

加来道雄 著
刘玉玺 曹志良 译

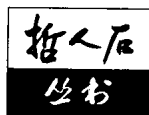
当代科普名著系列

超越时空

——通过平行宇宙、
时间卷曲和
第十维度的科学之旅

哲人石
丛书

上海科技教育出版社



Philosopher's Stone Series

超越时空

——通过平行宇宙、时间卷曲和第十维度的科学之旅

加来道雄 著

刘玉玺 曹志良 译

上海科技教育出版社

**Hyperspace: A Scientific Odyssey Through
Parallel Universes, Time Warps, and the Tenth Dimension**

by

Michio Kaku

Copyright © Oxford University Press, 1994

Chinese translation copyright by Shanghai Scientific &
Technological Education Publishing House

Published by arrangement with Michio Kaku, in association with
Stuart Krichevsky Literary Agency, Inc. ALL RIGHTS RESERVED.
上海科技教育出版社业经 BIG APPLE TUTTLE - MORI AGENCY, INC.
协助取得本书中文简体字版版权

哲人石丛书

超越时空

——通过平行宇宙、时间卷曲和第十维度的科学之旅

加来道雄 著

刘玉玺 曹志良 译

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号 邮政编码 200233)

各地新华书店经销 丹阳教育印刷厂印刷

ISBN 7-5428-1881-3/P·5

图字 09-1998-051 号

开本 850 × 1168 1/32 印张 13.625 插页 2 字数 340 000

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

印数 5 000 册 定价: 28.50 元

作者简介

加来道雄,美籍日裔物理学家,纽约市立大学城市学院理论物理学教授。他毕业于哈佛大学,获得加利福尼亚大学伯克利分校哲学博士学位。他是《超越爱因斯坦》(与特雷纳合著)、《量子场论》和《超弦导论》诸书的作者。在过去的 10 年里,他还是广播电台每周一次一小时科学节目的主持人。

谨以本书
献给我的父母

但是,创造的原则寓居于数学之中。因此,在某种意义上,我像古人所梦想的那样,认为纯思想可以把握实在。

——爱因斯坦

致 谢

在撰写这本书的过程中,我荣幸邀请到了罗宾斯(Jeffrey Robbins)担任本书的编辑。他也是我以前写的三本理论物理教科书的编辑。它们分别与统一场论、超弦理论以及量子场论有关,是为科学界写的。罗宾斯熟练指导着它们的出版。但是,这本书是第一本针对普通读者的科普书。我就是为他们而写的。和罗宾斯在一起紧密合作,我万分荣幸。

我要感谢特雷纳,她是我先前两本科普书的合著者。她又一次用她高超的技能使表达尽可能流畅和连贯。

我还要感谢支持和评阅了本书初稿的人:所罗门(Burt Solomon)、梅雷迪斯(Leslie Meredith)、马洛夫(Eugene Mallove)和我的代理人克里切夫斯基(Stuart Krichevsky)。

最后,我想感谢普林斯顿高等研究院的款待。本书的大部分是在那里写就的。这个研究院就是爱因斯坦度过其生命中最后十余年的地方。他的开创性工作中有许多已经被推广和完善。因此在这个地方撰写有关这些革命性发展的书籍是再恰当不过了。

序 言

科学革命,顾名思义,是向常识挑战。

如果我们关于宇宙的寻常观念都是正确的,那么科学早在数千年前就已揭开了宇宙的奥秘。科学的目标就是剥去客体的表层,揭示它们的内在本质。实际上,如果外表和本质是同一回事,那么科学也就没有存在的必要了。

对我们世界的认识,最牢固树立的常识性观念可能就是:世界是三维的。不言而喻,长、宽和高已经足以描述我们的可见宇宙中的所有物体。婴儿和动物实验已经证明,我们固有的观念——世界是三维的——可谓与生俱来。如果我们把时间作为另一维包含进来,那么四维足以记录宇宙中的所有事件。不管我们的仪器探测到哪里,从原子内部直到最遥远的星系团,我们所发现的都是这四维的踪迹。公开否认这种看法,即可能存在其他维度,或者我们的宇宙可能和其他宇宙共存,都会招致冷嘲热讽。对我们世界的这种根深蒂固的偏见,首先由 2000 年前古希腊哲学家作出推断。然而,它将服从于科学的进步。

本书涉及一场科学革命,这场科学革命由超空间理论所引发¹。超空间理论认为,有超越于人们普遍接受的四维时空的维度存在,宇宙可能确实存在于高维空间中。对此的认识,在世界范围的物理学

家——包括好几位诺贝尔奖得主——中正在扩大。如果这个理论被证明是正确的，它将会在我们对宇宙的认识上产生意义深远的哲学革命。用科学术语来讲，超空间理论是以卡鲁查-克莱因理论和超引力的名称出现的。但是它的最高级的表述形式被叫做超弦理论，这一理论甚至预言了精确的维数：十维。通常的四维即空间的三维（长、宽和高）和时间的一维，现在被六个更加宽广的维度所扩展。

我们注意到，超空间理论还没有在实验上被证实。实际上，在实验室中证明它极其困难。但是，这个理论已经横扫了世界上主要的物理研究实验室，不可逆转地改变了现代物理学的科学面貌，在科学文献中产生了数目大得令人惊愕的研究论文（每统计一次均超过 5 000 篇）。尽管如此，却几乎没有为非专业听众解释高维空间的迷人性质而写的东西。因此，公众至多也只是模糊地注意到了这场革命。实际上，在大众文化中随随便便提及其他维度和平行宇宙时常会引起误导。这是令人遗憾的，因为该理论的重要性在于它能在一个惊人简单的框架内统一所有已知的物理现象。本书第一次在科学上就有关超空间的引人入胜的现行研究作了可信易懂的描述。

为了解释超空间理论何以在理论物理学界产生如此巨大的骚动，我阐述了四个基本论题，它们像一根线贯穿在这本书中。这四个论题将本书分成了四篇。

在第一篇中，我强调的主题是：自然规律在高维空间中表达时，会变得更加简单和漂亮，并由此展开

了超空间的早期历史。

为了理解所增加的更高维度如何能简化物理问题,可以考虑下面的例子:对古埃及人来说,气候完全是神秘的。是什么引起季节的更替?为什么当他们往南走时天气会变暖?为什么风一般往一个方向吹?气候不可能从古埃及人很有限的实用观点得到解释。对他们来说,大地显然是平坦的,就像二维平面。但是,现在设想用火箭把古埃及人送到外层空间,在那里他们可以看到简单而完整的地球正在它的轨道上环绕太阳运行。刹那间,这些问题的答案变得清清楚楚。

从外层空间看,可以清楚地看到地球的轴偏离竖直方向约 23 度(“竖直方向”是指地球环绕太阳的轨道平面的垂直方向)。因为有了这种偏离,在它的部分轨道上北半球所接收到的太阳光比在另一部分轨道上接收到的少得多,所以我们就有了冬天和夏天。又因为赤道接收到的太阳光比北极或南极地区接收到的多,所以当我们接近赤道时,气候变暖。类似地,由于地球相对于站在北极的人作反时针自转,因此寒冷的极地空气朝着赤道往南移动时会突然转向。热空气团和冷空气团在移动。在移动中,地球的自转决定了它们的方向。这样的空气团有助于解释为什么风总是朝一个方向吹,而且在不同的地方吹的方向不一样。

概括地说,一旦我们从太空眺望地球,相当模糊的气候规律就很容易被认识。因此,解决这个问题的办法就是上升到太空、进入第三维。当在太空眺望三维的地球时,在平直世界上不可能明白的真相

就突然变得清清楚楚。

相似地,引力的规律和光的规律看起来完全不一样。它们遵守不同的物理假设和不同的数学。试图拼接这两种力总是归于失败。但是,如果我们在先前的四维(空间三维加时间)中增加一维即第五维,那么决定光和引力的方程看起来就像拼图游戏中的两块合并到了一起。光实际上可以被解释为第五维中的振动。以这种方式,我们发现光的规律和引力的规律在五维中变得更为简单。

因而,许多物理学家现在相信,传统的四维理论太“小”而不能充分地阐明描述我们宇宙的那些力。在四维理论中,物理学家不得不用笨拙的、不自然的方式把这些自然力挤压到一起。此外,这种杂配理论是不正确的。然而,当基本力在超越四维的维度中被表达时,我们就有了“足够的空间”可以用漂亮的、独立的方式去解释这些基本力。

在第二篇中,我们强调了超空间理论可能把所有已知的自然力统一到一个理论中,并详尽阐述了这一简单思想。因此,超空间理论可能是2000年来科学探索的最大成就:所有已知的物理力的统一。它可能把难倒爱因斯坦(Einstein)好几十年的物理学圣杯即“万物至理”(theory of everything)赠送给了我们。

至于使宇宙结合在一起的基本力——引力、电磁力以及强核力和弱核力——为什么有那么大的差别,在过去的半个世纪里,科学家们一直为此感到困惑。20世纪最伟大的头脑企图提出某种统一所有已知力的绘景已告失败。但是,超空间理论可能能

够用非常漂亮的方法解释四种自然力,以及解释貌似随机群体的亚原子粒子。在超空间理论中,“物质”也可以被看作波动着穿过空间和时间结构的振动。因而可以得出一种迷人的可能性:在我们周围所能看到的一切东西,从树木和山脉到恒星本身,只不过是超空间中的振动。如果这是真的,那么它给了我们一种漂亮而简单的几何方法,对整个宇宙提供了一种条理清晰、令人信服的描述。

在第三篇中,我们探讨了在极端环境中空间可能被拉伸乃至被撕裂的可能性。换句话说,超空间可能提供了穿越空间和时间的一种途径。尽管我们强调指出这还是高度推测性的,但是物理学家们正在严肃地分析“蛀洞”的性质。这些蛀洞是连接互相远离的各部分空间和时间的隧道。例如,加利福尼亚理工学院的物理学家严肃提出了建造时间机器的可能性。这种机器包含一个连接过去和未来的蛀洞。时间机器现在已经离开了推测和幻想的王国,已经变成合法的科学研究领域。

宇宙学家还提出了一种令人大吃一惊的可能性,即我们的宇宙只是无穷多个平行宇宙中的一个。这些宇宙可以比作飘浮在空气中的巨大肥皂泡群。正常情况下,这些气泡宇宙之间的连接是不可能的,但是通过分析爱因斯坦方程组,宇宙学家已经证明连接这些平行宇宙的蛀洞或者管道网的可能是存在的。在每个气泡上,我们可以定义我们自己特有的空间和时间。它们只在气泡的表面有意义;在这些气泡以外,空间和时间都毫无意义。

尽管这类讨论的许多结果都是纯理论的,但是

超空间旅行有可能最终提供所有结果中最为实际的应用:从宇宙的死亡中拯救包括我们在内的智慧生命。科学家们普遍相信宇宙最终必定死亡,已经进化了数十亿年的所有生命也将随之死去。例如,根据时下流行的被称为大爆炸的理论,发生在150亿年到200亿年前的一场宇宙爆炸致使宇宙膨胀,恒星和星系都以巨大的速度猛然相离。但是,如果宇宙在某一天停止膨胀并开始收缩,那么它最终将坍缩到一场被称为“大坍聚”的灾难之中。在这个大火球中,所有的智慧生命都将被巨热所蒸发。然而,一些物理学家已经推测,超空间理论可能为智慧生命提供一种逃亡的希望,而且是唯一的希望。在我们宇宙死亡的最后几秒钟里,智慧生命有可能通过躲进超空间而逃脱这场坍缩。

在第四篇中,我们对一个最终具有实用性的问题作了推断:如果这个理论被证明是正确的,那么什么时候我们才能具有利用超空间理论的能力?这不只是一个学术上的问题,因为在过去仅仅是利用了四种基本力中的一种,就不可避免地改变着人类历史的进程,把我们从古代的无知和贫困、前工业社会提高到现代文明。在某种意义上,甚至人类社会的全面发展都可以用一种新的眼光来审视,即人类渐次掌握了四种自然力。文明史随着这些力中的每一种被发现和掌握,而经历着意义深远的变化。

例如,当牛顿(Isaac Newton)写下经典引力定律时,他发展了力学理论。这些理论为我们掌握机器提供了规律。这反过来又极大地加速了工业革命。工业革命产生了各种政治力量,它们最终推翻了欧

洲的封建王朝。在 19 世纪 60 年代中期,当麦克斯韦(James Clerk Maxwell)写下电磁力基本定律时,他开创了电的时代,这个时代为我们提供了发电机、收音机、电视机、雷达、家用电器、电话、微波炉、电子消费品、电子计算机、激光以及许多其他奇特的电子产品。人类要是没有认识和利用电磁力,文明就会在发明电灯泡和电动马达之前停滞一段时间。在 20 世纪 40 年代中期,当核力被利用时,随着这颗行星上最具破坏力的武器原子弹和氢弹的研制,世界又完全被颠倒了过来。因为我们还没有接近于统一认识主宰宇宙的全部自然力,所以人们可以猜想,掌握超空间理论的任何文明将会成为宇宙的君主。

由于超空间理论是一系列完备的数学方程,因而我们可以计算把空间和时间扭进一只法国号,或者产生连接我们宇宙中相隔遥远的各部分的蛀洞所必需的精确能量。不幸的是,计算结果令人失望。需求的能量远远超出我们的行星所能收集到的任何能量。实际上,这个能量比我们最大的原子对撞机的能量大几亿亿亿倍。我们必须等上数个世纪甚至上千年,我们的文明才可望发展出能操纵时空的技术,或是跟一个早已掌握了超空间的先进文明接触。因而,本书以探索一个吸引人的但又是推测性的科学问题的方式收尾。这个问题是:我们成为超空间的主宰者必须达到怎样的技术水平?

因为超空间理论远远超出了我们正常的、常识性的空间和时间概念,我在正文中穿插了几个纯粹是假设的故事。我受到了诺贝尔奖得主拉比(Isidore I. Rabi)向一群物理学家听众演讲这一故事的启发,

所以我就使用了这种讲授技巧。拉比为美国科学教育深奥难懂的状况而痛惜,批评物理学界在向普通公众、特别是青少年普及科学探索上忽视了自己的职责。实际上,他告诫道:科幻作家们在传播科学罗曼史上所做的比所有物理学家所做的总和还要多。

我在与特雷纳(Jennifer Trainer)合著的一本书《超越爱因斯坦:无穷无尽地探索宇宙理论》中研究了超弦理论,描绘了亚原子粒子的特性,用相当长的篇幅讨论了可见宇宙以及如何用微小的振动弦来解释物质的全部复杂性。在这本书中,我在一个不同的主题上展开、探索看不见的宇宙,即几何和时空世界。本书不是集中在亚原子粒子的特性上,而是在亚原子粒子可能所处的高维空间上。在这一过程中,读者将会看到高维空间不是一种空荡荡的、夸克靠着它扮演着永恒角色的被动背景;高维空间实际上已成为大自然这出戏中的主角。

在讨论超空间理论的迷人历史中,我们将会看到,由2000年前古希腊人开始的物质终极性质的探索是一部漫长而曲折的历史。当未来的科学史学家书写这段漫长历史的最后一篇时,他们很可能会记录着:决定性的突破是三维或四维常识性理论的失败以及超空间理论的胜利。

加来道雄

1993年5月于纽约

我常想，我们就像自鸣得意地在池中游动的鲤鱼。我们的一生就在我们自己的“池子”里度过，以为我们宇宙只包含那些看得见摸得着的事物。

——加来道雄

奥本海默说，爱因斯坦的工作无可救药地落在时代的后面；杨振宁说，大自然似乎利用了对称性定律的简单数学表示。



当代物理学中一些非常重要而又艰深的思想，往往因为难以形象浅显地解说而不易为公众所了解。本书作者不畏艰辛，用很生动的方式向读者展示了现代物理前沿之一——超空间理论——的来龙去脉。全书15章分为4篇，分别述说了超空间的早期历史，超空间理论可能通往爱因斯坦梦寐以求的“物理学圣杯”——统一场论，从理论上探讨通过超空间穿越时空的可能性，以及何时方能实际利用超空间理论所具有的潜在威力。详尽而又如此通俗地讲述这种理论，在本书之前尚未见先例。

加来道雄，美籍日裔物理学家，纽约市立大学城市学院理论物理学教授。他毕业于哈佛大学，获得加利福尼亚大学伯克利分校哲学博士学位，著有《超越爱因斯坦》（与特雷纳合著）、《量子场论》和《超弦导论》等书。在过去 10 年里，他还是广播电台每周一次一小时科学节目的主持人。

有些人通过个人所得、个人关系或个人经历寻求生命的意义。然而，在我看来，有幸得到能领悟自然之最终奥秘的智慧，才赋予生命充分的意义。

——加来道雄

内 容 提 要

当代物理学中一些非常重要而又艰深的思想,往往因为难以形象浅显地解说而不易为公众所了解。本书作者不畏艰辛,用很生动的方式向读者展示了现代物理前沿之一——超空间理论——的来龙去脉。全书 15 章分为 4 篇,分别述说了超空间的早期历史,超空间理论可能通往爱因斯坦梦寐以求的“物理学圣杯”——统一场论,从理论上探讨通过超空间穿越时空的可能性,以及何时方能实际利用超空间理论所具有的潜在威力。详尽而又如此通俗地讲述这种理论,在本书之前尚未见先例。