

第一辑

● 科学与人译丛

超弦

——一种包罗万象的理论？

「英」P·C·W·戴维斯等 编

081

中国对外翻译出版公司

超越

中国当代文学名著丛书



中国当代文学名著丛书

「英」P·C·W·廖力 章人杰 译
戴维斯等 编

超弦

——一种包罗万象的理论？

中国对外翻译出版公司

图书在版编目(CIP)数据

超弦——一种包罗万象的理论? / (英)戴维希, 布朗编著;
廖力, 章人杰译. —北京:

中国对外翻译出版公司, 1994

(科学与人译丛)

ISBN 7-5001-0259-3

I. 超… II. ①戴… ②布… ③廖… ④章… III. 超弦-研
究-概况 IV. 0572.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 00930 号

出版发行/中国对外翻译出版公司

地 址/北京市西城区太平桥大街 4 号

电 话/66168195

邮 编/100810

责任编辑/章婉凝

责任校对/信 君

印 刷/北京市振华印刷厂

经 销/新华书店北京发行所

规 格/850×1168 毫米 1/32

印 张/7

字 数/140(千)

版 次/1994 年 2 月第 1 版

印 次/1997 年 2 月第 2 次印刷

ISBN 7-5001-0259-3/G · 67 定价: 8.40 元

“科学与人译丛”出版说明

英国著名科学专栏作家布赖恩·阿普尔亚德在其《理解现在——科学与现代人的灵魂》一书中有这样一段话：

“1609年，加利莱奥·伽利略使用一架望远镜观看月亮。这一时刻，对世界的意义如此重大，以至人们将它与耶稣的诞生相提并论。因为，就像在伯利恒，自这一时刻，人类生活中的不可能成为可能。”

阿普尔亚德据此将科学划分为伽利略之前的科学，或称“智慧”，以及从1609年开始的现代科学。前一科学建立在推理基础上，后一科学建立在观察与实验基础上。经过如此划分，我们习以为常的科学，竟然只有400年的历史。

但人类就在这400年内经历了飞速发展。

我们有了蒸汽机，有了轮船，有了电话、电报，有了飞机、火箭，有了电视、电脑、互联网络，我们还有重力场理论、元素周期表、量子力学、相对论乃至被称为“自然中最基本物体”的超弦。工业革命、农业革命、信息革命使人类的社会生活发生了前人难以想象的变化。

人类改造了自然，也改造了人类自己。回顾这一切，人类完全有理由感到自豪。因为，人类就像上帝，也有自己的“创世纪”。人说，要有科学，就有了科学。科学是好的，它行之有效。

然而，“创世纪”中写道“到第七日，上帝造物的工已经完毕，就在第七日歇了他一切的工，安息了”。而人类的工却没有完毕，400年后的今天仍然不能安息。

就像有光必有影，人在发现、发明、创造、拥有上述一切的同时，还得到了原子弹、氢弹、核泄漏、酸雨、温室效应、臭氧层空洞乃至伴随科学技术而来的种种风险。

人类曾以为已找到了通往自由王国的必由之路，他将乘着科学的飞船，摆脱一切束缚，重新确立自己在宇宙中的位置。但在科学爆炸的二十世纪，人类终于开始反思：

科学行之有效，但它是否就是真理？

为此，我们编辑了这套《科学与人译丛》，陆续分辑推出。其中，有对信息崇拜的批判，有对生命起源的求索，有对技术所导致风险的分析，有对世界最新科学动态和研究方向的展望。数学家用对策论证明，完全的民主实际上并无可能；物理学家提出全新的超弦理论，试图统一描述所有的力、物质的所有基本粒子和时空，继量子力学和相对论之后，成为“第三次物理学革命的重要标志”……《译丛》汇集了物理学家、数学家、生物学家、天文学家、哲学家、人类学家、伦理学家……自本世纪后半期、尤其是在本世纪末打通自然科学与社会科学之间的隔膜，对科学这一决定人类命运的工具的深刻思索。通过这套丛书，我们期望读者可以对科学的现状、科学的未来、科学的正面与负面效应，有一个较为全面的了解，更好地认识科学、掌握科学、利用科学。

中国对外翻译出版公司

1997年2月

译者的话

正如本书书名所提示的那样,关于“超弦”是否为一个包罗万象的理论这一问题在1988年本书原文版付梓之时尚无定论。可以告诉大家,时至今日,这一问题也还没有得到肯定的回答。尽管如此,作为近年来物理学中最活跃、最激动人心的分支之一,“超弦”理论是人们迄今为止在探索自然界终极理论这一方向上最为雄心勃勃的一次尝试,在概念和方法上均有创意。这一理论本身以及由之带来的一些新的学科分支仍处在不断发展之中。为此,我们将本书译成中文让更多的人了解“超弦”理论。

作为一本科普读物,本书用直观浅显的语言把当今科学研究最前沿的这些动态介绍给广大的读者,帮助他们了解科学,从而激发起他们,特别是青少年读者对科学的兴趣,这无疑是有意义的。值得指出的是,科普读物有其自身的特点,在表述上多采用生动形象的语言,为的是让一般读者能够对深奥的概念、原理有一个较为直观的了解。然而,这样做同时难免会带来不够严格不够准确等问题。为改变这种熊掌与鱼不可兼得的局面,科普读物的作者是花费了苦心的,本书采用收集科学家访谈录的方式就是这种努力的一个佐证。尽管如此,科普读物还是科普读物,一般读者在阅读时不要误认为那些有趣的概念、新奇的名词就是科学本身。科学是严肃和求实的,绝大多数情况下是要借用复杂的数学来进行表述和计算的。那些为科普读物所误、连微积分也没学而整日痴迷于离奇荒诞想法或者纯粹思辩之中而不自知的读者不是没有,而这恰恰是与科普读物作者的初衷相悖的。当然,因噎废食是不明智的,尤其是在当今这样一个科技飞速发展的时代,科普工作更应该得到重视和加强。愿广大青少年读者在阅读时能够注意到上面所提的问题,回过头来认真打好基础,有一天真正踏入科学的殿堂,

为人类文明进步做出贡献。

翻译过程中对原书中的个别明显排印错误做了改正。由于译者水平有限,舛漏之处难免,敬祈读者指正。

译者

一九九三年五月于北大

序

在过去几年中，一个全新的非凡的理论占据了物理学家的想象。这个理论，即弦理论或更成熟的形式即超弦理论，声称能统一地描写所有的力，构成物质的所有基本粒子和时空。简言之，它是一个包罗万象的理论。这个理论的核心是认为物理世界是由一些很小的弦构成的。这听起来可能很荒谬，但理论是构筑在美妙的数学观念之上的，而且结论与现实世界是如此自治。

弦理论现在已经是理论物理最活跃的研究分支之一了，它吸引了很多著名的理论物理学家。一些科学家深受这个理论的前景的鼓舞，并且充满激情地宣称它可能成功。但是这个理论也不乏批判者，正如你将在书中读到的。

1987年，我们决定在英国广播公司三台纪实地回顾超弦研究的状况。这个节目《寻求超弦》在1988年初开始播出，内容是弦理论领头的支持者和反对者对这个论题的解释和意见。像我们以前的节目《原子中的幽灵》（牛津大学出版社，1986年）一样，它是先以纪实广播形式出现，然后再编辑成书的。我们觉得完整地出版这些采访录并保存它们是很有意义的。我们将尽量保持原始纪录的对话风格，当然，为了更适于付印，我们也不得不对采访录作一些变动。

本书旨在让物理学家和好奇的读者对弦理论的基本思想有透彻的了解。我们也希望读者通过阅读本书了解那些杰出的物理学家是怎样谈论和辩论当代的重要问题的。因为本书是面向普通读者的，我们要求被采访者尽量少使用专业词语。每一个采访都是独立的，可以分开阅读。但是为了贯穿全书，我们写了一个很长的引言，解释了一些理解本书所需的背景知识，包括相对论、量子论和粒子物理的概述。

虽然超弦理论仍在发展之中,但理论的精要已经建立,我们希望本书将为读者提供我们时代有可能是最伟大的科学进展的一个有用的而有趣的快照。

我们感谢伊安·莫斯博士在文字处理上对我们的帮助,同时也感谢艾琳·德莱堡小姐记录了录音。

P. C. W. 戴维

J. R. 布朗

目 录

出版说明	iii
译者的话	vii
序	ix
1. 引言	1
1.1 什么是包罗万象的理论?	1
1.2 自然核心的统一	5
1.3 相对论	7
1.4 量子论	15
1.5 亚原子粒子的世界	17
1.6 四种力	20
1.7 媒介粒子	23
1.8 对称和超对称	27
1.9 力的统一	37
1.10 统一的规范理论	42
1.11 超引力	49
1.12 数学的困难	52
1.13 弦理论	55
2. 约翰·施瓦茨	58
3. 爱德华·魏廷	78
4. 米歇尔·格林	95
5. 戴维·格罗斯	128
6. 约翰·埃里斯	137
7. 阿卜杜斯·萨拉姆	153

8. 希尔顿·格拉肖.....	164
9. 里查德·费曼.....	177
10. 斯蒂芬·温伯格	195
词汇.....	209

1. 引言

1.1 什么是包罗万象的理论？

物理学是最自负的一门科学，物理学家把理解宇宙的奥秘视为自己的职责。而其他科学家只局限于研究一些具体的东西，像生物学家研究活的有机体，化学家研究原子和分子，心理学家研究人类及其他生物，等等。像神学家一样，物理学家们不承认任何系统在原则上处于他们的研究范围之外。

当然，物理学家也承认他们实际上对大多数系统的认识是有限的。像云和雪花这样基本的系统就很难用物理学家熟悉的定律来构造模型。而由于一些生物系统极端复杂，即便最原始的生物如病毒或细菌，物理学家对它也一无所知。尽管这样，任何复杂系统不管多么神秘，其行为最终总是由物理定律所决定的，绝无例外。与此比较起来，那些在实践中的无能为力就显得微不足道了。

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。换句话说，‘诠释之箭’一直射向现实的最深一层，最终任何事物都可由物质的基本组成来解释。简化主义者因而断定，假如一个关于物质的基本组成的自治而完整的理论能够被阐明，那么，这个理论就是一个包罗万象的理论。

在这里我们不准备争论简化主义的推理是否正确，但要提到

最近物理学家讨论的包罗万象的理论(或TOE)正是贯彻这种精神。这种“包罗万象的理论”不是要解释所有事物,像在数学里面,几何公理并没有真正解释毕达哥拉斯(Pythagoras)定理。确实,毕达哥拉斯定理可以从这些公理演绎得到,但是证明是非常繁杂的。这是我们明白,即使明确了物理世界的基本组成元素,我们也不能过分以使期望理解所有事物的复杂特性。所以,物理学家们的包罗万象的理论不能解决许多实际问题,如给我们提供云和雪花的模型的答案,更不用说生命的起源和意识的本质。但是,按照简化主义哲学,对上述现象的解释原则上可以由包罗万象的理论演绎而来。

我们所知的第一个包罗万象的理论的例子是由公元前5世纪的古希腊哲学家留基伯(Leucippus)和德谟克利特(Democritus)提出的原子说,他们认为世界是由原子和虚空构成的。原子有许多种,它们是不可穿透和破坏的,因此是基本的。原子没有内部结构,它们不能说是由更小的东西组成的,它们很小,不能直接观察到,也不能在虚空中处于连续运动的状态。原子相遇,就会互相粘合构成延续的物体,而这些原子的重新排列则引起了物理世界的任何改变。

17世纪,伽利略(Galileo)和牛顿(Newton)的工作带来了现代科学的兴起。同时关于物体运动定律的认识也强烈地支持原子说。人们意识到原子的运动也遵循一些熟悉的物理定律。这些进步促使拉普拉斯(Laplace)发明了他著名的“魔力计算机”。

“一种智力,在任一给定时刻如能知悉所有的自然力和构成宇宙的所有物质的瞬时位置,而且它能分析所有的有关数据,则能用一个式子描述世上最大物体和最微小原子的运动。对它来说,没有东西是不可确定的,历史和将来在它的眼前展现。”

这当然是一个包罗万象的理论的尝试。

但是，一些事情在这个可能的包罗万象的理论里面是很奇怪的。没人尝试去解释为什么宇宙是由原子构成的，我们不知道它们来自何处，也不知道它们为什么有这样的质量和形状。原子之间相互作用力的本质也是含混不清的。牛顿发现了引力，但并不能完全解释原子间的力。进而，原子通过的空间和度量它们运动的时间完全是在理论范围之外的。时空被简单地认为是存在的，但它们不是物理。总之，伽利略、牛顿和拉普拉斯的工作并不能说是已经给出了一个很令人满意的包罗万象的理论。

直到19世纪下半叶，当詹姆斯·克拉克·麦克斯韦 (James Clerk Maxwell) 的电磁理论补充了牛顿的力学和引力论后，这种情况才有所改变。在那段时间，人们设想所有自然力只是引力或电磁力的一些具体表现。虽然原子的存在，时空的非物理性等问题还没有解决，许多物理学家认为他们将来的任务只是把一些物理测量精确到下一个小数点，正如开耳芬 (Kelvin) 勋爵在1900年的英国科学进步协会的一次演讲中所说的：“物理中已经没有新的待发现的东西了，剩下的只是越来越精确的测量。”这就是当时对包罗万象的理论的普遍倾向。

再回顾当时的包罗万象的理论，我们发现一个不是十分令人满意的特点，即需要假设两种基本作用力：引力和电磁力。在1920年，数学家西奥多·卡鲁扎 (Theodor Kaluza) 设法补救了这个缺陷，他发现了两种力之间的一个可能的联系。因此如果物理学没有陷入概念的漩涡，一个可能的严谨的包罗万象的理论会在本世纪早些时候出现。

电子和放射性的发现，马克斯·普朗克 (Max Planck) 量子假说的成功和爱因斯坦 (Einstein) 的相对论的出现摧毁了牛顿——麦克斯韦时代物理的整个基础。牛顿的运动定律和他关于时空的常识性假设被抛弃了。甚至德谟克利特的原子假说也被微观世界的更细致和复杂的图像所代替，此时，原子不再是不可分的，具有

确定的位置和动量的粒子。显然整个经典物理的基础已经坍塌。

大约到了1930年,原来的经典物理已经被新的理论框架:量子力学、广义相对论和原子的更精致的模型所取代。虽然一些细节还没有弄清楚,但是物理学好像又重新回复到一些相对简单的原理上来了。原子被发现只是复合的物体,它们由少数的满足相对论和量子力学的基本粒子(电子、质子、中子)所构成。事实上,受这种高度的乐观主义的影响,早在1923年爱丁顿(Eddington)就发表了他所声称的基本理论,一个基于神奇的数理逻辑关系之上的包罗万象的理论的尝试。在他于1946年去世以前,爱丁顿一直在设法深入研究这种想法。同时,爱因斯坦也在用他的余年的大部分时间寻找一种用纯几何描述的自然“统一场论”。

但是现在我们知道,20年代建立包罗万象的理论的这些希望是不成熟的。中微子假设、正电子和 μ 子的发现,以及原子内核子之间额外作用力的发现都给宇宙的基本定律是在电子、中子和质子水平的简单作用这个想法带来了挑战。实验粒子物理有了长足的发展,大量的亚原子碎片和令人困惑的作用力被发现了,物理学比20年代所猜想的要复杂得多。

这些丰富的亚原子水平的现象背后隐藏的更深层次的结构又花费了物理学家半个世纪的时间,我们多少有了令人满意的理论。最近,一些物理学家又大胆地提出一种新的包罗万象的理论。这个理论,即超弦理论是最新的也是最令人信服的一个包罗万象的理论的尝试。这个方案所处理的对象是超微观的,比原子世界或实验高能粒子物理小 10^{20} 倍。

我们能从一个真正令人满意的包罗万象的理论中获得什么呢?首先,它必须能解释物理学家为什么可以观测到许多基本粒子而且能预言它们所有的重要性质像质量、电荷、磁矩等等。其次,它能真实地描写粒子间所有的相互作用,即它不仅能解释自然的四种基本力,而且能解释它们的相对强度。理论计算也必须能准

确给出一些粒子间散射振幅,衰变率、分支比等的观测数字。简单而言,理论必须能给出粒子物理中所有已经测量的常数。另外,它能解释时空的几何和拓扑,像可感觉的维数,并给出宇宙起源的令人信服的解释。

但是这还不是全部,一个包罗万象的理论同时要统一物理。

1.2 自然核心的统一

任何人都可以构造一种包罗万象的理论,他可以随意翻阅一些教科书,写下所有的基本定律,所有已知的亚原子粒子和它们的相互作用力,即需要了解宇宙的所有东西。

这种方法有什么欠缺呢?从审美的观点来看,这样开出的清单太混杂不清了。一个好的包罗万象的理论必须不能单单是基本定律和事物的汇总,而应具有解释能力,它必须建立自然的不同侧面的联系。对这种包罗万象的理论的探索是某种程度的有信心的举动,而这种有信心的举动是建立在自然必定是简单的这个信念之上的。

一般来说,一个科学理论所作的独立假设越少,它就越有说服力。理论通常有一些由经验确定的自由参数,更深层次的理论必须能预言它们的数值。一个具体的例子是,1880年代的斯蒂芬-玻尔兹曼(Stefan-Boltzman)辐射定律确立了黑体辐射的能量密度与温度的四次方的关系,比例常数由实验确定。1900年普朗克的量子假说成功地解释了这个常数不是自然的独立的基本常数,而是可由某些物理常数,如光速、普朗克常数和玻尔兹曼常数导出的。

科学实验无数次表明我们越深入地探寻事物的本质,就能越多地发现它们之间的联系,同时由直接实验来确定的理论的那些随意性也就越少。现代的原子的概念更深刻地表明原子如何由物质的同样的少量成分构成,所以它比原子的经典图像更先进。现今,