

# 宇宙密码

佩格斯 著

安芳 译

陶南 校

中国科学技术大学出版社

Heinz R. Pagels  
THE COSMIC CODE  
A BANTAM NEW AGE BOOK,

宇宙密码

〔美〕 H. R. 佩格斯 著

朱栋培 陈

周南 校

责任编辑：育之 封面设计

中国科学技术大学出版社

（安徽省合肥市金寨路96号）

安徽省合肥永青印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本：787×1092 1/32 印张：10.75 字数：227千

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

印数：1—3000册

ISBN 7-312-00089-4/O·42 定价：2.70元

## 译者的话

我们向读者推荐美国物理学家佩格斯的科普读物《宇宙密码》。

这是一本很好的书。它及时地把物理科学，特别是微观物理的最新成就通俗地介绍给读者。书中对物理问题的描述清晰而又形象，比喻生动而又不致扭曲科学内容。许多理解是一般的教科书里读不到的。有些还是专家们正在消化的东西也已展现在这里。我们相信各个方面、各个层次的读者都能从中得到收获，就是这方面的专业人员也会从中获益匪浅。当然有些观点(别人的或作者的)还待商榷，但它们确是一家之言。

这不是一本一读就什么都懂的书。由于涉及的问题相当深刻，而作者又力求精确地表述科学的内容，因此好些地方是需要读者有一定的耐心和仔细咀嚼的。咬破硬壳，便是甜汁。多一次阅读一定会给你带来新的启发和理解深化的欢乐。

不是每个人都能有幸从事科学探索的事业，但科学并不是少数人自私的享乐。除了科学带来的技术进步会极大地造福于人类之外，随科学进步而来的人类对世界的认识深化和思想提高也是我们的宝贵财富。及时地把科学发展的具体内容和思想升华传播给广大群众，必将大大地促进我们物质文明和精神文明的发展。这是我们向大家介绍这本书的目的。

我们当然更期望我国广大的科技工作者能够写出迅速反映最新科学成就的、植根于我们深茂民族文化之林的、把科学性和通俗性结合得更好的优秀科普作品来。

2012/1/05

## 前 言

作为一个物理学家，我愿意同别人一起分享新近物理发现带来的激动和欢乐——这些发现对于物质的最终结构，关于宇宙的起源和终结，关于新的量子实在提供了深入的理解。最近十年里物理学家学得的关于宇宙的知识比以前几个世纪都多——他们已经看到了一幅新的关于实在的图象，要求改变我们原来的想象。那眼前的世界既非物质也非精神，乃是看不见的能量组织。

这本书分为三部分。第一部分，“通往量子实在的道路”，描述了原子量子理论的发展。要把握住量子实在，就要求我们从一个看得见、摸得着的实在转变到一个只能用智力来理解但可用仪器来探测的实在。这个由量子论描写的世界并不象经典物理那样诉诸于我们的直觉。量子实在是合理的，然而看不见。

旧物理不同于量子物理的另一方式犹如钟的决定性不同于弹球机的偶然性。量子理论隐含着把随机性作为实在的基础。爱因斯坦从不接受这一点，他表示反对说：“我不相信上帝在玩骰子。”今天差不多每一个物理学家都相信“上帝是在玩骰子的”。我们要看看掷骰子的上帝手中的随机性以及它对实在世界的含义。

这书的第二部分描写了“驶向物质深处”的航行。物理学家们把人类的知觉延伸到最远的时间和空间，深入到物质的结构。他们发现，在原子和分子以外存在着一个新的王国。

原子的内心是核。把原子核束缚在一起的那种力也产生了一组新的称为强子的粒子——以前从未见过的物质形式。而这些强子又由更基本的称为夸克的粒子组成。物理学家们已经深入到夸克和其他量子粒子的天地，宇宙万物都可由这些粒子构造出来。在我们的仪器所能达到的最小尺度内，物理学家已经发现了统一自然界各种力的基本规律。

要理解这些基本粒子的世界，需要我们把量子论与爱因斯坦关于时间和空间的狭义相对论结合起来。这一结合的产物称为相对论量子场论，它能描写量子粒子的产生和消灭。它代表了本世纪的伟大智力成就，并完成了物质世界的一幅新的图象。物理学家应用复杂而优美的关于对称性的理论，找到了他们几十年以来梦寐以求的统一场论。这种物理理论的语言是高度数学化的，然而，它对让许多人来分享这些新近发现的欢乐是个障碍。因而在本书中，我们将不用数学。

利用新的统一场论，物理学家们再现了创世时大爆炸最初几秒钟的情景。那时宇宙还是一个夸克和其它量子的旋转火球。我们知道的每一样东西都来自这个火球。本书中描写了我们的宇宙是怎样从一个个相继的对称破缺中产生，以及它可能怎样结束。

最后有一个简短的第三部分，“宇宙密码”。它描写物理规律的本质和物理学家怎样发现它们。这一部分也反映了我个人对科学事业的看法——通过科学和技术的活动，将我称之为宇宙密码的宇宙秩序变成了历史演变的程序。现代世界是对这些量子 and 宇宙的挑战性发现的反响，这些发现将继续塑造我们的未来并改变我们对于实在世界的看法。

纽约州, 纽约 科罗拉多州, 奥斯本 1981

# 目 录

译者的话

前 言

<b>第一部分 通往量子实在的道路</b> .....	( 1 )
1. 最后的经典物理学家.....	( 3 )
2. 创立广义相对论.....	( 26 )
3. 第一个量子物理学家.....	( 50 )
4. 海菇兰岛上的海森堡.....	( 60 )
5. 不确定性和互补性.....	( 72 )
6. 随机性.....	( 89 )
7. 看不见的手.....	( 98 )
8. 统计力学.....	( 108 )
9. 平地生波.....	( 123 )
10. 薛定谔之猫.....	( 136 )
11. 一个量子力学神话.....	( 143 )
12. 贝尔不等式.....	( 149 )
13. 实在市场.....	( 166 )
<b>第二部分 驶向物质深处</b> .....	( 181 )
1. 物质显微镜.....	( 183 )
2. 航程的开始: 分子、原子和核.....	( 198 )
3. 强子之谜.....	( 208 )
4. 夸 克.....	( 214 )

5. 轻子.....	( 228 )
6. 胶子.....	( 239 )
7. 场、粒子和实在.....	( 252 )
8. 存在和虚无.....	( 261 )
9. 全同和差异.....	( 266 )
10. 规范场论革命.....	( 275 )
11. 质子衰变.....	( 291 )
12. 量子 and 宇宙.....	( 298 )
<b>第三部分 宇宙密码.....</b>	<b>( 309 )</b>
1. 规律的产生.....	( 311 )
2. 宇宙密码.....	( 329 )



## 第一部分

# 通往量子实在的道路

上帝可能很狡黠，但他不  
心怀恶意。

——阿尔伯特·爱因斯坦

1911

1911

1911

1911

1911

# 1 最后的经典物理学家

有时一个人会感到超越了人类的局限和缺陷。此时他想象自己站在一个小小星球的某处，惊异地注视着外在永恒那深不可测的冷漠然而深刻动人的美：生与死融为一体，没有进化也没有命运，只有存在。

——阿尔伯特·爱因斯坦

作为一个在费城郊区长大的孩子，我有一些崇拜的英雄。爱因斯坦是其中之一。从报纸和星期日增刊上关于爱因斯坦的消息里，我知道了他正在搞一个什么统一场论。在爱因斯坦之前，科学家以为空间永远延伸下去——宇宙是无限的。但是爱因斯坦提出的是一个三维空间弯曲的观念。这使我很兴奋，因为它意味着宇宙可以是有限的。

想象一下你坐在飞机上，环绕我们地球的表面飞行。如果你在任一方向向前飞行足够长时间的话，你会回到原来的出发点，绕着世界走了一圈。我们可以将地球的表面看成一个二维弯曲空间，一个有限的面。它本身封闭，没有界线或边缘。但很难用同样的方式来看到一个本身封闭的三维曲面。不过我们可以想象在任一方向飞往宇宙，保持恒定的航程，而最终回到了出发点。正象在飞机上的环球飞行一样，我们永远不会碰到一个物理的边界，一个停止的标记说，宇

宙到此为止。爱因斯坦在其广义相对论里证明了，宇宙的三维空间可以绕自身弯曲并且可以是有限的，正如地球弯曲的表面一样。

当我向我的朋友和棒球伙伴们解释这些的时候，他们以为我疯了。但我很自信并且很得意，因为我有爱因斯坦撑腰。后来我知道，爱因斯坦早就料到人们会滥用他的权威。有次他曾讥讽地说：“由于我反叛任何形式的权威，老天把我搞成个权威以示惩罚”。

我从来没有见过爱因斯坦。在我去普林斯顿唸物理以前他就去世了。但我曾同他的朋友和合作者谈过话，其中许多人和爱因斯坦一样是难民。爱因斯坦出现在20世纪物理学诞生的时候，他可以说是20世纪物理学之父。

20世纪物理学脱胎于以前的“经典”物理学，后者是17世纪后期牛顿(Newton)开创的。牛顿发现了运动和引力定律，并成功地把它们应用于描写行星和月亮的复杂运动。在牛顿之后的一个世纪里，出现了对宇宙的一个新解释：决定论。按照决定论，宇宙可以看作是一座大钟，在创世时由神的手把它开动，然后置之不受任何干扰。整个物质创造物的运动，无论巨细都可以用牛顿定律绝对精确地预言。偶然性在此无立足之地。未来是由过去精确地决定的，就如一只钟的走动一样。虽然我们人类的心智实际上永远不能把握住这个大钟所有部件的运动而知道未来，但我们可以想象，全知的上帝能够做到这一点，并且能看着过去和未来的时间如同山脉一样起伏绵延。

这个牛顿定律蕴含的刻板决定论，激起一种对我们在宇宙中地位的安全感。一切发生的——人生的悲剧和欢

悦——都是注定的。客观的宇宙独立于人类的意志和目的而存在着。我们怎么样也不能使它改变。世界大钟的轮子转动着，它和远处星星的默默运动一样，对人类生活毫无关系。从某一方面来说，来世早已注定了。

尽管今天看起来很奇怪，但完全的决定论是能从经典物理学导出的唯一结论。甚至19世纪的伟大科学进步——称为热力学的关于热的理论，和由苏格兰物理学家麦克斯韦(Maxwell)所创立、作为电磁波的光的理论——也是在决定论物理学的框架内建立的。这些理论属于经典物理的最后胜利，在今天它们仍被看作重要成就，但它们支持的决定论世界观却不行了。这种世界观的失败并不是由于某种新的哲学或意识，而是因为到了19世纪末，实验物理学家深入到了物质的原子结构。他们发现物质的原子表现出一种随机的、无法控制的行为，而这是决定论的牛顿物理所无法说明的。对这些新的实验发现，理论物理学家作出了响应，在1900年到1926年间创立了一个新的物理理论——量子论。

当1900年最早提出量子论时，对它与牛顿物理的决裂是不可避免的这一点还是不清楚的。在1900年到1926年间人们曾试图把原子的量子论和决定论物理学调和起来。物理学家们希望，就是那个大钟的最小轮子即原子也遵循牛顿的决定论定律。1926年以后就很清楚了，与牛顿物理的根本决裂是不可避免的，决定论已经不能用了。

爱因斯坦和在他之前两个世纪的牛顿一样，是物理学史上一个主要转折的象征。牛顿完成了由伽利略开始的从中世纪经院物理学到经典物理的转变；爱因斯坦倡导了从牛顿物理到一个新的非牛顿物理学，原子和辐射的量子理论的变化。

曾经开创了通向打破决定论世界观的新量子论道路的爱因斯坦却反对新量子论，这真是历史的嘲弄。他在理智上无法接受，物理实在的基础竟由机遇和随机性所左右。他竟还带领了一小拨物理学家，经过一段时期的努力试图去开发量子理论的世外桃源。他不相信现行量子论给出了物理实在的完全图象。爱因斯坦是最后的经典物理学家。

为什么爱因斯坦在其同行都接受的时候还拒绝新量子物理解释——实在的最终随机性？对此问题的回答可不那么简单。爱因斯坦的拒绝不只反映了他理性的抉择，而且还可追溯到他在德国渡过的孩提时代所形成的个性和特点。看看他的儿童时代我们就会发现他以后执着于经典世界观的线索。

1879年3月14日，爱因斯坦出生于德国乌尔姆一个斯瓦比犹太人的中产家庭。不久他家迁往慕尼黑，在那里爱因斯坦的父亲开了一个小小的电化商店。爱因斯坦并不是一个出众的孩子，对单词的记忆力很差，常常轻轻地咕哝着重复别人的话。他靠空间的而不是语言的帮助来思考；他能用卡片搭出很高的纸塔，并且喜欢益智游戏。当他四岁的时候，他的父亲给了他一个磁罗盘。七十年以后，他在收于《爱因斯坦：哲学家-科学家》中的“自传札记”里回忆了这个罗盘引起的惊奇：它“与无意识的观念世界中关于事物的本性格格不入……。”

爱因斯坦的母亲和父亲鼓励孩子的好奇心。在对爱因斯坦童年的心理分析研究中，爱里克森称他为“阿尔伯特，胜利的儿童。”在爱因斯坦的性格和成长中的某些事情，促进了他笃信宇宙和生命的深刻意识。这种笃信以及它带来的自

信是活跃在人类知识前沿的独立自主思想的基础。

他的家庭有着一种自由的非宗教的影响。他们并没有受过什么特别教育，但却尊重学习并且喜欢音乐。他的宗教上很随便的父母把孩子送到一个天主教学校内，在那里爱因斯坦接触了宗教的礼仪和形式。但这一交道并没有持续下去。在六十七岁时，爱因斯坦写了关于他早期从宗教到科学的感情和理智的长期转变。“自传小札”中的这些描述显示了他行文特征的简洁和力量。

“在我还是一个相当早熟的年轻人时，那种无休止地追逐着大多数人一生的无意义的希望和奋斗已经相当活跃地进入了我的意识。很快我就发现了这种角逐的残酷性。在那时候这种残酷性是用远比今天更甚的伪装和粉饰的言词仔细地掩盖着的。单单由于肚子的存在，每个人都被迫去参与这种角逐。靠着这种参与是可能使肚皮满足的，但这并不是一个有思想和感觉的生命。宗教是第一条出路，传统的教育机器把它灌输给每一个儿童。这样，尽管我是不信教的（犹太）双亲的儿子，我还是变成了一个教徒。但这在我十二岁时突然终结了。通过阅读科普书籍，我很快领悟到，圣经里的许多故事不是真的。我认为青年被政府用谎言故意地欺骗了。于是成了一个狂热的自由思想者。这是一个摧毁性的看法。由此经验而形成了我对任何任形式的权威的怀疑，对于盛行于任何特定社会环境中的习俗持怀疑态度。这种态度再也没有从我身上消失，虽然以后由于看透了因果关系，态度不再象原来那样激烈了。

对我很清楚的是，那个失去的青年人的宗教天堂是

我企图把自己从“纯粹个人”，从一个由希望、欲念和原始感情所主宰的生存物中解放出来的第一个尝试。外面有着巨大的世界，它不依赖于我们人类而存在着。它站在我们面前，象一个巨大的、无穷无尽的谜，但至少部分地可为我们的观察和思考所接近。沉思这世界象是一种解脱。我很快发现许多我知道要尊重和羡慕的人，在其献身的职业中找到了内在的自由和稳定。在可能的框架中思维上把握住这个超人的世界，这作为我的最高目标半自觉、半不自觉地在我的心眼里游晃。过去和现在被类似的动机激励起来的人，以及他们已经获得的理解，都是我不会失去的朋友。通向这一天堂的道路不象通向宗教天堂的道路那样舒服和迷人；但已证明它是值得信奉的，对此选择我从不感到遗憾。”

这一段表白了从个人宗教到科学的“宇宙宗教”的转变，这段经历从此改变了他的生活。爱因斯坦看到，宇宙为规律所统治，这种规律可以被人们所认识，但它独立于我们的思想和感觉。宇宙密码——为经验所证实的物质实在的规律——的存在是驱动自然科学家的基础信念。科学家在那密码中看到实在的永恒结构，不是由人或传统硬刻上去的而是记录在宇宙的每一个客体内。关于宇宙本性的这一认识，对年轻人的头脑来说是一个深刻的、激动人心的体验。

在本世纪转折时许多知识分子的传记里记载着类似的转变。宗教和家庭的信条被来自文学、政治或科学文化的影响所替代，表现为主张个人自主、反对父母、社会或者宗教权威主义的行为。对爱因斯坦而言，这一事件的影响是把他自己从“由希望、欲念和原始感情所主宰”的凡胎中解脱出来。他



转向思考宇宙，一个非常壮丽的、有秩序的系统。在他看来，这系统是完全决定了的，并且与人类的意志毫不相干。关于实在的经典世界观满足了年轻爱因斯坦的要求。实在，不依赖于我们怎样询问它。这一思想可能那时就已灌进了他的头脑。早期对经典决定论的皈依是他后来反对量子理论的主因。量子论主张基础的原子过程是随机地发生的，并且人的打算会影响实验的结果。

在12岁时，爱因斯坦从他舅舅雅各布那里得到了欧几里德的几何学课本，“神圣的几何书”。于是欧几里德的书就成了他的圣经。欧氏几何借助于推理而不是权威和传统。这新的思考方式吸引着爱因斯坦，使他激烈地反宗教，并且向学校的权威性和纪律挑战。毫无疑问，这孩子是个难弄的学生。他憎恶德国学校的军事化组织。他很少有同龄的伙伴。甚至有一次他被一个教师赶出学校。这教师声称，单是他在教室里的出现就足以破坏教学的进行。

爱因斯坦14岁时，他父亲经商失败，家庭搬到意大利。阿尔伯特一开始没有和他们一起去。1894年间他留在慕尼黑，打算上完大学预科学校，但是到年底他被学校踢出，于是到意大利去和他家庭会合。第二年，他大部分时间都在意大利游荡。他以为预科学校老师的推荐足以使他进入大学，这当然不行。他必须要经过考试才能进入苏黎世工学院，而考试没通过。1895年秋天，他进了阿尔干的州立学校，这是一座巴斯塔洛奇\* 宽容传统下的瑞士预科学校，他很喜欢这样的学校，学得很好。在那儿他获得了文凭。1896年，他进

---

\* 瑞士教育学家 (1746—1827)——译者注。