的想法被称为卡鲁扎-克莱因奇迹。这个称呼源自20世纪最初10年到20年代它的创始者：德国数学家西奥多·卡鲁扎和瑞典物理学家奥斯卡·克莱因（Oskar Klein）。这个理论最初只是应用于电磁力与引力的统一；其他两种力当时还不为人知。最近数十年内，这个模型被人们推广，意在包括余下的作用力，现在与此有关的文章和讨论数不尽数。单单就这几年，理论物理界对各种卡鲁扎-克莱因方法的引用高居榜首。杰出的理论家加里（Gary Gibbons）写道，“那些从事过卡鲁扎和克莱因理论的人，没有人能够忘记它萦绕于心的数学上的美丽，尽管它在实验上有所局限……它基本的观点目前正统领着将引力与电磁力、弱力和强力统一的所有尝试。”¹



当西奥多·卡鲁扎在哥尼斯堡大学做无薪大学教师这种低微的工作时，他的脑海闪现出高维统一的念头。那个时候的德国，按照地位而言，无薪大学教师和教授相比，就好像拙劣的替补演员与好莱坞数一数二的明星。无薪教师的收入，来自上课的学生所缴部分费用，以及帮助教授做事的报酬。但是和教授不一样，他们既没办公室，也没有声望。如果一个无薪教师太不幸或者不受瞩目，没有学生上他的课，而他也没有其他收入，那他一定会饿死。尽管如此，在这样恶劣的条件下，卡鲁扎依然保持着杰出的创造力。

一天，卡鲁扎正在家里学习，他在考虑爱因斯坦广义相对论的变化形式——那时相对论还是一个新事物。他九岁的孩子坐在房间的另外一边，当卡鲁扎工作的时候，孩子就看着他，这令卡鲁扎稍感慰藉。卡鲁扎原本认为以五维宇宙假设的形式重写爱因斯坦的方程会很有趣，就和拉威尔（Ravel）的感觉一样——拉威尔曾经觉得重新创作一遍穆索尔斯基（Mussorgsky）^① 的《图画展览会》非常吸引人，拉威尔以管弦乐团合奏的形式代替了钢琴独奏。额外的元素能够揭示相对论什么新的特点呢？卡鲁扎想知道。

突然，卡鲁扎灵感乍现。加入一个额外维度后，他发现他重新构建的方程不仅仅包含了爱因斯坦的引力理论，同时还有麦克斯韦的电磁理论。让他儿子诧异的是，那刻他似乎被冻住了一动不动，转瞬间他突然起身，接着发出他特有的“尤里

^① 穆索尔斯基，莫杰斯特·彼得罗维奇（1839~1881）：俄国作曲家，其作品包括戏剧《鲍里斯·戈东诺夫》和钢琴曲《图画展览会》（两者都作于1874年）。

卡”(eureka)^① 叫声——哼莫扎特的曲子。

卡鲁扎异常兴奋。他相信他已经找到通往将自然界统一起来的钥匙。他把发现递交给爱因斯坦，那时的爱因斯坦是一家德国期刊编辑，颇具声望。爱因斯坦最开始为这个观点欣喜，不过疑虑接着就来了。他将这篇文章搁置了两年，其间向卡鲁扎提出了若干建议。不过最终他认为它太重要了，应该让世人知晓，于是他于1921年将其发表。

三年后，一位并不熟悉卡鲁扎文章的人奥斯卡·克莱因，也独立地提出了相同的观点。那时，克莱因正在密歇根大学工作，教授基础物理。作为研究项目的一部分，他正在考查粒子在场中的运动。场提供了整个空间中，粒子在给定点所受力的方向和方向的信息。它给出特定的力对粒子的作用的大小。克莱因研究了带电粒子同时处在电磁场和引力场的影响下，是如何运动的。当他将要完成这项研究时，他意识到他可以用单独的一组四维方程，将电磁力和引力都包括进去。

克莱因的女婿，物理学家斯坦利·狄塞(Stanley Deser)，喜欢这样打趣克莱因的工作，“我一直在说他发明卡鲁扎-克莱因理论是为了减轻教学负担……他不想下个学期同时教电磁学和引力，因此他创立了卡鲁扎-克莱因理论。”²

即使克莱因是理论的“重新发现者”，他依然与人共享这份荣耀，因为他已经让那个概念烙上自己的印记。克莱因回到欧洲后，他把自己的工作给沃尔夫冈·泡利(Wolfgang Pauli)

^① 希腊语“我找到了！”，“我搞清楚了！”源自希腊数学家和发明家阿基米德发现测量不规则固体体积的方法，并以此发现测定金子纯度的方法时的惊呼。



看。泡利告诉他，卡鲁扎已经发表这方面的文章。克莱因一开始痛不欲生，从打击中恢复过来后，他决定无论如何发表自己的工作，并在文章中强调在量子理论框架下对第五维的新颖解释。按照克莱因的观点，第五维紧紧地卷曲成环，就像线绕在轴上。它的长度依赖若干自然常数，包括电子电荷、光速、万有引力常数和普朗克常量（它决定了量子现象的尺度）。克莱因计算了这个长度的值，发现是一个非常小的数，超出了测量的限度。由此，他发现了一个物理的方法，描述第五个维度，并证明它无法检测。所以，各种力在高维的统一就成为众所周知的卡鲁扎-克莱因理论。

鉴于这个理论的重要性，人们可能会认为它的提出者会毕其一生专攻于此。但是，事与愿违。很讽刺的是，当卡鲁扎发表了一篇简短的文章后，就再也没有出过这方面的其他文章。克莱因写过几篇文章，不过后来就与泡利一道，对理论的态度发生转变，最后竟为他自己理论的终结而欢呼起来。随着时间流逝，量子理论的不断进展让他相信，第五维不再成功。更后来，克莱因对五维理论重燃兴趣，又在上面花了一些时间并提出新颖的解释。不过，至少在有生之年，他因为物理学其他方面的贡献，为人熟知。20 世纪 70 年代末到 80 年代，正当他的理论经历伟大的复兴之际，他不幸溘然长逝。

最近数十年，科学史家逐渐意识到，就像新大陆的发现一样，还有一个“Leif Eriksson”^①，在几次著名的航行之前，他

^① 根据资料记载，一个叫 Leif Eriksson 的挪威人于公元 1000 年从格陵兰岛起航开始航行，并到达了北美洲的东北岸，这比哥伦布早了 500 年。

便已经横跨海洋。事实证明，卡鲁扎和克莱因并非第一批在高维世界留下足迹的人。诺德斯特朗（Gunnar Nordström），一位芬兰的物理学家，在他们之前就已经在那片土地插上旗帜。他的贡献完全被历史遗忘，直到 20 世纪 80 年代被人挖掘出来。为什么不能称“诺德斯特朗奇迹”？或许这也是为什么哥伦布能出现在所有的书籍中。诺德斯特朗的成就纤弱孤零零地出现在那个时代，基石并不牢固（他的理论基于有瑕疵的引力理论），而由卡鲁扎提出并经克莱因琢磨后的理论，却启发了大批的后继者，其中包括杰出的物理学家爱因斯坦。爱因斯坦后半生研究不同的统一场理论，涵盖了五维方法。

即使是伟大的爱因斯坦对额外维度的存在以及它们可能的样子，也会心存疑虑，反反复复。与流行的说法相反，爱因斯坦并非坚定不移的思想家，并非每次将想法写成文章，都能创造出坚不可摧的理论。正如科学史家派斯（Abraham Pais）和斯塔赫尔（John Stachel）恰如其分指出的，他的职业生涯充满了失败的尝试和令人震惊的突然的思想转变，以及言行不一的轶事。爱因斯坦的天才在于他与与众不同的洞察力和坚忍不拔⁸的毅力，这从他发表文章的质量可以看出来，特别是后期的文章。

爱因斯坦五维观点的提出就像是一个爱吃甜食的节食者。最初，当卡鲁扎把原始的文章寄给他，爱因斯坦发现它迷人而充满魅力。接着，意识到存在额外的超自然的禁锢，他客气地将其暂时压下。整个 20 世纪 20 年代，他慢慢咀嚼这个理论的前提条件，不过仍然没有囫圇吞枣地全盘接受它的结论；而主要在精心烹制其他的统一方法——只包括空间、时间，再无他