



“科学的力量” 科普译丛
Power of science

探寻万物至理 ——大强子对撞机

Paul Halpern 著 李 晟 译

大强子对撞机会制造出可以吞噬整个地球的微黑洞吗？它可以帮助我们解释宇宙中遗失的物质和能量吗？它能够统一自然界中的四种力指明方向吗？它能够找到“上帝粒子”吗……



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE



WILEY

Paul Halpern 著 李 晟 译

探寻万物至理 ——大强子对撞机

Collider:

the search for the world's smallest particle



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE



WILEY

“Collider: the search for the world's smallest particle”

Copyright©2009 by Paul Halpern.

Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

Published simultaneously in Canada

All rights reserved. This translation published under John Wiley & Sons.

No part of this book may be reproduced in any form without the written

Permission of original copyrights holder.

图书在版编目(CIP)数据

探寻万物至理：大强子对撞机/(美)哈珀恩(Halpern, P.)著；李晟译.

—上海：上海教育出版社，2011.12

(“科学的力量”科普译丛)

ISBN 978-7-5444-3534-5

I.①探… II.①哈…②李… III.①强子—对撞机—科普读物 IV.①O572.21-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第175902号

责任编辑 李 祥

装帧设计 陆 弦

“科学的力量”科普译丛

探寻万物至理——大强子对撞机

Paul Halpern 著

李 晟 译

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上 海 教 育 出 版 社

易文网 www.ewen.cc

地 址 上海永福路123号

邮 编 200031

经 销 各地新华书店

印 刷 上海市印刷十厂有限公司

开 本 890×1240 1/32 印张 7 插页 4

版 次 2011年12月第1版

印 次 2011年12月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5444-3534-5/O·0142

定 价 23.00元

(如发现质量问题，读者可向工厂调换)

《“科学的力量”科普译丛》序

大约 100 年前,科学是作为“赛”(Science)先生从国外引进来的。当然,中国的文化原也有科学的成分,但科学的蓬勃发展却是近百年来的事。这位“赛”先生给中国的发展带来了巨大的进步,由此引发的 20 世纪高科技的迅猛发展有目共睹。科学发展不仅大大增强了国力,大大提高了生产力,大大改善了生活,也大大增加了人类认识客观世界的深度和能力。事实上,科学具有更为重要和更为广泛的意义,不仅要普及科学知识,还应倡导科学方法,传播科学思想,弘扬科学精神。而普及科学知识,不仅是大众的需求,也是科学工作本身的需求。

科学是如此之重要,我觉得应该提倡科学家直接参与撰写科普作品。因建立电磁作用和弱作用统一的学说而获得 1979 年诺贝尔物理学奖的温伯格(S. Weinberg),曾撰写过一本科普作品《最初三分钟》,在全世界引起了很大的轰动,很快被译成 23 种文字。这是描述宇宙幼年(或称早期宇宙)物理过程的科普作品,它实际上是通俗描写大爆炸宇宙学的一本小册子。由于宇宙学常常给人以神秘感,再加上不同学科之间隔行如隔山,真正了解宇宙学的人并不多。温伯格的这本小册子出版以后,有点物理知识的人,至少在物理学界,几乎人人都能读懂这本书,使得宇宙学很快就被几乎整个物理学界所了解和接受。从此,宇宙学得到了普遍的认可,这部科普作品竟起到了如此了不起的作用。实际上,除这本书外,温伯格还写

探寻万物至理——大强子对撞机

过许多其他科普作品,比如《终极理论之梦》就是写得十分精辟的另一本小册子。他的作品,不仅科学性强、可读性好,而且文笔十分出色,简练、流畅、达意。为此他曾获得过“刘易斯·托马斯”奖(又称“诗人科学家”奖)。

在三个完全不同的学科(原子核物理、宇宙学和生物学)中作出过重大开创性工作的伽莫夫(G. Gamow),对科普工作也有重大贡献。他在1929年创立了 α 衰变理论,1936年提出了 β 衰变的Gamow-Teller定则,1948年创立了大爆炸宇宙学,1954年提出了生物学上的遗传密码概念。这些工作都是够得上诺贝尔奖创新水平的大成就,他只是因为去世得太早(享年64岁)而失去了获奖的机遇。比如,彭齐亚斯(A. A. Penzias)和威尔逊(R. W. Wilson)因发现作为大爆炸宇宙学确凿证据的宇宙微波背景辐射而于1978年获得诺贝尔物理学奖时,作为大爆炸宇宙学奠基人的伽莫夫却已去世了10年。这样一位杰出的物理学家,曾撰写过25部著作,其中18部是科普书(包括《物理世界奇遇记》、《从一到无穷大》等);他撰写过138篇论文,其中31篇是科普文章。显然,他也是一位高产的科普作家。1956年,伽莫夫还因此获得了联合国教科文组织颁发的“卡林伽”科普奖。伽莫夫究竟是怎样处理科研和科普两者之间的关系呢?他自己曾说过,他的确非常喜欢撰写科普作品;但是,他的最大兴趣是攻克自然界的难题。然而,在科学研究上取得进展需要一种灵感、一种思想。每当他苦于缺乏这种思想时就写书。写科普书可以整理思路,而当新思想涌现时就放下写作,专攻科研。所以,他的科研往往会出现崭新的概念性突破,甚至开辟新的学科,而他的科普作品也显得特别清晰、连贯、新颖、深入浅出。

在统计物理上作出过巨大贡献,而且又是量子力学创始人之一的薛定谔(E. Schrödinger),曾撰写过一本叫《生命是什么》的小册子。他力图用统计物理和量子力学的基本规律来通俗地阐述生命

现象。这本小册子不仅在生物学界,而且在物理学界也倍受欢迎。事实上,沃森(J. Watson)和克里克(F. Crick)就是在薛定谔这本书的影响下去分析遗传物质 DNA 发现双螺旋结构而获得诺贝尔奖的。1991 年,著名物理学家彭罗斯(R. Penrose)甚至说,薛定谔的这本书一定会跻身于本世纪最有影响的科学著作之列。事实也正是如此,这本科普小册子已经成为了一部极负盛名的生物物理学专著,他甚至常被誉为生物物理学的鼻祖。

当然,也还有不少非常成功的专门从事科普创作的作家,阿西莫夫(Isaac Asimov)就是一个典型的例子。他的作品多达百部,不仅内容宽广,亦颇有深度,且语言流畅,深入浅出,可读性强,成为科普界的典范。

由此可见,一部好的科普作品,不仅可以向大众传播科学知识,培养大众的科学素质,也可以提高国家的科学水平。因此,科普是一项十分重要的事业。上海教育出版社推出的《“科学的力量”科普译丛》,就是要引进国外的优秀科普图书,将它们翻译出版。这套丛书将展现高能物理、生命科学、宇宙学、化学等领域的最新进展,以通俗易懂的语言、生动形象的例子,展示前沿科学对社会产生的巨大影响。相信书中讲述的科学家在探秘道路上的悲喜故事,一定会振奋人们的精神;书中阐述的科学道理,一定会启示人们的思想;书中描绘的科学成就,一定会鼓舞读者的心灵;书中的点点滴滴,更会给人们一把把对口的钥匙,去打开一个个闪光的宝库。

《探寻万物至理——大强子对撞机》是这套丛书中的第一本,它将焦点锁定在世人瞩目的欧洲核子研究中心的大强子对撞机(LHC)上。大家知道,加速器是将带电粒子加速到极高能量的一种设备,是研究粒子物理的一种主要手段。约半个世纪以前,随着加速器的发展,新粒子不断涌现,引发李政道、杨振宁和吴健雄等人(1956~1957)推翻了弱作用中的宇称守恒定律,从而两年内就解决

探寻万物至理——大强子对撞机

了长期困惑的弱作用基本作用形式问题(1958)。接着,在杨(振宁)-米尔斯(R. L. Mills)规范场(1954)基础上,上面谈到的温伯格以及后来的格罗斯(D. J. Gross)、普利泽尔(Politzer)、维尔泽克(E. Wilczek)分别提出了电弱统一(1967)和渐近自由(量子色动力学)(1973)理论,导致了1979和2004年度诺贝尔物理学奖。1974年,丁肇中和里克特(B. Richter)又相继发现了 J/Ψ 粒子,显示了第四种夸克(c)的存在,为此,他们两人分享了1976年诺贝尔物理学奖。这一连串的发现和发展,迅速导致了粒子物理“标准模型”的建立。记得在1987年,美国总统里根还批准建造一台宏伟的超级超导对撞机(SSC),但在已经花了20亿美元、挖了14英里隧道之后,美国国会还是决定将它停建。这件大事标志着加速器的发展已经到了一个超级大国都经济上难以承受的地步。于是,全世界大批粒子物理学家纷纷改行,转到天体物理和宇宙学的方向上来。因为宇宙早期正是高能粒子过程十分丰富的时期,有人把这个叫做“穷人的加速器”。如今,欧洲多国联合终于还是建成了一台高能加速器,叫“大强子对撞机(LHC)”,能量已经接近宇宙的早期。相信书中讲的许多故事不仅会给读者带来有益的知识,还会带来心灵和精神上的鼓舞和激励。

中国科学院院士

中国科学院紫金山天文台研究员

南京大学物理系教授

粒子-核-宇宙学联合研究中心主任

陆埏

2011年11月15日

丛 书 说 明

哥白尼的“日心说”颠覆了千百年来人们对地球的认识,地球并非宇宙的中心;牛顿的经典力学让我们意识到,原来天地两个世界遵循着相同的运动规律;麦克斯韦的电磁理论,和谐地统一了电和磁两大家族;戴维的尿素合成实验,成功地连接了看似毫无关联的有机和无机两个领域;爱因斯坦的相对论,让我们对物质运动、时空概念有了更深层次的理解;量子力学的诞生,彻底改变了我们心目中的微观世界;DNA 的双螺旋链,揭示了遗传的密码和生命的奥秘;计算机和网络技术的发展,让我们人类真的生活在地球村了。

.....

科学促进技术进步,技术加快科学发展,两者融为一体,它们共同改变了我们的思维意识和生活方式;同时这些变化也彰显了科学的力量、技术的神奇。进入 20 世纪后,科学技术飞速发展,知识内容迅速膨胀,技术手段日益更新,新兴学科不断涌现。当然每一项科学发现或技术发明后面,都深深地烙刻下时代的特征,蕴藏着鲜为人知的故事。

《科学的力量》丛书将从纷繁复杂的科学技术发展史中,精心筛选有代表性的焦点或热点问题,以此为突破口,由点及面来展现科学技术对人、对自然、对社会的巨大作用和重要影响,让人们科学有一个客观而公正的认识。

科学已经改变,并且将继续改变我们人类以及我们赖以生存的

探寻万物至理——大强子对撞机

这个世界。当然,摆在人类面前的仍有很多的不解之谜,富有好奇精神的人们,也一直没有停止探索的步伐,每一个新理论的提出、每一项新技术的应用,都使得我们离谜底更近了一步。本丛书将向读者展示,科学和技术已经产生、正在产生及将要产生的这些巨大变化。

本书说明

大强子对撞机(LHC)将会制造出可以吞噬整个地球的微黑洞吗?它可以帮助我们解释宇宙中遗失的物质和能量吗?它能够统一自然界中的四种力指明方向吗?它能够找到“上帝粒子”吗?通过近一个世纪的实际实验,对撞机不仅解释了量子力学和爱因斯坦理论的秘密,它将揭示我们怎么知道我们知道些什么,以及我们希望找到些什么。

在这部关于实验高能物理背后的理论、技术以及科学的综合指南中,获奖物理学家、卓越的作家保罗·哈珀恩为我们呈现了大强子对撞机这一重要的仪器,介绍了什么是大强子对撞机,人们希望借助它发现什么,为什么说它会是今天科学的最大事件。你将会发现科学家怎么运作这个项目来重建大爆炸产生的条件以模拟宇宙起源时的情形,同时你也会了解到为什么这并不像它听上去那么可怕。

哈珀恩以物理学纲要的速成教程开始,通过清晰地解释标准模型、四种统治宇宙的作用力(弱相互作用、强相互作用、万有引力和电磁相互作用)以及大量利用对撞机已经发现的粒子,来帮助你理解为什么科学家对于弦理论假设的犹豫不决,大强子对撞机怎样帮助我们揭开暗物质、暗能量、超对称以及更高维度的大门的秘密。你也将会发现为什么理论中的希格斯玻色子被称为“上帝粒子”,以及它的发现将会怎样改变我们对宇宙的认识。

探寻万物至理——大强子对撞机

人们对 LHC 关注最多的是超高速粒子的碰撞会产生微黑洞。新闻报道已经强烈聚焦于这些超密粒子将吞噬掉周围的所有事物，甚至吃掉整个地球的恐惧之中。哈珀恩教授为我们清晰明确地解释了这些恐惧、流传产生的原因，认为这种担心是杞人忧天，就好比是在茶壶里刮起的小风暴。

好了，放松一下吧！世界不会说灭亡就灭亡，但我们可以在眨一下眼睛的同时了解更多关于它的事情。快来读一下这本书，你会发现，世界是什么样的，它始于何时，如何演化，又将何时灭亡。

致 谢

感谢欧洲核子研究中心的研究人员,他们花费时间和我谈论他们的工作,在我访问期间带我去参观那些设备。我要特别感谢在 ATLAS 上工作的石溪组的组长迈克尔·瑞杰森比克,他与我讨论了项目的各个方面并为我安排了全部访问计划,这让我获得了很多信息。我也要对维尼提斯·泡利克瑞纳寇斯、拉里·派瑞斯、查理·杨、阿什法科·艾哈迈德、亚当和凯蒂·叶克维科兹、亚历山大·克浩狄诺夫、贾森·法利、朱莉娅·格瑞以及杰特·杰古德森致以深深的谢意。

非常感谢大卫·卡西迪和亚当·叶克维科兹审阅了全文,并给出了很多建议。我也要感谢加州大学伯克利分校、劳伦斯伯克利国家实验室的 J·大卫·杰克逊,他给出了很多好的意见。感谢大卫·布林好心地给予引用他的小说《地球》的许可,以及赫尔曼·沃克慷慨地容许我引用《得克萨斯的一个洞》。

感谢 Wiley 出版公司的编辑康斯·桑蒂斯特班和埃里克·尼尔森,感谢他们的信心、帮助、想法和远见。并感谢我的经纪人贾尔斯·安德森对我周到的指导和支持。

我要为这本书和其他写作项目感谢费城科学大学同事的支持,其中包括菲尔·格比诺、埃利亚·埃斯基纳济、裘德·库欣斯基、布赖恩·基施纳、费利斯·布隆伯格、史蒂夫·罗德里格、塞尔吉·奥弗莱雷、伯纳德·布伦纳、吉姆·卡明斯、平·坎利夫、罗伊·罗布

探寻万物至理——大强子对撞机

森、大卫·特拉克塞尔、贾斯汀·埃弗雷特、迪尔德丽·佩提皮斯、K·斯威特可图·维尔巴德拉,以及其他许多人。

还要感谢多年来与我交流了许多有趣想法的朋友们,包括弗雷德·舒俄普夫、迈克尔·埃利希、弗兰·萨加曼、米切尔和温迪·卡尔茨、西莫内·热力克、道布赫·霍尔茨、鲍勃·詹岑、罗伯特·克拉克、斯科特·维格伯格、埃文·托马斯、杜布拉夫科·克拉布卡、埃尔纳·卢比特和唐纳德·巴斯克。

多谢我的妻子费利西亚以及我的儿子亚丁和伊莱,他们为我带来了不变的爱、温暖和想法。我也感谢来自家庭的支持,其中包括我的父母斯坦和巴尼·哈珀恩;我的岳父母约瑟夫和阿琳·范斯通;沙雷和理查德·埃文斯;雷恩和吉尔·赫瑞威兹;詹尼斯、理查德、杰里、多洛雷斯、迈克尔和玛丽亚·安特纳尔;代纳和阿姆瑞特帕尔·哈顿;亚伦·斯坦布若;肯尼思、艾伦、贝斯、泰莎、理查德、安妮塔、艾米莉和杰克·哈珀恩。

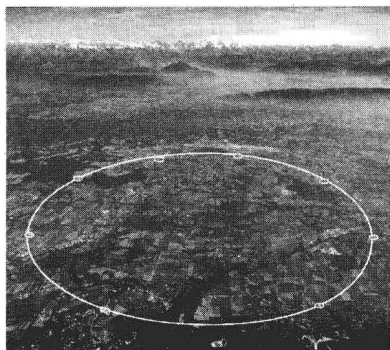
前言

大强子对撞机心脏之旅

从街面上一点也看不出来,用于粒子物理研究的世界上最大的科学测量装置 ATLAS 综合体的宏伟。交通繁忙的梅林干线将它的地面结构和欧洲核子研究中心的主场地分离开来,看上去它就像是一个靠近普通加油站的仓库。在迈入其正门之前,我不是很确定到底会看到什么。

欧洲核子研究中心 (CERN, 法语 Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire“欧洲核子研究理事会”的字头缩写)是致力于核研究的欧洲组织,坐落在靠近日内瓦的瑞士与法国的边界线上,它以其开放性为荣。与军事设施不同,它容许任何获得批准的人前来参观,并且可以到处拍照。虽然如此,由于现代粒子探测器具有危险和精密的特性,进入放置这些仪器的“山洞”还是需要签署极其严格的协议。

在参观一个还没有完全完工的场地时,我带上了一个类似建筑工人使用的头盔。我的东道



照片中的巨大圆环是大强子对撞机上长达 17 英里的隧道管

目 录

致 谢	1
前 言 大强子对撞机心脏之旅	1
引 言 完美的机器	1
CHAPTER 1 创世的秘密	1
CHAPTER 2 寻找万物至理	16
CHAPTER 3 敲打金子——卢瑟福散射实验	27
CHAPTER 4 粉碎成功——第一台加速器	47
CHAPTER 5 引人注目的四重奏——四种基本作用力	68
CHAPTER 6 双环记——万亿电子伏加速器和超级质子同步加速器	83
CHAPTER 7 深入得克萨斯的心脏——超导超级对撞机沉浮记	109
CHAPTER 8 设计对撞——建造大强子对撞机	124
CHAPTER 9 黑暗中的居民——揭开暗物质和暗能量的谜团	138
CHAPTER 10 膜管道——寻找更高维度的大门	149
CHAPTER 11 微黑洞——便于科学研究还是要炸掉世界?	164
结论 高能物理的未来——国际直线对撞机及以后	178
译者的话	185
编辑的话	187

1

创世的秘密

天之高兮，既未有名。
厚地之庠兮，亦未赋之以名。
始有滄虛，是其所出。
渼母彻墨，皆由孳生。
大浸一体，混然和同。
无纬萧以结庐，无沼泽之可睹。
于时众神，渺焉无形。

——《创世史诗》[埃努马·埃里什，巴比伦著名的创世史诗。

我们宇宙起源的秘密藏身于宇宙尘埃和辐射的迷雾之中，埋藏在我们行走的大地之下，隐匿于我们每天看到的、感觉到的、触摸到的那些物体的深层结构之中。就像钻石那美丽但又无法穿透的闪亮钻面，创世的每一个方面都让我们可以一瞥那绝妙的，但又像谜一样的统一性。拥有智慧的人类渴望将之层层剥开，寻找到藏于所有事物之中的真理核心。宇宙是由什么组成的？那些影响我们宇宙的力是些什么？宇宙是怎样创造出来的？

古希腊的哲学家们对于是什么构建了最微小的物体给出了相互矛盾的解释。公元前5世纪,原子论的创立者留基伯和德谟克利特提出,物质可以被分离直至最基本的组成单元。他们想象这些最小的不可破碎的单元(或称为“原子”)具有不同的大小和形状,就像是各种各样来自异国的鹅卵石和贝壳。

恩培窦可里斯则提出了另外一种观点,他认为所有物质都是四种基本元素火、水、气和土的混合物。亚里士多德对其作了补充,认为还有一种第五元素:虚空。2000多年来,人们一直认为这些经典元素构成了组成万物的单元,直至科学实验促使欧洲倾向于实证的自然观。

在罗伯特·玻意耳(1627~1691)的名著《怀疑的化学家》里,他证明了用火、气、土和水实际上无法制造出地球上特定类型的东西。他为“元素”重新下了定义,这种定义应该基于那些可以组成任何物质的最简单的组分。他认为化学家可以识别出这些基本成分,其途径是把物质粉碎成最基本的成分,而不是依赖哲学思考。玻意耳敏锐的洞察力激励了实验家们用各种各样的方法去发现那些真正的化学元素——我们所熟悉的氢、氧、碳、氮、硫等等(排列无特别次序)。当今天的孩子们在把各种液体、粉末放入他们的化学仪器中混合起来,引起冒泡泡的反应,调制出五颜六色、有味道、黏糊糊的副产品的时候,他们应该感谢玻意耳。

玻意耳是一个狂热的原子论者,同时也是一位一丝不苟的实验家。他拒绝接受任何仅基于信念的假说。他设计出一个巧妙的实验来验证物质是由他称之为微粒的小粒子以及它们之间的空隙组成的:取一根弯曲的玻璃试管,一端封闭,另一端开口(与空气相通);在开口端灌入水银,这样在玻璃试管中就封闭了一些空气;逐渐加入水银,压强增加,空气的体积越来越小;然后再小心地将水银抽出来。他发现那些封闭在管子中的气体以反比于其压强的方式