

第一推动丛书
物理系列

【珍藏本】

06

THE DISCOVERY OF SUBATOMIC PARTICLES



亚原子粒子的发现

美] 斯蒂芬·温伯格 / 著

Steven Weinberg

斯蒂芬·温伯格是得克萨斯大学Josey Regental科学教授。他荣获了
许多奖励，其中包括1979年的诺贝尔物理学奖，1991年的美国国家
科学奖章，还有数学物理学的Heinemann奖金以及普林斯顿大学的
Hudson奖章。他被选为美国科学院院士，英国皇家学会会员，美国
科学学会会员，美国艺术和科学院院士。

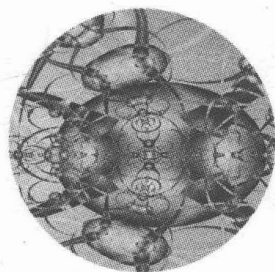
杨建邺 肖明 / 译



第一推动

CS

湖南科学技术出版社



The Discovery of Subatomic Particles

亚原子粒子的发现

[美] 斯蒂芬·温伯格 / 著 杨建邺 肖明 / 译



第一推动

CS

湖南科学技术出版社

The Discovery of Subatomic Particles

Revised edition © Steven Weinberg 2003

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form. Simplified Chinese edition copyright: 2003 Hunan Science & Technology Press

湖南科学技术出版社通过英国剑桥大学出版社独家获得本书中文版中国大陆地区出版发行权。

本书根据剑桥大学出版社 2003 年版本译出。

著作权合同登记号: 18-2004-102

版权所有, 侵权必究

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难地进步，这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活



和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人智士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知做了艰苦卓绝的奋斗。中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到：今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了，但是毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力、科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也

就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域的差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步做一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动丛书》编委会

对本书第一版的评论

温伯格……在把深奥难懂的科学知识解释得清晰和美丽动人方面，是一位老手，这本书也同样如此。建构物质的砖块——从电子直到 μ 子、 π 介子、重子和粲夸克——在他的手中，都成了如此具有智慧的宝石磨粉。

《波士顿环球报》(*The Boston Globe*)

人们不可能不被这本书感动。

《新科学家》(*New Scientist*)

一些最伟大的科学家能把他们研究的内容，熟练地解释给科学知识不多的读者，使他们明白，这是很幸运的事情。爱因斯坦、爱丁顿和费曼已经这样做了，而且广为人知；斯蒂芬·温伯格，一位诺贝尔奖获得者和现代著名的理论家，也属于这个行列……（这本书）对下一代物理学家肯定会起到很好的激励作用。

《美国物理杂志》(*American Journal of Physics*)

一个新探索漂亮的范例，它使懂得科学知识不多的读者可以获得更多的物理学知识。

《今日物理》(*Physics Today*)

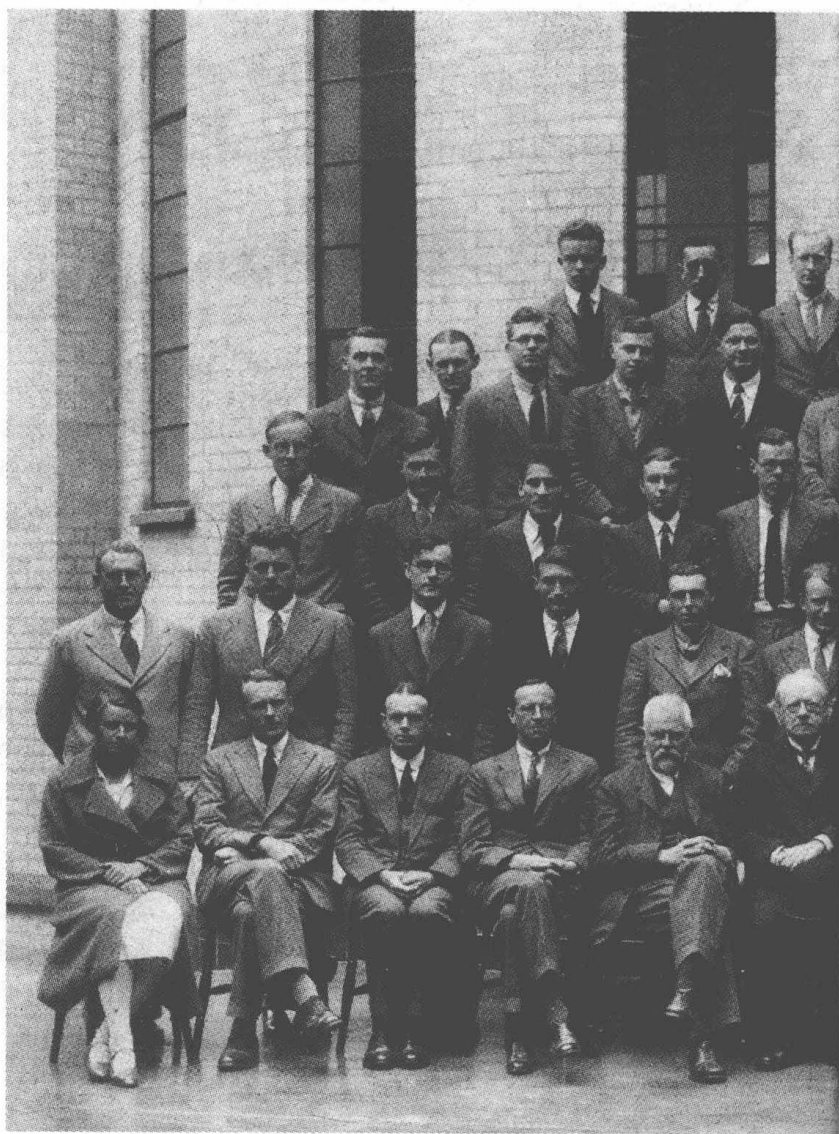
温伯格让读者获得从库仑到法拉第的有关电力的简要历史知识，使他们能够根据第一原理计算偏转。十分令人注目的是，这种比较容易获得物理学基本思想的道路，是十分成功的……这本书以及其中珍贵的照片，使人想起温伯格较早期的优秀科普著作《最初三分钟》。

伦敦《泰晤士报》(*The Times*, London)

这本书的成功，不仅仅在于它讲述了许多现代和经典物理学的重要结果，而且在于它给出了19~20世纪物理学所完成这些业绩的风格和特点。

《科学》(*Science*)

献给伊丽莎白



卡文迪什实验室 (Cavendish Laboratory) 教职员与学生 (1933 年) (从左到右)

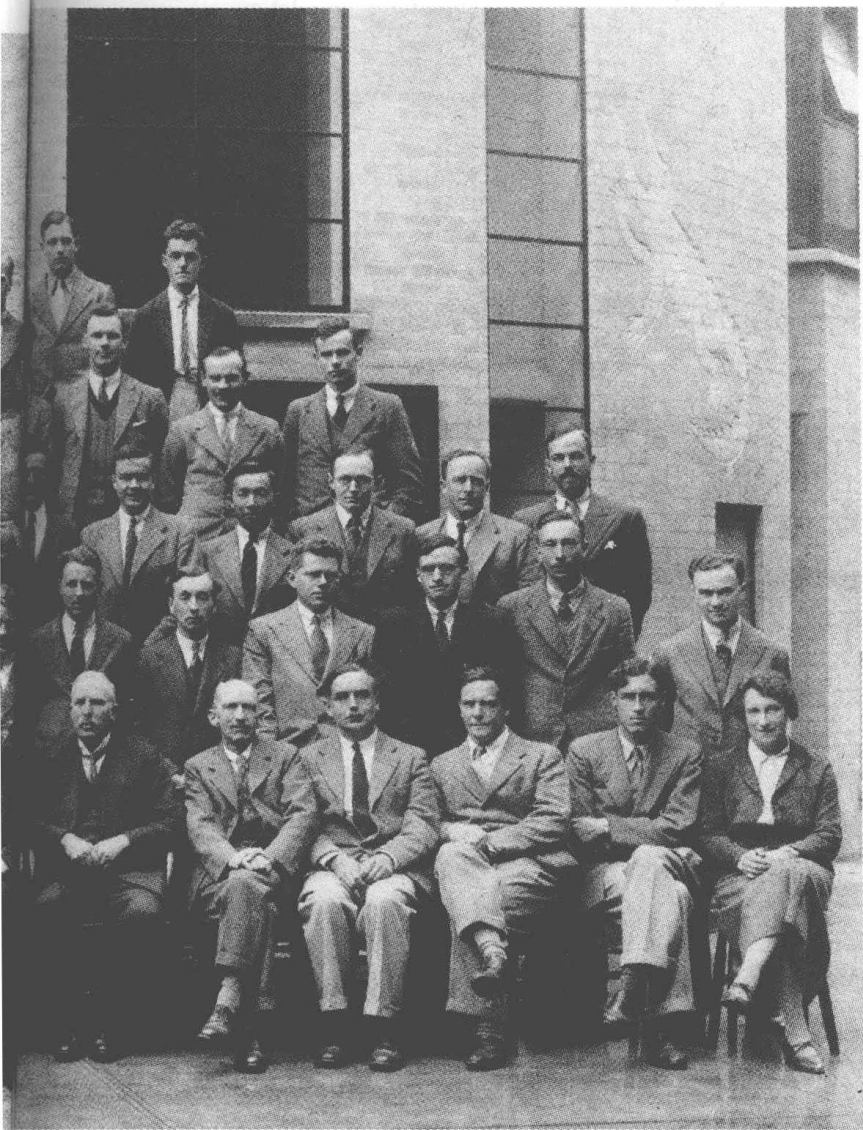
顶 排: W. J. Henderson, W. E. Duncanson, P. Wright, G. E. Pringle, H. Miller

第二排: C. B. O. Mohr, N. Feather, C. W. Gilbert, D. Shoenberg, D. E. Lea, R. Witty

—— Halliday, H. S. W. Massey, E. S. Shire

第三排: B. B. Kinsey, F. W. Nicoll, G. Occhialini, E. C. Allberry, B. M. Crowther

B. V. Bowden, W. B. Lewis, P. C. Ho, E. T. S. Walton, P. W. Burbidge, F. Bitter



第四排： J. K. Roberts, P. Harteck, R. C. Evans, E. C. Childs, R. A. Smith,
G. T. P. Tarrant, L. H. Gray, J. P. Gott, M. L. Oliphant, P. I. Dee, J. L. Pawsey,
C. E. Wynn-Williams

坐者：___ Sparshott, J. A. Ratcliffe, G. Stead, J. Chadwick, G. F. C. Searle, Profe-
ssor Sir J. J. Thomson, Professor Lord Rutherford, Professor C. T. R. Wilson, C. D. Ellis,
Professor Kapitza, P. M. S. Blackett, ___ Davies

序 言

xi

1980年春，我在哈佛大学开了一门课，作为新的公共基础课程的一部分；1981年，作为访问学者，我在得克萨斯大学又讲了一次。这本书就是根据这门课的讲稿编写的。简言之，开设这门课程的目的是为了让原来没有受过数学和物理学训练的学生，能够了解20世纪物理学的伟大成就。为了让学生们更好地理解这些更为近代的新发展，我在适当的地方插入了一些经典物理学的背景知识——力学、电磁学和热学等知识。我觉得这门课程开设的效果不错，因此有了将讲稿整理成一本教科书的想法，但却因没有时间不能如愿。弗里曼公司(W. H. Freeman Company)的奈尔·帕特森(Neil Patterson)请我把这门课程中有关20世纪物理学内容的第一部分，作为《科学美国人》(Scientific American)新丛书的一种，献给它的读者，于是这本书就问世了。或许在今后的各卷中，我能完成从本书开始的对20世纪物理学的介绍。

本书介绍了组成所有原子的基本粒子的发现，这些基本粒



子包括电子、质子和中子。叙述的基本原则是既遵循历史的大轮廓，又与历史的顺序有明显的不同。大多数有关科学史的书籍是为以下两类读者写的：一类是不熟悉这门基础科学的一般读者，因此在历史的描述上只能是粗线条的和内容肤浅的；另一类是熟悉这门科学的专业读者，结果写得让那些不熟悉这门科学的人望而却步。我写的这本书是为这类读者写的：他们可能不熟悉经典物理学，但愿意掌握一些必要的知识，以便今后在有机会深造时能理解构成 20 世纪物理学历史中思想和实验的饶有趣味的纠缠、争论。这方面的种种背景知识，我都在“背景知识回顾”中做了适当的说明，例如电的本质、牛顿运动定律、电力和磁力、能量、原子量等。通过这些背景知识回顾，读者可以了解接着要讲的重点问题的历史要点。

在这里我想透露（反正没有人阅读序言）一点秘密，正是在这些背景知识回顾和散布在某些章节中的背景材料中，反映了我写这本书的个人动机。像许多科学家一样，我也认为科学上的发现属于 20 世纪文化最珍贵的部分。可是，有很多在其他方面受过良好教育的人，因为不熟悉科学的基础而与文化的这一部分隔绝了，在我看来这近乎是一个悲剧，令人痛心。不过，教育上出现这样一块空白并不足为奇。一般来说，有志于精通物理学的大学生或读者，唯一的途径是他（或她）必须从历代职业科学家学过的和由来已久的系列课程开始，循序渐进地学下去。先学力学，然后是热学、电磁学、光学，最后学一点“现代物理学”作为应景的点缀。对于那些打算成为物理学家的大学生来说，这可能是一条颇为理想的路，但对很多其他不想成为物理学家的人来说，这似乎是一条走不通的死胡同。

这种看法不是没有道理。物理学家是一群古怪的人，总是热衷于按在标准物理学课程中学会的方法计算：计算弹子球碰撞、导线中的电流、望远镜中光的路径。希望所有的学生和读者都以这种方法学习是不合情理的，就像让那些不准备弹钢琴的人去练指法一样。在我看来，当人们尝试为一般读者编写物理学基础知识读物时，最大的障碍就是这个写作动机的问题。

我处理这个问题的出发点是先假定：无论读者是不是喜欢计算弹子球的碰撞，但他们确实希望具有我们时代革命的科学思想和科学发现的文化背景。因此在这本书里，我没有从长篇大论的经典物理学导论开始，而是让读者直接进入 20 世纪物理学的一系列关键的专题，并以这些专题作为引线，让读者迅速掌握理解这一专题所需的经典物理学的各种概念和方法。例如第一个专题讲的是第一个基本粒子——电子的发现。为了让读者弄懂 J·J·汤姆逊 (J. J. Thomson) 和其他人的导致这一发现的一些实验，读者就必须先掌握牛顿运动定律、能量守恒定律和电磁力理论。下一个专题讲的是原子大小的测量，在这里读者将学到更多的力学知识，也将学到一点化学知识，如此等等。这种写法的要点是：仅当读者为了理解 20 世纪物理学的进展，必须了解与之相关的经典物理学和化学的知识时，我才向读者介绍这些知识。

像本书以这样的次序来引入物理学基本原理，显然不可能是物理学家们习以为常的逻辑顺序。例如，动量的概念通常是与能量一起讲的，而在这本书里则到讲述原子核的发现时才需要用到动量，因此在这之前我一直没有介绍动量这个概念。对内容做这样的重新安排，我并不认为是一种弊端。因为，从我

xii



个人的经历来看，我所学到的大部分物理学和数学知识，大多是由于工作的需要而别无选择时才学到的。我想大多数科学家都是这样的。因此，我选择的这种写法更接近于在职科学家所受的实际教育，而不同于为专业知识教学而写的大学生课本。

我还希望我的这种写法有助于从根本上改变把科学传授给一般读者的方法。至于我的希望能否实现，这种写法是否有效，那将由时间和读者来判定。如果效果好，我就会继续编写 20 世纪物理学丛书，其中下一本将在本书所涉及的经典物理学基础上，讨论相对论和量子论。

这本书是写给那些没有科学知识背景而对数学只懂得算术的普通读者们的，因此在正文中我基本上只用文字表述，仅仅列出了几个最重要的公式，而且没有使用抽象的符号。对于那些习惯于代数方法的读者，可以参看附录，那儿提供了用文字表述的推理和计算。

尽管本书主要是为一般读者写的，但它也许有一些使我的同行们感兴趣的地方。我所描述的伟大科学家生长的土壤，也会是我们发芽、生长和丰收之源。当我在哈佛大学和得克萨斯大学开始学习物理学的时候，对 20 世纪物理学的早期历史只有非常模糊的认识。我想，我的许多物理学界的同行也是这样。我希望科学家们能发现本书提供的某些史实具有启发意义，即使不是物理学方面的。

我同样希望这本书对研究科学史的学生和专家有用。不过有一点得请他们原谅，我不可能在这样小小的一本书中，对发生在 20 世纪物理学革命中丰富而复杂的诸多因素做全面的判断。我所能够做的只是提供几个关键性的实验发现和理论发

现，由此使我有机会解释经典物理学和现代物理学的要点。我将努力使历史事实准确，但材料的选择和叙述的顺序不仅要考虑历史的顺序，还必须服从于科学的解释。我并没有想把这本书写成一本对科学史有贡献的书。在写这本书的时候，我读了汤姆逊、卢瑟福 (E. Rutherford)、密立根 (R. Millikan)、莫斯莱 (H. G. J. Moseley) 和查德威克 (Sir James Chadwick) 等人的一些经典文章，但大部分内容还是取自于第二手材料，这些材料都附在书后的参考书目中。在每一章后面所附的注释中，列出了正文中讨论的一些经典论文以及我写作时主要参考的近代著作。xiv

我衷心感谢霍华德·博耶 (Howard Boyer)、安德鲁·库德拉西克 (Andrew Kudlacik)、奈尔·帕特森和杰拉德·皮尔 (Gerard Piel)，他们仔细阅读了本书手稿并给予了友好的合作。还应该感谢艾登·凯利 (Aidan Kelly)，他精心校对了本书，提出了许多有益的建议。在哈佛大学第一次讲授这门课程时，保罗·班伯格 (Paul Bamberg) 曾提供了很有价值的帮助。我还要真诚地感谢伯纳德·科恩 (I. Bernard Cohen)、伽利亚昂 (Peter Galiaon)、霍尔顿 (Gerald Holton)、米勒 (Arthur Miller) 和皮帕德 (Brian Pippard)，他们耐心地阅读了本书的各个章节，并给出评注，这使我避免了很多史料上的错误。

斯蒂芬·温伯格

1982年5月于得克萨斯州，奥斯汀

再版前言

费曼 (Richard Feynman) 有一次说, 他不懂为什么媒体和其他一些人在对早些时的发现一无所知的情形下, 却总想知道物理学最近的一些发现, 而我们只有知道了早期的发现才能知道最近发现的意义。这本书大部分讲述的是较早期的一些发现, 特别是有关构成普通原子 (ordinary atoms) 的一些粒子的发现: 电子、质子和中子。我也利用这些发现的故事顺势引入更早期的一些发现, 包括运动、电学、磁学及热学的一些定律。事实上, 我无意写一本为读者提供最近的物理学新消息的休闲读物。

但是, 如果不把本书的历史发现的主题与今日基础物理工作联系起来, 将会十分遗憾。因此我利用本书再版的机会指出这些连接点——例如马斯登-盖革实验 (Marsden-Geiger experiment) 揭示原子核存在和 20 世纪 60~70 年代证实夸克 (quark) 存在的实验之间的关联; 还有, 利用密立根测量电荷的技术在现代物理研究中寻找自由夸克和其他一些外来粒子



(exotic particles)。我也把较早一些物理学家的的工作，如麦克斯韦 (James Clerk Maxwell) 的电磁统一理论，对今日正试图完成的统一理论提供了一个范式 (paradigm) 做了解释。在最后一章，我增加了最近基本粒子发现的事例，也讨论了新的实验设备可能发现的一些粒子。

xvi 此次修订版由剑桥大学出版社出版似乎特别合适，因为大部分在本书中描述的亚原子粒子的发现，都是在剑桥大学卡文迪什实验室 (Cavendish Laboratory) 完成的。

斯蒂芬·温伯格

2002 年 9 月于得克萨斯州，奥斯汀