

◎ 《时间简史》作者霍金 《物理学之道》作者卡普拉大力推荐

请来敲敲费曼的门，他会指引你找到自己的路！

本书满载费曼对于人生的各种思考，也记录了他在人生最后旅程中对“弦理论”的研究，是一本心灵上与知识上同等丰富的书。



# 费曼的彩虹

物理大师的最后 24 堂课

Feynman's Rainbow  
A Search For Beauty In Physics And In Life

里昂纳德·曼罗迪诺◎著  
陈雅云◎译

陕西师范大学出版社

# 费曼的彩虹

物理大师的最后 24 堂课

## Feynman's Rainbow

A Search For Beauty In Physics And In Life

里昂纳德·曼罗迪诺◎著 陈雅云◎译

陕西师范大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

费曼的彩虹：物理大师的最后 24 堂课 / (美) 曼罗迪诺著；陈雅云译。—  
西安：陕西师范大学出版社，2007.1

书名原文：Feynman's Rainbow: A Search for Beauty in Physics and in Life  
ISBN 978-7-5613-3712-7

I. 费… II. ①曼…②陈… III. 长篇小说—美国—现代 IV. I712.45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 164329 号

著作权合同登记号：陕版出图字 25-2006-071 号

图书代号：SK7N0024

This edition published by arrangement with Warner Books, Inc.,  
New York, USA. All rights reserved.

## 费曼的彩虹：物理大师的最后 24 堂课

作 者：(美) 里昂纳德·曼罗迪诺

译 者：陈雅云

责任编辑：周 宏

特约编辑：辛 艳

封面设计：木头羊工作室

版式设计：李 洁

出版发行：陕西师范大学出版社

(西安市陕西师大 120 信箱 邮编：710062)

印 刷：北京市天竺颖华印刷厂

开 本：880×1230 1/32

字 数：110 千

印 张：6.5

版 次：2007 年 2 月第 1 版

印 次：2007 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5613-3712-7

定 价：18.00 元

拿到物理博士学位的美国人，一年不到八百人，全球可能也只有数千人。但是这一小群人的发现与创新科技却决定了我们的生活与思考方式。从 X 光、激光、无线电波、晶体管、原子能及原子武器，到我们对时空的看法、以及宇宙的本质等等，这一切全都来自这些全心奉献的人士。当物理学家就等于拥有改变世界的庞大潜能，也代表可以分享荣耀的历史与传统。

身为物理学家，最重要的岁月莫过于念研究所与刚从研究所毕业的那几年。在这段期间，你探索自我，发展职业生涯。本书谈的就是我在一九八一年刚从研究所毕业的那段时期，那时我是世界顶尖的研究机构加州理工学院（California Institute of Technology）的教员。

我在那里的经历很特殊。我刚到那里时，觉得茫然害怕，对自己的能力不确定，几乎设想不出自己的未来。但我非常幸运，因为我的办公室刚好跟本世纪最伟大的物理学家之一理查·费曼（Richard Feynman）在同一条走廊上。费曼在一九八六年的航天飞机委员会（Space Shuttle Commission）上成为全世界的头条人物，因为他把 O 型环（O-ring）浸在冰水里，再拿它敲桌子，证明它变得易碎，

他就这样解开了O型环失灵的谜团。这就是杰出的费曼，一个以常识击败电脑模型、以洞察力超越方程式的人。此前一年，费曼令人爱不释手的自传《别闹了，费曼先生》跃登畅销书排行榜。一九八八年，费曼过世后，在大众心中他已成为现代的爱因斯坦。然而在一九八一年，费曼在物理界以外几乎鲜为人知，其实数十年来他早已是物理界的传奇人物。

我的博士论文是探讨无限维的量子理论，这引起一些物理界耆老的注意，并因而获得研究奖学金。但我真的适合这个出了两位诺贝尔奖得主、周遭尽是全球菁英学子的地方吗？我日复一日地到办公室，思索物理学中未解的大疑问。但我没有任何灵感，而且我很确定自己早先的研究纯粹是侥幸，我永远不会有任何重大发现。我突然明白为什么加州理工的自杀率在美国各大院校中名列前茅。

有一天，我终于鼓起勇气去敲费曼办公室的门，并且惊讶地发现他很欢迎我。那时他刚动完第二次手术——那场可怕的癌症最终仍夺走了他的生命——在其后的两年，我们谈过许多次话，我也趁这些机会问他问题，例如我怎么知道自己具备必要的能力？科学家究竟是如何思考的？创造力的本质是什么？从这位人生快走到尽头的著名科学家身上，我终于明白科学与科学家的本质。更重要的是，我对人生有了全新的见解。

本书从一九八一年的冬天开始，讲述我在加州理工担任教员第一年的故事。它描绘了一位年轻物理学家如何寻找自己在世界上的定位，以及这位人生已至暮年的著名物理大师如何用智慧帮助这位年轻人。但本书也谈到费曼在最后几年的故事、他与同为诺贝尔奖得主的莫雷·盖尔曼（Murray Gell-Mann）之间的竞争、以及弦论

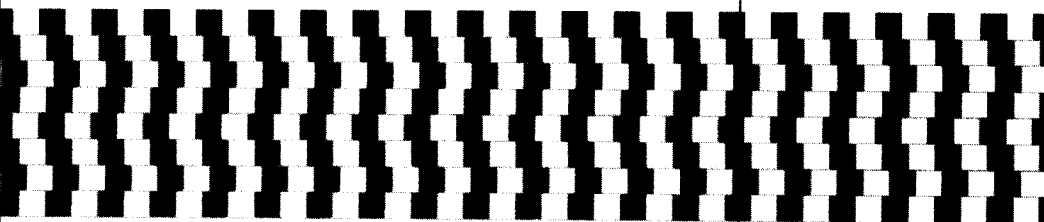
的开端，今天，弦论已经成为物理学与宇宙学未知领域的卓越理论。

请注意，本书讲述故事，但它并不是小说。在跟费曼的许多次对话中，我都做了摘记和录音，因为我对他实在太敬佩。本书中的楷体字部分就是来自这些笔记、以及一些讨论的誊本。我在本书中所描述的一切，都是我的亲身经历。但我整合和改变了事件，除了历史人物、以及我引用的特定人物外，我变更了其他所有的名字与性格，以便以最贴切的方式来描绘我的经历。

我非常感谢加州理工大学，因为那是个充满活力、令人兴奋的研究环境，也因为在此前，他们就对我充满信心；在此，也要特别感谢已故的费曼先生，他教导了我许多人生真谛。

# FEYNMAN'S RAINBOW

费曼的彩虹



1

~~ONE~~ FEYNMAN'S  
BUSINESS



在帕沙第纳市 (Pasadena) 的加利福尼亚林阴大道上，加州理工大学校园里一条橄榄树夹道的路旁，有一栋灰色水泥建筑物。一位头发略长、身形消瘦的男士踏进他那不大的办公室。走廊上一些年纪不到他三分之一的学生都停下脚步，惊讶地望着他。其实他今天不来办公室的话，也没有人会说什么，但是没有任何事情能阻止他前来，特别是手术，他不会再因为手术而作息大乱。

外头，明亮的阳光照耀着棕榈树，但已不像夏日时那么灼烈。山丘隆起，由棕转绿，随着比较宜人的冬季来临，植物开始重生。或许这位教授曾经想过，不知道自己还能见证多少次季节轮替；他知道最终病魔仍会夺走他的生命。他热爱生活，但他也相信自然法则，而不是奇迹。一九七八年，当他发现自己罹患罕见的癌症时，他就查阅过相关文献。一般来说，只有不到百分之十的病人有五年存活率，事实上，没人活过十年，而这已经是他的第四年。

大约四十年前，当他跟如今围绕在身旁的学生一样年轻时，他就曾向声誉卓著的期刊《物理评论》(Physical Review) 投过一系列的论文。这些论文里有奇特的小图，它们代表思考量子力学的新方法，而且不像物理学的标准数学语言那么形式化。当时没有多少人

信服这种新方法，但他心想，如果有一天这本期刊里到处都看得到这种图的话，一定很有趣。结果证明这些图代表的方法不仅正确、实用，也是一大改革，在一九八一年末的那一天，他的图在《物理评论》里无所不在。它们可说是最著名的图，而他则可说是最著名的科学家，至少在科学界是如此。

过去几年，他一直在研究一个新问题。他在学生时代想出的方法，用在量子电动力学的理论上非常成功。量子电动力学谈的是电磁力的理论，电磁力控制绕原子核运行的电子行为和其他作用，而这些电子则是赋予原子化学与光谱性质（亦即它们放射与吸收的光的颜色）的物质。因此，研究这些特殊电子及其行为的学问，就称为原子物理学。但是自从这位教授的学生时代以来，物理学家在所谓核子物理学的新领域已经有长足的进展。核子物理学的研究范围已经超越原子的电子结构，开始深入原子核内质子与中子之间、可能激烈得多的交互作用。虽然质子也受制于控制电子行为的电磁力，但是这些交互作用是由一种比电磁力更强的新力量所控制，亦即名符其实的“强作用力”（strong force）。

为了描述强作用力，科学家发明了一个重要的新理论。它在数学上与量子电动力学有一些相似之处，而它的名称“量子色动力学”（quantum chromodynamics）也反映出这些相似性（尽管它的字根是chromo，但它跟色彩毫无关联）。大体上，量子色动力学是以精确、定量的方式来描述质子、中子与相关粒子，以及它们如何互动，例如它们可能的结合方式及互撞行为。但我们如何从这个理论得出有关这些过程的描述？这位教授的方法主要应用于这个新理论，但实际上仍会遇到复杂的问题。虽然量子色动力学已经有一些进展，但

在许多情况中，这位教授和其他人都不知道要如何运用他的图或其他方法，来从这个理论得出精确的数字预测值。当时理论家甚至无法计算质子的质量，尽管实验主义者早就精确测量出这个非常基本的数值。

这位教授心想，或许他可以把剩余的人生岁月，拿来思考量子色动力学的问题，这可是当时最重要的领域之一。为了让自己有研究的精力与意志，他鼓励自己说，多年来尝试解决这个问题却徒劳无功的人，都缺乏他的一些特质。这些特质究竟是什么，他——理查·费曼并不确定：或许是他那古怪的做法吧。但无论这些特质是什么，对他的帮助都很大，至少帮助他赢得了一座诺贝尔奖；其实以他一生中在种种领域的重要突破，就算再颁给他两三座诺贝尔奖也不为过。

同样是一九八〇年，在柏克莱北边数百英里远，一位年纪小得多的年轻人寄出两篇论文，说明自己如何运用新创的方法，解决原子物理学上的古老谜团。他的方法的确解开一些难题，但这当中有个陷阱。他运用想像力所探讨的世界，是一个拥有无限维的空间，也就是说这个世界不仅有上下、左右和前后，还有无数其他方向的阵列。研究这样的宇宙，真的对我们的三维存在有任何用处吗？这个方法能用于其他的研究领域，例如更现代的核子物理学领域吗？这个研究领域应该大有可为，毕竟这个学生就是因此而得到加州理工的初级教职，并且办公室还跟费曼的在同一条走廊上。

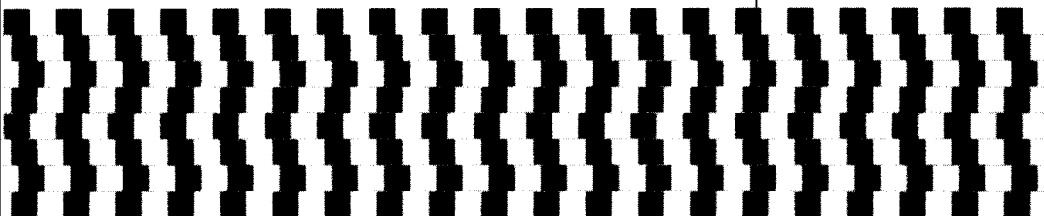
在接获聘任后的那一晚，我想起半辈子前，有一次我躺在床上辗转反侧，猜想隔天初中开学的情形。我想起那时候自己特别担心体育课，还有跟其他男孩一起淋浴的事。其实我真正害怕的是被嘲

笑。在加州理工，我的一切也同样容易被人看穿。在帕沙第纳，没有指导教授，没有精神导师，只能自行思索优秀的物理学家所能想到的最艰难的问题。对我而言，没有卓越见解的物理学家就像活死人一样。在加州理工这类地方，这样的人不会有人愿意亲近，而且很快会被解雇。

我有没有卓越的见解呢？或者我根本就不该提出这样的问题？我开始去找办公室在走廊另一边、那位头发稍长、身体消瘦、岁月无多的教授谈话，而这位长者告诉我的话，就是本书的主题。

# FEYNMAN'S RAINBOW

费曼的彩虹



# 2

Two | FEYNMAN'S  
PERSPECTIVE

其实这个故事始于一九七三年的冬天，当时我待在以色列耶路撒冷附近位于山麓小丘的集体农场。我的头发长及肩膀，在政治上倾向和平主义，但我之所以到那里，却是因为一场战争，由于那场战争是在犹太教的赎罪日开打，后来就依开战日之名，命名为赎罪日战争（Yom Kippur War）。虽然在我抵达时战争大致已经结束，但是余波依旧荡漾。军队持续动员，导致劳工严重短缺。我在大二期间休学，前去帮忙。

当年我二十岁，自觉已经是大人，其实我只是个有人引导、备受关照的孩子。那次在集体农场的生活，让我获得许多第一次的经验——那是我第一次出国，第一次照顾家畜，第一次在防空洞里躲空袭，也是我第一次在没有音响、电视、电话和私人浴室这类我们视为理所当然的设备下生活。

在那里，每天晚上几乎都无事可做，顶多只能跟其他的志愿者聊聊天，看看星星，或是到集体农场的小“图书馆”去，那里有十几本英文书。其中有些是物理学的书，显然是农场里某个曾到美国念大学的人捐赠的。我在大学是双主修——化学和数学，认识我的人都认为我以后会到一流的大学当化学教授。我的成绩向来很好，

从很早以前大家就知道我的两大兴趣是化学和数学。我在高中修的“进阶”物理学，枯燥又乏味。我不像大家那么重视牛顿——有谁会觉得球从斜坡滚下的速度、或从二楼掉下的重物所受到的力很有趣？那跟我在化学实验室做烟火和火箭，或跟在数学课上向往的弯曲空间（Curved Space），简直不能比。但是在选择少得可怜的情况下，我最后还是翻开了那些物理书。

其中有一本平装书《物理之美》（The Character of Physical Law），作者是我好像在哪儿听过的人——理查·费曼。那本书是他在二十世纪六十年代的讲学内容，我翻开来看，他在没有运用任何数学的情况下，解释了现代物理学的原理，特别是量子理论。

其实“量子理论”并不是关于某一对象的专门理论，而是一种理论类型。任何以“量子假说”为基础的理论都是量子理论，量子假说是蒲郎克（Max Planck）在一九〇〇年提出的，内容陈述特定的物理量（例如你的能量）仅能有特定的离散值。举例来说，位于地表特定高度时，你具有重力位能。在空气阻力不计的情况下，如果从该高度落下，那就是你撞击地表时的能量。根据量子重力理论（quantum theory of gravity），你的重力位能不是任意值，而是离散的。在仅比地表稍高的位置，会对应一个最小可能能量。最近在一个研究中子的实验中，已经测出对中子而言，这个最小能量对应的高度大约是万分之五英寸。如果你的尺只有一般的精确度，大概不可能测出这个限制。然而，在研究中子、原子核或原子时，量子效应很重要。

不含蒲郎克量子假说的理论称为古典理论（classical theories）。在一九〇〇年前，物理学的所有理论显然都是古典理论。在大多数



的情况，古典理论很够用，除非你开始探讨原子或更小尺度的行为差异。而其后百年的大半岁月中，这也是大多数物理学家的焦点所在。

在二十世纪的头几十年，物理学家努力找出蒲郎克量子假说的重要影响。其中之一是著名的测不准原理（Uncertainty Principle），它指出我们无法同时精确得知特定的两个值。例如，如果以极高的精度决定某物体的位置，则无法非常准确地得知它的速度。同样地，对于我们日常碰到的大物体，这些限制不会引起注意，但是对于原子的构成要素，这些限制会造成极大的差异。

量子理论另一个重要影响是物理学家所谓的“波粒二象性”（wave-particle duality），它指出在特定的情况下，粒子（例如电子）会表现出波的行为，反之亦然。例如，如果你连续朝墙上的微细狭缝射击电子，它们在通过细缝时会散开成环状波纹，如同通过狭缝的水波。如果在墙上开两道狭缝，你会看到干涉波纹，跟两道水波相遇时的波纹类似。一个呈现波性质的电子是在空间中散开的电子，它的行为仿佛某种无所不在的介质的激发，而不是一个离散的物体。另一方面，波粒二象性也告诉我们，在一些情况中，能量的波会表现出类似粒子的行为，其中一个例子就是光。多年来，我们大多认为光是一种类似波的现象。例如它在穿过透镜时产生曲折、或在穿过棱镜时分光的现象。但它也具有粒子行为，是一个离散的区域化物体，称为光子。光的这个概念证明是了解光电效应的关键，在光电效应中，特定金属在被光子撞击后会射出一个电子。爱因斯坦是第一个接受量子假说、视之为基本物理定律的人，他在一九〇五年一篇著名的论文里，从这些观点解释光电效应特定的神秘性质。（他