

美国威斯康星大学知名物理学家 韩涛 鼎力推荐

Warped Passages: Unraveling the Mysteries
of the Universe's Hidden Dimensions

弯曲的旅行

揭开隐藏的宇宙维度之谜

当今世界最权威的额外维度物理学家

[美] 丽莎·兰道尔 (Lisa Randall) ◎著
窦旭霞 ◎译 李泳 ◎审校

灵魂真的存在吗？

穿越时空真的可以变成现实吗？

9年实验挑战爱因斯坦“四维空间”理论

北方联合出版传媒(集团)股份有限公司

万卷出版公司

Warped Passages: Unraveling the Mysteries of the
Universe's Hidden Dimensions

弯曲的旅行

[美] 丽莎·兰道尔 (Lisa Randall) ◎著

窦旭霞 ◎译 李泳 ◎审校

北方联合出版传媒(集团)股份有限公司
万卷出版公司

著作权合同登记号：06—2010年第332号

图书在版编目（CIP）数据

弯曲的旅行 / (美) 兰道尔著；窦旭霞译. — 沈阳：万卷出版公司，2011.5
ISBN 978-7-5470-1278-9

I. ①弯… II. ①兰…②窦… III. ①宇宙学—普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 211900 号

出版发行：北方联合出版传媒（集团）股份有限公司
万卷出版公司
（地址：沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编：110003）

印刷者：三河市西华印务有限公司印刷

经销店：全国新华书店

幅面尺寸：170mm×230mm

字 数：388 千字

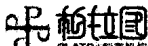
印 张：21.75

出版时间：2011 年 5 月第 1 版

印刷时间：2011 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑：张 旭 孙郡阳

特约编辑：魏艳艳

装帧设计： 杨拉国
PLATO 创意机构

内版设计：付楠

ISBN 978-7-5470-1278-9

定 价：59.80 元

联系电话：024-23284090

邮购热线：024-23284050 23284627

传 真：024-23284448

E-mail: vpc_tougao@163.com

网 址：http://www.chinavpc.com

常年法律顾问：李福 版权专有 侵权必究 举报电话：024-23284090

如有质量问题，请与印务部联系。联系电话：010-89779339

推荐序

韩涛

美国威斯康星大学知名物理学家

人类对自然现象的好奇心驱动着我们探索时间和空间(时空)的奥秘。时空是物质存在的形式。可是时空本身到底以什么形式展现、如何确切地描述,却是古今中外物理学家、数学家以及哲学家们煞费苦心研讨的问题。自从有了科学以来,研究时空性质几乎成了永久的课题。

本书作者丽莎·兰道尔现任教于美国哈佛大学。她曾是普林斯顿大学物理系的第一位终身女性教授,也是哈佛大学、麻省理工学院的第一位理论物理终身女性教授。她从事高能理论物理研究工作 20 多年来,获得了多项开创性的重要成果,是当前最有影响的理论物理学家之一。她和拉曼·桑卓姆 10 年前提出的额外维度模型,同另一个大额外维度理论一起,产生了划时代的意义。现在,她仍然活跃在科学前沿,研究基本粒子理论和宇宙论。

作为对额外维度理论的最新进展做出开创性贡献的物理学家之一,本书作者相信额外维度的存在。可这些扭曲的额外维度不论有多大,都是我们肉眼看不见的!那么我们如何从实验上确认它们的存在呢?幸运的是,这种理论很可能在我们目前及未来的实验中留下蛛丝马迹。现在国际上最大的科学实验装置、设在日内瓦欧洲核子研究中心(CERN)的大型强子对撞机(LHC)已经投入运行。

LHC 使高能质子对撞,发生高能反应。能量转变成质量,产生新的粒子。一种称做卡鲁扎—克莱因的粒子就是额外维度理论的预言,也是 LHC 实验中希望发现的。如果 LHC 中的高能反应有幸

达到强引力的范畴，那么还可能产生出高维黑洞！

同许多高能物理学家一起，丽莎·兰道尔也积极投身于 LHC 物理的研究，她近来关于卡鲁扎—克莱因粒子及高维黑洞现象的理论预言都对 LHC 实验具有指导意义。高能物理领域热切期待着革命性的新发现！这种额外维度理论甚至对早期宇宙论、暴涨，以及暗物质的来源都会提供新意。

从目前的观测看来，我们生活在一个均匀的、各向同性的三维空间加上一维时间，即四维时空，还没有实验证据揭示三维空间外的“额外维度”的存在。然而，自上个世纪初以来就有理论物理学家提出额外维度存在的可能性。这些额外维度不像我们周围的三维空间那样延伸，而是紧缩到小得看不见。无独有偶，有希望统一引力与量子力学的弦理论恰恰要求额外维度的存在。这个观点引起物理学家及数学家的极大兴趣，甚至被认为是物理学中的一次革命！传统的弦理论认为，我们生活的三维空间只不过是一个更高维空间的一部分，但额外维度微小到永远无法观测的程度，接近所谓的“普朗克长度”，约 10^{-33} 厘米。如果是这样，额外维度的存在与否似乎对我们的可观测世界没有什么效应，因此其存在很难由实验来证实或证伪。

但是，理论物理学研究的最新结果改变了物理学家对额外维度的认识。其实，额外维度可以很大，有的甚至可以延伸到无穷大！它们可以不是平直的，是变形的、扭曲的。这种观点源于爱因斯坦广义相对论中的一个概念。物质能量对时间和空间的制约关系导致了这些不平常性质的出现。更引起物理学家重视的是，这些新的理论有其他方面的意义和应用。比如，与我们周围的核力和电磁力相比，引力如此之微弱。这种扭曲空间的新理论可以解释这个长期以来的困惑：在严重扭曲的空间里，引力可以在某些区域里很强，而在其它区域里很弱。进而，这种扭曲的额外维度理论还可以帮助理解弱核力可以稳定存在的事实。

作者在本书最后一部分提出了一个让读者感到惊讶的问题：究竟什么是维度？“确定一个点所需要的独立坐标数就是维度”，不是吗？其实答案要比想象的复杂得多！物理现象都是由物质间的相互作用所决定的。如果存在很强的相互作用，那么情况会变得模糊。近 10 年来理论物理学的最新进展表明，一个四维的强相互作用理论可以等效于一个高维的引力理论，既所谓的对偶性。在这种情况下，维度的概念不再明确。其实，弦理论家早就发现了另外一个对偶性，称做 T 对偶。在弦理论里，卷曲空间的极小体积和极大体积产生的物理结果是一样的，这使维度的含义再次模糊起来。这些属性实在太玄妙了！本书作者以及许多顶尖物理学家都认为，时间和空间一定还有更为基本的描述。

本书以艾克和阿西娜兄妹俩的对话开始引入维度。每一章都会插入他们的梦幻、经历和故事来引入主题，别有风趣。本书语言幽默，图文并茂。书中多处以有趣的例子、图画和故事来描述和比喻深刻的理论：从在婴儿床里爬行时感受到的维度，到不粘锅中准晶体的高维结构，又以喷壶浇花时水的流量比喻力的强度，用漏斗的形状来比喻扭曲的额外维度，等等，即生动又贴切，极具可读性。该书的中译本翻译严谨，语言通俗，适合于对现代前沿科学有兴趣的广大国内读者。

时空的性质的高能物理及宇宙论中最重要的研究论题，那么额外维度真的存在吗？这样引人入胜的想法到底会不会得到实验观测的肯定呢？读者还是从这本妙趣横生的书中寻味吧！

引言 / 1

第一部分 空间的维度 / 9

- 第 1 章 维度之谜 /10
- 第 2 章 额外维度究竟有多大 /26
- 第 3 章 我们生存在“膜宇宙”上吗 /40
- 第 4 章 踏上理论物理的探索历程 /50

第二部分 20 世纪革命性的宇宙观念 / 65

- 第 5 章 相对论：弯曲的时空 /66
- 第 6 章 量子力学：充满不确定性的微观世界 /88

第三部分 基本粒子物理 / 113

- 第 7 章 粒子物理的标准模型：物质的已知最基本结构 /114
- 第 8 章 实验插曲：高能粒子加速器的新发现 /134
- 第 9 章 对称：基本的组织原则 /142
- 第 10 章 基本粒子的质量来源：自发对称破缺和希格斯机制 /151
- 第 11 章 标度和大统一：不同尺度和能量的相互作用 /164
- 第 12 章 等级问题：唯一有效的涓滴理论 /177
- 第 13 章 超对称：超越标准模型的大飞跃 /188

第四部分 弦理论和膜 / 203

- 第14章 弦的律动：超弦革命 /204
- 第15章 辅助通道：膜的发展 /222
- 第16章 熙熙攘攘的通道：膜宇宙 /235

第五部分 额外维度宇宙假说 / 245

- 第17章 人迹罕至的通道：多重宇宙与隔离 /246
- 第18章 泄露秘密的通道：四维世界的高维来客 /258
- 第19章 宽阔的通道：大额外维度 /265
- 第20章 弯曲的通道：粒子质量差异的来源 /281
- 第21章 弯曲空间里的“爱丽丝” /301
- 第22章 深远的通道：无穷大的额外维度 /304
- 第23章 曲折延展的通道：四维引力的孤岛 /315

第六部分 弯曲的旅行 / 323

- 第24章 额外维度：你是在里面，还是在外边 /324
- 第25章 即将被证实的宇宙真相 /330

译者后记 / 333

因他难得一见，
你得将自己精心装扮。

——甲壳虫乐队

宇宙有着说不尽的秘密，空间的额外维度可能就是其中之一。如果真是这样，那一定是宇宙一直在隐藏着这些维度，小心地包裹着它们，保护它们不让人发现。如果不仔细看，你还真想不到会有什么玄妙。

关于维度认知的错误信息源于婴儿时代，婴儿床首先引领我们进入一个三维空间（如图 I—1 所示）。当我们在婴儿床里爬行时，是在一个两维的平面上；等能站起来往床外爬时，又多了垂直的另一维。自那时起，物理定律（更不用说人的常识）就加强了三维空间的信念，排斥任何可能会有更多维度的设想。

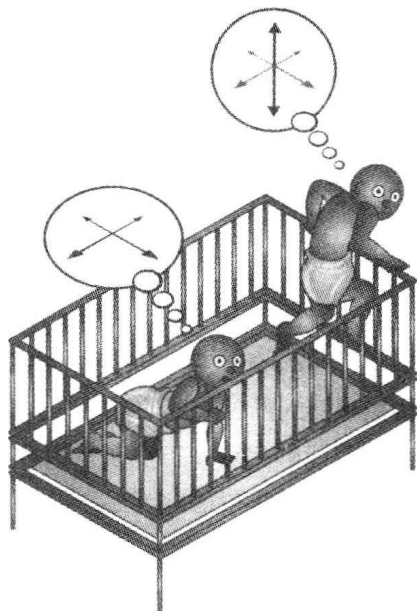


图 I—1 一个婴儿的三维世界

然而，时空很可能与我们的想象大相径庭。我们所熟知的物理理论，没有任何一条规定时空就只能有三维，不假思索地否认其他维度存在的可能性，未免显得草率。正如“上下”与“前后”、“左右”有着不同的方向，是一个不同的维度一样，在浩淼的宇宙中也可能存在其他全然不同的新维度，尽管看不见、摸不着，更多空间维度的存在却合情合理。

这种推想的不可见的维度，尚没有一个确切的名称。如果真的存在，它们该是一些新的方向，事物可以沿着这些方向航行，因此，当需要一个名称来提及某个额外维度时，我会称之为“通道”（阐释额外维度时，在每章的标题里，我都用了“通道”这个词）。这些通道可能很平直，就像我们熟知的那些维度一样；也可能是弯曲的，就像哈哈镜里的影像。它们可能极微小——比原子还要小得多，迄今为止，凡是相信额外维度存在的人都这么认为。但是，有新成果显示，这些额外维度也可能很大，甚至是无穷大，却仍然很难看见。我们的感官只认知三个大的维度，突然多出一个无穷大的额外维度，听起来令人难以置信，而这个不可见的无限维度正是存在于宇宙的众多离奇的可能之一，在本书中，我们就来一探究竟。

有关额外维度的研究还引出了其他一些引人注目的概念，它们足以满足一个科幻迷的科学幻想，诸如平行宇宙、弯曲几何、三维溶洞等，这些话题听起来更像是小说家的杜撰，甚或是痴人说梦，而不像真正的科学探索课题。尽管如此，它们却是可能出现在额外维度世界的真正的科学景象。（现在不熟悉这些名词和概念没关系，后面我们会进行介绍和探究。）

为什么要探讨不可见的维度

即便包含额外空间维度的物理学允许出现这些引人入胜的情景，或许你仍会纳闷，一向只专注于对可见现象作出预言的物理学家，为什么会对这些如此看重呢？答案一如额外维度本身一样耐人寻味。新的研究成果表明，尽管人们还没有切身感受到额外维度的存在，也依然不十分明白额外维度是怎么回事，可是，它们却能够揭示宇宙中某些最本质的秘密。对于我们看到的世界，额外维度可能蕴涵着某些深意，而有关它们的思想，或许会最终揭示我们在三维空间中迷失的某些关联。

如果我们不能从时间上认识到因纽特人和中国人系属同一祖先，就不会明白为什么他们有相同的体貌特征。同样，与空间额外维度相伴的联系有可能

解释粒子物理学中令人费解的方方面面，帮助我们揭开几十年的难题。因为当空间锁定在三维时，粒子属性和力的关系似乎难以解释；而在高维空间里，那些关系就显得天衣无缝了。

我相信额外维度吗？我承认我信。过去，对于可测量范围之外的物理学的猜想——包括我自己的观点，我虽然很着迷，却也存有一定程度的怀疑。我想正是这样，才使我既没有失去兴趣，又保持了忠实的态度。不过有时候，某个想法似乎必定蕴涵着真理的萌芽。五年前的一天，正当我越过查尔斯河进入剑桥时，我突然意识到：我的确相信某种形式的额外维度一定存在。环顾四周，我思忖着那些看不见的维度。我对自己世界观的改变，感到非常惊讶，这惊讶当年也曾经历过：作为一个地道的纽约人，在棒球加时赛中，我突然发现自己竟然在为纽约洋基队的对手波士顿红袜队呐喊助威——那同样是一件我从未料到的事。

对于额外维度的深入了解更增加了我对其存在的信心，而同时反对的论点则漏洞百出，不能令人信服；物理学理论离开额外维度，就有很多问题无法解答；随着对额外维度的探索，我们发现，可能还有更多类似于我们这个宇宙的额外维度的宇宙，这表明我们才只看到冰山一角。即便额外维度与我将作的描述并不十分一致，我依然认为它们极有可能以这样或那样的形态存在，其意义也必定是出人意料、发人深省的。

如果得知在你家橱柜里就有可能隐藏着额外维度的痕迹，你的好奇心或许立马就会被激发出来。这个痕迹就在不粘锅里：不粘锅上有一层准晶体的镀层。准晶体的结构十分奇妙，其基本秩序只有在额外维度中才能显现。晶体是一种原子和分子排列高度对称的网格结构，其中一个基本元素不断重复出现。在三维中，我们知道晶体会形成怎样的结构，会以哪种模式排列，可是，准晶体的原子和分子排列不符合晶体的任何一种模式。

图 1—2 所示的是准晶体的一种排列模式。真正的晶体，结构精确、规则，就像是平面坐标纸上的网格；而在准晶体的图例中，我们却看不到这种精确的规则排列。对这些奇特材料的分子排列模式，最贴切的解释办法是借助高维晶体模式的投影——有点儿像三维的影子，以此来揭示它在高维空间的对称性。三维空间全然无从解释的模式，反映了它在高维世界的有序结构。带有准晶体镀层的锅之所以不粘，正是利用了准晶体与常见食物的结构差异，锅里镀层的高维晶体投影与常见食物的三维平凡结构是有差异的，原子排列的不同使得它们不会粘连在一起。原子的这种不同排列，既使我们依稀看到额外维度的存

在，同时也对一些可见的物理现象作出了解释。

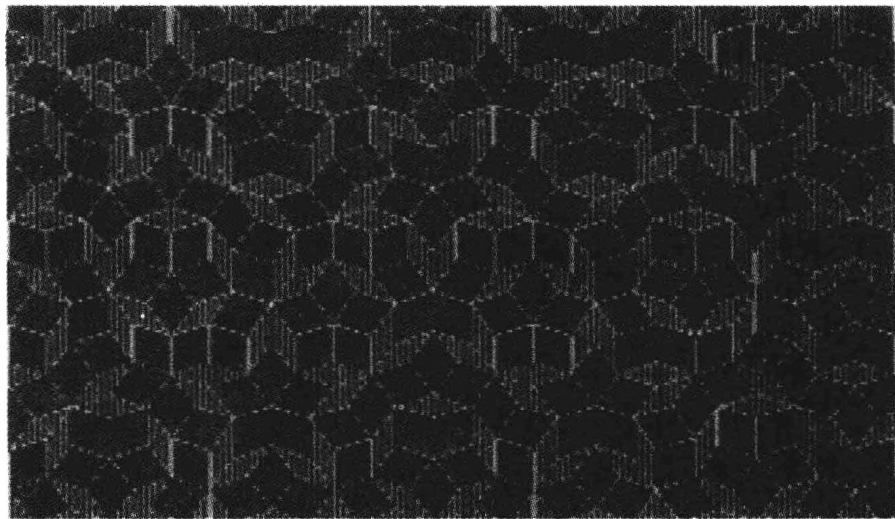


图 I—2 彭罗斯拼图

该图是五维晶体结构在两维平面的投影。

■ 综 述 ■

额外维度帮助我们理解了一直令人费解的准晶体分子的排列，正因如此，现在物理学家推想额外维度理论也可以解释粒子物理学和宇宙学中的某些联系——那些在只有三维的空间里令人费解的联系。

30 年来，物理学家们一直依赖粒子物理中称为标准模型的理论。标准模型理论^①讲述了物质的根本性质以及物质基本成分之间的相互作用力。物理学家生成了一些自宇宙最初几秒以来从未在我们的世界出现过的粒子来检验标准模型，他们发现，标准模型对这些粒子的许多属性都作出了成功的解释。然而，标准模型却无法解答一些根本性的问题，而这些问题又是如此直接关联本质，它们的解答有望使我们对这个世界的建构基础及其相互作用产生新的认识。

本书讲述了我自己和其他人是如何探求标准模型难题的答案，以及怎样进入额外维度领域的。额外维度研究的新进展最终会成为万众瞩目的焦点，但我要先介绍几个强有力的理论——它们是 20 世纪物理学的革命性进步，我随后讲述的新的理论观点正是建立在这些重大的突破之上。

① 在第 7 章中我们会进一步讨论标准模型。——作者注

我们要回顾的话题大致分为三类：20 世纪早期物理学、粒子物理学以及弦理论。我们会研究相对论和量子力学的主要观点、粒子物理的现状以及额外维度可能遇到的难题。我们还将思考弦理论的基本概念，许多物理学家认为弦理论是现在最有希望将量子力学和万有引力统一起来的理论。弦理论既定自然界的最基本单位不是粒子，而是基本的振动弦。因为这一理论需要一个超出三维的空间，这为额外维度的研究提供了强大的动力。我还会讲到膜的作用，膜是薄膜状的物质，在弦理论中如同弦本身一样，是最基本的。我们还将探讨这些理论的成功之处以及它们未能解答的问题，正是这些未解问题推动了我们当今的研究。

其中一个主要的未解之谜就是，相比其他作用力，引力为何如此微弱？爬山时，你可能觉得地球引力并不微弱，但想想，那可是整个地球都在作用于你。一块小小的磁铁就能将一枚曲别针吸起，任地球庞大的质量都在将其拉向相反的方向。面对一块小小磁铁的小小拉力，地球引力何以如此不堪一击？在标准三维粒子物理中，微弱的地球引力实是一个巨大的谜团，而额外维度就有可能作出解答。1998 年，我和同事拉曼·桑卓姆（Raman Sundrum）提出了一个可能的解释。

我们的观点基于弯曲几何，这是源于爱因斯坦广义相对论的一个概念。据此理论，时间和空间被物质与能量融合在一起，形成一个扭曲的或弯曲的时空结构。我和拉曼将此理论应用到一种新的额外维度的情形，发现了一种时空严重扭曲的结构，即便引力在一个空间区域很强大，而在其他区域也会微弱。

我们还有更加不同寻常的发现：尽管 80 年来，物理学家一直假定额外维度一定极其微小，以此来解释我们为什么看不见它们。可是在 1999 年，我和拉曼不仅发现扭曲时空能够解释地球引力的微弱，还发现看不见的额外维度也可能延伸至无穷，只要它在弯曲时空里发生适当的扭曲。额外维度可以是无穷大的，却依然隐藏着——这一观点并非所有物理学家都能立即接受，但我物理学界外的朋友很快就以为我发现了什么，这并非因为他们完全精通了物理，而是因为有一次会议上，我讲过自己的研究之后参加宴会时，史蒂芬·霍金让我坐他旁边。

在书中，我将解释这些以及其他一些理论成果的基本物理原理，以及能借以构造它们的时空新概念。然后，我们还会遇到更加离奇的事：一年后，我和物理学家安德烈亚斯·卡奇（Andreas Karch）发现，尽管宇宙的其他部分都是多维的，但我们却可能生活在空间的一个三维口袋里。这个结果引出了大量可能的时空新结构，它可能由不同的区域组成，每个区域包含不同数量的维度。

500年前，哥白尼提出地球不是世界中心的观点震撼了整个世界，而今，我们不仅不是世界的中心，还有可能只不过生存在一个孤立的三维空间里，它只是高维宇宙的一部分。

新发现的称做膜的薄膜状物质是丰富的高维景象的重要组成部分。如果说额外维度是物理学家的运动场，那么膜宇宙——在这个虚拟宇宙中，我们就生存在一张膜上——就是一个可望而不可即、多层、多面的丛林体育馆^①。本书将带你进入膜宇宙和弯曲、庞大、有着无限维度的宇宙中，其中一些宇宙只有一张膜，而另外一些有多层膜，笼罩着看不见的世界。这一切皆有可能。

未知带来的兴奋

假想的膜宇宙是信念的理论飞跃，它们包含的观点是猜测性的。但就如股市一样，冒险可能失败，但也可能带来巨大的回报。

想象暴风雪过后的第一个晴日，你坐在上山的滑雪缆车上，放眼望去，一片白茫茫的雪野，一个脚印都没有，雪地就在你的脚底下，闪着银光诱惑着你。你知道，无论怎样，只要踏上雪地，这必然会是美妙的一天。有些滑道是陡峭的，崎岖不平；有些则畅行无阻，如轻松的巡游；还有些要穿越丛林，是迷宫样的路径。但是，即使偶尔会有错误的转向，偏离滑道，这一天仍将是非常美妙、非常值得留恋的。

对我来说，模型构建就如这雪地一般，有着同样难以抗拒的诱惑。对于当前现象的基础理论探索，物理学家称为模型构建，它是在概念和观点之间穿梭的冒险旅行：有时，新观点是显而易见的；有时，它们却和你玩捉迷藏。但是，即使在我们并不知道这些有趣的新模型最终会把我们引向何方时，它们也常常开拓出不为人知的、令人兴奋的新领地。

关于我们在宇宙中的位置，究竟哪个理论会作出正确描述，我们还不能立即知道，其中有一些，我们可能永远都不会了解。但令人难以置信的是，并非所有的额外维度理论都这样。任何一个解释了引力微弱的额外维度理论，最令人兴奋的一个特征就是，如果它正确，我们很快就能发现。5年之内，如果大型强子对撞机（LHC）——一种高能粒子对撞机，在日内瓦附近建成并投入运行，那么，研究高能粒子的实验就会发现支持这些假设以及它们所包含的额外维度的证据。

^① 对英国读者来说，是一个孩子的攀爬架。——作者注

这一大型强子对撞机，会让一些高能粒子发生碰撞，生成一些我们从未见过的新型物质。如果有任何一个额外维度理论正确，它都可能会在 LHC 里留下可见的痕迹，这些证据将包括叫做卡鲁扎-克莱因模式的粒子的痕迹。卡鲁扎-克莱因模式是额外维度在我们三维世界的脚印。如果幸运，实验还会记录其他线索，甚至可能有高维黑洞。

记录这些对象的探测仪会是惊人的庞然大物——甚至要用肩背带、头盔等登山装备才能爬上去工作。事实上，在瑞士靠近欧洲核子研究中心（CERN）附近，我就曾用这些装备进行了一次冰川旅行，CERN 就是 LHC 安家的地方。这些庞大的探测仪会记录下粒子的性质，物理学家将用这些性质重构通过它们的粒子。

诚然，额外维度的证据可能并不直接，我们必须将各种各样的线索拼接起来，不过几乎所有新近的物理发现都是这样的。20 世纪，随着物理学的发展，我们的研究已不单纯是能由肉眼直接观察的事物，而是转向了只有通过测量和逻辑推理才能“看见”的事物。例如我们中学时代就已熟悉的质子和中子的组成成分夸克，它就从未独立地出现过，在影响其他粒子时，它们会留下证据，正是跟踪这些痕迹，我们才发现了它们。暗物质和暗能量的发现也是这样：我们不知道宇宙中大部分的能量来自哪里，也不知道宇宙所包含的大多数物质的本质是什么，但我们知道宇宙中存在着暗物质和暗能量，这并非因为我们直接探测到了它们，而是因为它们对周围的物质有着明显的影响。我们确定夸克或暗物质、暗能量的存在，只是通过间接的方式；同样，额外维度也不会直接出现在我们面前。但是，即便额外维度的迹象并不直接，最终也总能显示出它们的存在。

首先我得声明：并非所有的观点最终都能证明是正确的，许多科学家对所有新理论都持怀疑态度，我这里讲的理论也不例外，但猜想是推进我们理解的唯一办法。即使到最后有些细节并不能完全与现实相符，但一个新的理论观点仍能阐明一些物理原理，启发我们找到真正的宇宙理论。我十分确信，本书中我们将探讨的额外维度思想绝不仅仅是真理的一点萌芽而已。

在从事未知事物的研究和推想新观点时，我们不禁会想起，基本结构的发现总是伴随着惊奇，而且总会遭遇怀疑和抗拒。奇怪的是，不仅仅是普通大众，有时，就连提出那些基本结构的人，起初也是犹豫不决的。

例如，詹姆斯·克拉克·麦克斯韦创立了经典电磁理论，却并不相信基本电荷单位（如电子）的存在；乔治·斯托尼（George Stoney）于 19 世纪末提

出电子是基本的电荷单位，却不相信科学家可能会将电子由原子中分离出来，它们只是原子的组成部分（事实上，电子只携带热量或是电场）；元素周期表的发现者德米特里·门捷列夫，拒绝接受他的周期表所体现的化合价的概念；马克斯·普朗克提出由光携带的能量是不连贯的，却并不相信他自己观点里暗含的光量子的现实存在；阿尔伯特·爱因斯坦提出了光量子的概念，却不知道它们的力学属性可能使它们等同于粒子——即我们现在所知的光子。但是，并非每个有正确新思想的人都会否认它们与现实的联系。许多观点，无论是否被承认，最终还是被证明是正确的。

还有什么东西等待我们去发现吗？对于这个问题的回答，我们来看卓越的核物理学家、科普作家乔治·盖莫夫（George Gamow）的一段“短命”的话。他在1945年写道：“现在，我们只剩下三种本质不同的实体：原子核、电子、中微子，而不是经典物理学大量的‘不可见的原子’……如此一来，在物质基本构成的探索中，我们似乎已经找到了根源。”盖莫夫写这些的时候，根本不会想到原子核是由夸克构成的，不到30年，人们就发现它们了！

我们在继续探求着更基本的结构，如果到我们这里便不再有新成果、新发现了，难道你不觉得这会很奇怪吗？你不觉得那简直令人难以置信吗？现有理论之间的矛盾告诉我们，它们一定不是最终结果。前辈物理学家们既没有当今物理学家的工具，也没有动机来探索本书中将描述的额外维度领域。额外维度，或是支持粒子物理中标准模型的任何别的东西，都将是一项重大发现。

面对周围的世界，我们有什么理由不去探索？

第一部分

空间的维度

Warped passages
弯曲的旅行