

一次引人入胜的
探险之旅
著名物理学家

李淼

诚意推荐

A
MAP
OF THE
INVISIBLE

看不见的世界
宇宙从何而来

[英] 乔恩·巴特沃思 著

章燕飞 译



北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

A MAP OF THE
INVISIBLE

看不见的世界
宇宙从何而来

[英] 乔恩·巴特沃思◎著
章燕飞◎译



北京联合出版公司
Beijing United Publishing Co., Ltd.

图书在版编目 (CIP) 数据

看不见的世界: 宇宙从何而来 / (英) 乔恩·巴特沃思著; 章燕飞译. — 北京: 北京联合出版公司, 2019.4

书名原文: A MAP OF THE INVISIBLE: Journeys into Particle Physics

ISBN 978-7-5596-2978-4

I. ①看… II. ①乔… ②章… III. ①宇宙—普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第038502号

著作权合同登记 图字: 01-2019-0899号

A MAP OF THE INVISIBLE

Original English Language edition Copyright © Jon Butterworth 2017

Map © Chris Wormell. Atom icon © Getty Images

All Rights Reserved.

Simplified Chinese Translation Copyright © 2019 Beijing Zito Books Co., Ltd.

看不见的世界: 宇宙从何而来

项目策划 紫图图书 

监 制 黄 利 万 夏

著 者 [英]乔恩·巴特沃思

译 者 章燕飞

责任编辑 杨 青 高霁月

特约编辑 张耀强 李 栋

版权支持 王秀荣

装帧设计 紫图装帧

北京联合出版公司出版

(北京市西城区德外大街83号楼9层 100088)

天津联城印刷有限公司印刷 新华书店经销

170千字 880毫米×1280毫米 1/32 9.75印张

2019年4月第1版 2019年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5596-2978-4

定价: 69.90元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容

版权所有, 侵权必究

本书若有质量问题, 请与本公司图书销售中心联系调换

纠错热线: 010-64360026-103

关于本书地图的说明

需要说明的是，本书中的地图是用来帮助记忆的，而非与粒子物理学进行详细对照。由西向东大致方向为能量增加（且尺寸减小），由南向北为复杂性增加，但也存在不完全符合规律的灰色地带。能量的标尺有时是结合能，有时是质量，而即使像这样拓宽标尺的含义范畴，也无法避免一些不合理之处。比如，隶属于东边玻色子国的光子，在遥远的西边也能被发现。还有，以陶子和 μ 介子的质量来说，它们应在上夸克、下夸克和奇夸克的东边，但其实你需要向东走完整片量子色动力学的能量范围才能找到夸克。比喻和类比能帮助我们理解，但如果过于夸张则容易产生误导。请享受旅途吧，但是要一路小心。

前言

探险开始

请设想这样一个实验：拿一个苹果，然后把它切成两半，然后再把它切成两半，再切成两半，然后持续地切下去。你最终会得到什么？

或者，换一种更平和的方式，请以不断靠近的方式观察一个苹果：什么样的物质结构会显现？万物是否都是由一小套共用的积木——我们称它们为元素，或者原子——排列组合而成？如果是，那当我更靠近去看这套积木时会怎样？它们是不是由更小的东西组成的呢？

最终揭露出来的是这样一个世界，一个住着许多稀奇古怪的粒子的世界。在这个世界，从我们无知的海洋中浮现出点点新奇的岛屿，它们由通信网络连接着。这个世界的景色从诸如苹果之类的日常可见之物开始，逐渐延伸至难以想象的荒野边缘。

我们将开始一段从苹果到微观世界的旅程。我们会需要一艘极其精巧的船，它将承载着显微镜、粒子加速器和其他能将我们的视野扩展至肉眼无法企及的原子内部甚至更远的机械装置。我们能航行多远？这个看不见的世界有没有尽头？存在构成万物的、无法分割的粒子吗？或是，我们会不停地走下去，不停地发现更小的东西，不停地向更东边的海域航行吗？

这些问题已经被讨论了几千年，物理学的目标之一就是解答它们。而它们的答案，至少是我们目前所知道的全部答案，将在我们即将探索的新奇的、看不见的新世界中被找到。

问题的本质

研究微观物体的科学一般被称为“粒子物理学”。它没有完美无缺的名称，而这个名称在很多方面都容易令人困惑。

“粒子”这个词就有潜在的误导性。物理学家们也研究沙石、污染颗粒和尘土——宇宙和大气中的粒子，以及其他小块团状物，而这些粒子与最终构成万物的基本

积木完全无关。

有时“粒子物理学”也被称为“基本粒子物理学”，以将该学科和复合粒子的研究区分开来。但这其实并没有消除误导，因为质子和中子——粒子物理世界中非常重要的微小粒子——也不是基本粒子。未来的某一天，我们甚至可能会发现当前理论中的基本粒子也并不基本，即使研究它们的学科肯定是“粒子物理学”。科研组和高校课程也十分嫌弃“基本粒子物理学”这个称呼，因为它让这门学科听起来过于简单。选修“基本粒子物理学”这门课的学生，面对我们即将去寻找的粒子的相关方程式，很可能被震惊到。

人们经常使用高能物理作为替代来描述这个学科，而且粒子物理最直接的研究方法——在大型对撞机中使粒子互相冲撞并观测反应——确实需要很多能量。但另一些重要的实验却需要我们去寻找极其稀有、能量也极低的粒子。为了尽量避开微弱的噪声，物理学家把探测器藏在了地底深处。这样，每一次极其微弱的能量波动就都是由能量干扰或激发造成的。虽然这些极低能量的实验间接告知了我们一些高能条件下才会发生的状况，但是称其为“高能物理”还是会感觉有些别扭。

另一个以“高能物理”作为粒子物理学科名的问题在于，核物理学家、天体物理学家、等离子体物理学家

和其他一些领域的物理学家需要处理的能量，要比用来探索粒子物理边界的能量高得多。大型强子对撞机是笔者在写这本书时，有史以来人类建造的最高能的粒子对撞机，它其中一次对撞的能量与核反应堆工作中所释放的能量相比是很小的，而核反应堆的能量和一个爆炸的恒星相比根本微不足道。

但无论怎样给这个学科起名，我们的研究都基于实践。从人眼到显微镜，再到高能粒子加速器和其他更加精密的仪器，科学实验使我们的探索不只停留在纯理论推断的哲学思辨领域。每一代最新的实验都将微观世界的新大陆展现在拓荒者的面前，让我们不断制作出新的地图，以指向物质本源的深处。

但最后，还是那个亘古不变的疑问：当你深入了解宇宙时，你会思考，它到底是由什么组成的呢？

标准模型

对于上面那个问题，囊括了现有答案的理论有一个轻描淡写（说实话，有些无聊）的名字，叫作“标准模型”，它是我们现阶段对基本力学和物质构成的认知总

结，而这些方面的研究隶属粒子物理的范畴。“标准模型”理论（它确实更是一个理论而非模型，虽然不同的人会对这个名称有不同的理解）是前辈们数十年的艰苦科研成果，它能适用于各种范畴的物理现象。

我在年幼时，经常看到印度或巴基斯坦餐馆自称为“标准”餐馆，像是标准唐杜里餐馆或是标准巴尔蒂宫饭店之类的。我在曼彻斯特的罗斯霍尔姆咖喱一条街长大，那里的“标准”不仅极高，且新开的咖喱店也会立志达标。我认为，标准模型理论也有与之差不多的性质：平实的名称是高品质的象征，且任何其他新推出的理论也都须达到这个高标准。

2012年，预言了很久的希格斯玻色子被发现了，这是标准模型的成功，也是其正确性的一个有力例证。希格斯玻色子此前在自然界中从未被发现过的全新粒子，它的发现对标准模型的数学连贯性至关重要。对现在的我们来说，知道希格斯玻色子对证实标准模型理论中的观点至关重要，就足够了。最妙的是，我们现在有了一套自洽的理论，因为它告诉我们，最小的物体确实是无限小的。这套理论本来就能解释在极广的能量和距离范围内的物理现象，而希格斯玻色子的发现又扩大了这个范围。

标准模型蕴含的概念优雅而严谨，考虑到它极其广泛的适用范围，它显得非常紧凑和简练。它所蕴含的各

一个单独的概念都能被任何人至少大致理解，但是它的一些重要概念确实鲜为人知。如何把这些概念以合理的方式组合成一套完整的理论，是比较有挑战性的。

当然，标准模型并非一成不变，新数据的出现可能会使它产生变化。但是，它的可适应性并不影响它的优雅度、有效性和广泛的应用范围。它包含了真理——只不过并非全部的真理。

本书将带你踏上一次对真理的探索之旅，或者更准确地说，一次对人类当前已知的全部真理的发现之旅。

本书将带你踏上八次也可能是八次半的探险行动，深入到物质宇宙的中心。这些探险行动将深入挖掘构成物质的最小组成部分，检视它们如何运作（它们时常会表现得很奇怪），并且辨别使它们结合和分开的力量。这些微观积木充斥在我们生存的世界和宇宙中，小到分子、日常生活中的有形之物，大到漫天的繁星和遥远的星系，都是由这些积木构筑而成。

在我们探索物理知识的新领域时，新发现的领域将会被命名，并且会根据它们的相互关系将其绘制在地图上。夸克、玻色子、强子等粒子将被排列在一个图像化的词汇表中。这个词汇表将提供一个梳理标准模型理论中的概念的框架。在途中，虽然我们遇到的景象有时可能看起来有些无厘头，但它们的背后已有我们当前最可

靠的证据。虽然以我们当前的认知水平来看，标准模型里的一些内容像是有人随手设定的，但是它的其余部分内涵深刻，且和任何之前的同类型理论相比，整体结构都极其精致、简约。

在启程前，我们也需要明白，我们的旅程路线只是前往科学前沿的一个可能。我们在探索的过程中采取的是化繁为简的方式，所以并不是所有的谜题都会有答案。换句话说，即使我们在探索中揭示了所谓的“万有理论”，它也仍有许多解答不了的谜团。无论粒子物理研究将发现怎样的组成万物的最小粒子，我们都已经知道，它们的相互作用和极大数量时的宏观表现蕴藏了深刻的物理定律和复杂的运行规律，而这些所谓的“基础”定律未必都能解释得通。新的物理知识——还有化学、生物等其他学科的知识——将在这些复杂的情境中诞生。尽管如此，对于物质最小尺寸下的结构研究是极为重要的，这也是科研中最令人兴奋的前沿之一，而那就是要去的地方。主宰万物的理论优美而令人目眩神迷，我们将通过绘制导航图，揭开它神秘面纱的其中一角。

另外，我们的地图就像任何拓荒者的导航图一样，是有边界的。标准模型理论或许是完整的，但我们对于物理的理解却不是。请小心海怪的袭击和海妖的诱惑，让我们一起踏上寻找答案的旅程，驶向神秘的未知。

目 录

关于本书地图的说明	V
前言：探险开始	VII

第一次探险 现实不似你所见

1. 扬帆起航	4
2. 更有趣的世界：波	7
3. 传播光的小包裹：光子	16
4. 为何质量越大，体积越小？	23

第二次探险 进入原子之地

5. 复杂而美丽的景色	32
6. 汤姆逊的巧妙实验	36
7. 充满戏剧性的发现	40
8. 元素的琴弦	43

第三次探险 神秘的轻子岛

9. 现实中的“魔霸”：万物皆力	54
10. 优雅の数	60
11. 给薛定谔的方程“加点料”	65
12. 最惊人的存在：反物质	73
13. 上帝的魔术手： 最可能发生的就是什么都没有发生	79

中途休息

引力：宇宙间最神秘的力量

没有它，你我将可能坍缩成一坨坨“果冻”	90
变弯的“直线”	94
诡异的量子世界	101
引力波之谜	104

第四次探险 了不起的夸克岛之旅

14. 有趣：错误和正确的认知 被互相搅和在一起	114
15. 难以拼凑和驾驭的“积木”	121

16. 量子真空中的奇怪现象	126
17. 上帝很疯狂？ NO！ 夸克更疯狂	131
18. 复制……永不停歇的复制	136

第五次探险 俯瞰“宇宙”

19. 物理可以如此性感： 出双入对的“粒子恋人”	144
20. 送盒巧克力给外星人，他们能吃吗？	148
21. “设计者”的大智慧 ——宇宙中的小概率错位	154
22. 世界的一半是物质， 而另一半是反物质？	159

第六次探险 危险的中微子地带

23. 让人不安的现实： 它们明明存在，你却无法触碰	170
24. $2/3$ 完全隐形的阳光： 标准模型的根本性变革	177
25. 宇宙演化的解释者： 中微子荒原上的新发现	186

第七次探险 进入玻色子国

26. 假如同时改变世界上所有地方的电压	196
27. 对称性仅仅是个美好的巧合吗?	203
28. “任性不羁”的行为一直在发生	208
29. 质量和隐藏的对称性	215
30. 感谢“质量”相差那么多吧, 这样世界才稳定	222
31. 寻找希格斯粒子	226

第八次探险 那些令人匪夷所思的猜想

32. 为什么要继续前行?	238
33. 线索和限制	248
34. 假如暗物质真的存在	252
35. 一个诱人的传说	257
36. 进入另一个维度	260
37. 静止的橄榄	265
38. 第五种力	270
39. 另一种宇宙假说	276
延伸阅读	280
致谢	282
译名对照表	283

第一次探险

现实不似你所见

船及其组成部分——海鸥、海豚和波的干涉——向导的指教——一些船员对向导持怀疑态度，迫不及待想要开船——向导拿着激光说个不停——船员被说服——不是你所熟悉的场——短距离、高能量以及它们之间的关系——选择路线的重要性

看不见的世界
现实不似你所见

