

QUANTUM

美国2010年度亚马逊十大科学畅销图书
英国2009年度萨缪尔·约翰逊非小说类图书奖

量子理论

科学可以这样看丛书

[英] 曼吉特 库马尔 (Manjit Kumar) 著
包新周 伍义生 余瑾译

爱因斯坦与玻尔

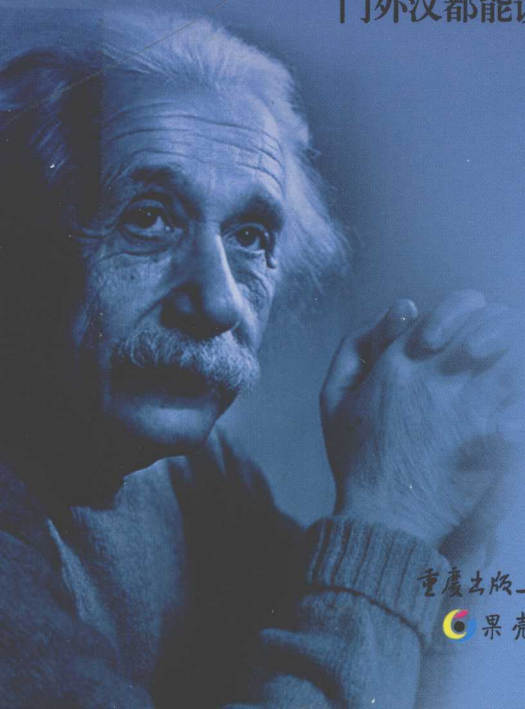
关于世界本质的

伟大论战


令人瞠目结舌的科学成果，远非出自常人理解的理性思维……好好读，放轻松，细细品，上帝震撼，心灵冲击，非幻非梦。

一本**超级对撞**之书

门外汉都能读懂的世界科学名著



重庆出版集团  重庆出版社



 果壳文化传播公司

科学可以这样看丛书

量子理论

爱因斯坦与玻尔
关于世界本质的伟大论战

[英]曼吉特·库马尔(Manjit Kumar) 著
包新周 伍义生 余瑾 译

重庆出版集团  重庆出版社
 果壳文化传播公司

QUANTUM by Manjit Kumar

Copyright © 2008 by Manjit Kumar

This edition arranged with The Science Factory Limited through
Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese edition copyright: 2011 Chongqing Publishing House

All Rights Reserved

版贸核渝字(2011)第 128 号

本书中文简体字版由科学工厂版权代理公司授权重庆出版集团·重庆出版社在中国大陆地区独家出版发行,未经出版者书面许可,本书的任何部分不得以任何方式抄袭、节录或翻印。

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

量子理论:爱因斯坦与玻尔关于世界本质的伟大论战/(英)曼吉特·库马尔(Manjit Kumar)著;包新周,伍义生,余瑾译.一重庆:重庆出版社,2012.1

(科学可以这样看丛书/冯建华主编)

ISBN 978-7-299-04434-3

I. ①量… II. ①库… ②包… III. 量子论—普及读物 IV. ①0413-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 161152 号

量子理论

QUANTUM

——爱因斯坦与玻尔关于世界本质的伟大论战

[英]曼吉特·库马尔(Manjit Kumar)著 包新周 伍义生 余瑾译

出版人:罗小卫

责任编辑:冯建华

责任校对:李小君

封面设计:重庆出版集团艺术设计有限公司·刘 尚



重庆出版集团
重庆出版社

出版



果壳文化传播公司 出品

重庆长江二路 205 号 邮政编码:400016 <http://www.cqph.com>

重庆出版集团艺术设计有限公司制版

重庆升光电力印务有限公司印刷

重庆出版集团图书发行有限公司发行

E-MAIL: fxchu@cqph.com 邮购电话:023-68809452

全国新华书店经销

开本:720mm×1 000mm 1/16 插页:16 印张:21.5 字数:342 千

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-229-04434-3

定价:55.80 元

如有印装质量问题,请向本集团图书发行有限公司调换:023-68706683

版权所有 侵权必究

没有量子， 我们生活的这个世界 将会是一种什么样的景象？

爱因斯坦目视着正前方，右手紧握着椅子，看上去很不自在。是衣服上的燕子领和蝴蝶领结让他不舒服，还是上个星期他所听说的某些事情令他不安？

玻尔的笑容有点古怪，但看起来很放松。对他来说，这次会议开得很好。然而，等他返回丹麦的时候会失望的，因为，关于量子力学对客观存在的性质昭示了些什么的问题，他没能说服爱因斯坦去采纳他的“哥本哈根解释”。

当爱因斯坦参加卓别林的电影在洛杉矶的首映式时，一大群人看见他俩时发出了狂热的欢呼。“他们向我欢呼是因为他们全能理解我的作品，”卓别林告诉爱因斯坦，“而他们向您欢呼则是因为谁也不能理解您的作品。”

乘坐哥本哈根市内轻轨电车，玻尔和爱因斯坦用德语进行了热烈的谈话，对其他乘客好奇的目光视而不见，结果远远地坐过了头……来来回回好多次都乘过了站。

对原子的描述，历来说它像一个小太阳系，电子围绕着原子核旋转，在当今的学校中也仍然是这样教的。但这种描述其实已被放弃，取而代之的是一个无法用视觉方式感知的原子。

原子中的一个电子可以先处在某个位置上，然后，又像变魔术一样地在另一个地方出现，而不必经过中间地带的任何地方。它的奇怪程度就好比一个物体在伦敦神秘地消失，刹那间又突然在巴黎、纽约或莫斯科再现。在经典的或非量子物理学中，这种现象是无法理解的。

美国诺贝尔奖得主穆雷·盖尔曼把量子力学描述为“神秘的、令人琢磨不透的学科，我们谁都谈不上真正理解，我们只是知道怎样去运用它”。于是我们也就运用上了。有了量子力学，从计算机到洗衣机，从移动电话到核武器，所有这些东西才成为可能，是量子力学推动和造就了现代世界。

Praise for *Quantum*

对《量子理论》一书的赞语

“发现与质疑、友谊与竞争,几十年情感交织的历程跨越两次世界大战,淋漓尽致,异彩纷呈。清楚明白地对科学及其在哲学上的意义做出解释,很适合普通读者。不过,可能最有意思的是,尽管作者很令人佩服地想做到公平客观,但读到最后,不能不令人感到《量子理论》这本书是对阿尔伯特·爱因斯坦的形象充满激情的重新塑造。”

——斯蒂芬·普尔(Steven Poole),英国《卫报》

“这本书之所以如此具有可读性,实际是因为它对相关的科学家以及他们的背景都作了生动的刻画……惊人的科学,离奇的推理……轻松阅读,细细品味,发人深省,不求虚幻。”

——尼古拉斯·列扎德(Nicholas Lezard),本周平装书排行榜,英国《卫报》

“库马尔是个技巧娴熟的作家,懂得怎样从有时艰涩的数学推导中提取出精彩的角逐情节。在《量子理论》一书中,他讲述了当年两位最具实力的智者之间的矛盾:极为著名的爱因斯坦和稍逊一筹但同样光辉夺目的丹麦人尼尔斯·玻尔。”

——《金融时报》

“曼吉特·库马尔的《量子理论》是一本强力对撞之书,形形色色、自由思想的物理学家,勾兑出一杯奇异的鸡尾酒。挖掘出他们之间剪不断理还乱的相互关系,看出这个大旋涡中飞出了什么样的上帝般的粒子和黑洞。这个理论体系的形成过程,让所有其他科学革命显得相形见绌。他的这部学术史,可能是迄今所有有关这个理论体系的著述中最为明晰详尽的一部。”

——《独立报》

“曼吉特·库马尔的《量子理论》一书写得确实不错,我现在感到自己多少

找到了一点粒子物理学的感觉。《量子理论》一书是跨类别的——它是历史，是科学，是生物学，也是哲学。”

——《卫报》年度书评读者

“可读性很高……描述 20 世纪物理学的科普读物中又添了一本大受欢迎的新作。”

——《自然》杂志

“库马尔把爱因斯坦和玻尔之间的冲突碰撞，以及针对量子理论‘否定了客观存在’这一焦虑心态写得优雅别致，让人易于理解量子物理学。”

——《苏格兰星期日》

“能同时全面把握好哲学和历史题材的作家本来就很少。能把这些讲得既符合大众口味又有娱乐性的就更少。如果说还不能给库马尔打个满分的话，那也只是因为这本书的鸿篇巨制所致。”

——安德鲁·克鲁梅(Andrew Crumey)，《每日电讯》

“曼吉特·库马尔所著《量子理论：爱因斯坦与玻尔关于世界本质的伟大论战》，是迄今见到的关于现代物理学核心奥秘的最佳指南之一。”

——约翰·班维尔(John Banville)，年度书评读者，《年代》，澳大利亚

“人的个性与物理学研究的交织，而且都诡谲离奇，令人想要一探究竟。库马尔对爱因斯坦、玻尔和其他人在各自的圈子中，就亚原子层面进行的论争讲述得引人入胜而又易于理解。”

——《独立报》

“曼吉特·库马尔在这本权威专著中探究了这些口沫横飞而不知所以的论战幕后的原因，揭示了这个理论的背后究竟是什么，以及它对科学发展的终极意义是什么……这本见解独到的著作把这场论战引向了一个新的领域。”

——《好书指南》

“《量子理论》一书新颖、震撼、精彩。描述了现代科学中一些最重要的理

对《量子理论》一书的赞语

论的形成过程,探讨了它对人们关于世界本质和人类知识的观点有什么意义,同时对创造科学的人们作了刻画入微和见解独到的描绘。强烈推荐。”

——英国书囊公司

“这是一本关于一个思想的传记,正因为如此,让人读来很像悬疑小说。”

——哈姆和海伊(Ham&High)

“这场革命,甚至在人们还没有完全意识到之前,就已经改变了科学的面貌,以及我们对客观世界性质的认识,而且是永远的。这一力作写得漂亮,描写了科学界贯穿 20 世纪针对客观世界的基础进行的激烈辩论,同时也观察了量子理论两位伟大人物,爱因斯坦和尼尔斯·玻尔,在个人思维方式和信仰方面的碰撞……这相当于把《爱丽丝漫游奇境记》从兔子洞搬到宇宙背景中上演。瞧一眼吧。”

——《奥德赛》,南非

“库马尔带领我们遍历种种进展、混乱和失误,从这一切当中,清晰地呈现出来的却是,科学研究实际上是一项伟大的国际间集体努力过程。”

——《爱尔兰时报》

“库马尔这本书的与众不同之处在于,它比好多同类的书让我们看到得更多,从而让我们看到了本来不知道的东西。”

——spiked-online.com 网站

“一部历史,起伏跌宕,强烈震撼,写得极好。”

——《出版新闻》

“对这场辩论的一次全新审视。”

——《出版业协会》

“本年度出版的最重要的科普读物。”

——书商

Quantum

“很精彩……曼吉特·库马尔别具匠心地把科学、历史和人间悲喜剧全都编织在一起,创造出这样一本书,与多数科学读物大不相同,它通俗易懂,引人入胜,使人不得不一页接一页读下去……很值得推荐。”

——top10. supersoftcafe. com 网站

“一部 20 世纪最具挑战性的科学革命史,写得非常好。”

——《独立报》书商协会圣诞书籍目录

“内容丰富,资料调研极其深入……注重质量和平铺直叙的方式,让人的头脑随着这一最不同寻常、最考验思维能力的理论深入浅出,是以前从未有人采用过的一种很好的方式。库马尔把量子理论发展过程中涉及到的五光十色、各种人物都活灵活现展现出来,从偏爱沉静思索的玻尔,到活泼好动、爱招蜂惹蝶的薛定谔……一读起来我就难以放下。”

——《今日天文》

“对于非科学人士来说,它是很好的入门书……从许多方面来看,《量子理论》都是一本很好的书。”

——《今日社会主义》,2009 年 4 月

For
Lahmber Ran and Gurmit Kaur Pandora ,
Ravinder ,and Jasvinder

献给
兰贝·拉姆和古尔米特·卡乌尔·潘多拉，
拉文代和贾斯文代

Prologue

The Meeting Of Minds

序言 科学巨人的聚会

保罗·埃伦费斯特(Paul Ehrenfest)泪眼朦胧。他已经作了决定。不久他将去参加一个为期一周的聚会,届时很多在量子革命中起到重大作用的人将要理清思路,吃透他们所造就的这一局面究竟意味着什么。他将不得不告诉他的老朋友阿尔伯特·爱因斯坦,他已经决定站在尼尔斯·玻尔一边。埃伦费斯特,34岁,奥地利人,是荷兰莱顿大学(Leiden University)的一名理论物理学教授,已经确信原子领域的奇特与微妙和玻尔所论证的相同。

围坐在会议桌边时,埃伦费斯特递给爱因斯坦一张条子,上面潦草地写着:“别笑!炼狱之中专门给量子理论的教授们留了地方,让他们每天必须听讲经典物理学十几个小时。”“我只是在笑他们的天真,”爱因斯坦答复说。“谁知道几年之后谁能笑到‘最后’呢?”对于他来说,这根本不是个能笑出来的事,因为这事直接关系到客观存在的本质和物理学的精髓。

关于“电子和光子”的第五次索尔韦会议于1927年10月24日至29日在布鲁塞尔召开,与会者的照片记录下了物理学历史上最富戏剧性的这段故事。由于受到邀请的29人中有17人最后都获得了诺贝尔奖,这次大会成了科学巨人们最令人惊叹的聚会之一。^[1]它标志着物理学黄金时代的结束。那是个科学创新的时代,是自伽利略和牛顿引导的17世纪科学革命以来未曾有过的。(照

片 1)

保罗·埃伦费斯特站在后排左数第三个,身子微微前倾。坐在前排的有 9 个人。八男一女;其中 6 人得到过诺贝尔物理学或化学奖。那位女士得到过两枚,一枚是 1903 年授予的物理学奖,另一枚是 1911 年授予的化学奖。她的名字是:玛丽·居里。在居中的正位上,坐着另一位诺贝尔奖得主,他是自牛顿时代以来最负盛名的科学家:阿尔伯特·爱因斯坦。他目视着正前方,右手紧握着椅子,看来很不自在。是衣服上的燕子领和蝴蝶领结让他不舒服,还是上个星期他所听说的某些事情令他不安?在第二排的末尾,在右手上,是尼尔斯·玻尔,笑容有点古怪,但看起来很放松。对于他来说,这次会议开得很好。然而,等玻尔返回丹麦的时候他会失望的,因为,关于量子力学对客观存在的性质昭示了些什么的问题,他没能说服爱因斯坦去采纳他的“哥本哈根特色的解释”。

爱因斯坦不但没有让步,反而利用这个星期的时间试图证明量子力学是不能自圆其说的,玻尔的哥本哈根解释是有问题的。多年以后,爱因斯坦说:“这个理论有点让我联想到一个聪明过人的妄想症患者的幻觉体系,全是由一段段互不相干的想法拼凑起来的。”

发现量子的人是麦克斯·普朗克(Max Planck),照片中他坐在玛丽·居里的右手边,手里拿着他的帽子和雪茄。1900 年,他被迫接受了这样一个事实:光的能量以及所有其他形式的电磁辐射都是一小点一小点的,聚成大小不等的团块由物质释放或吸收。英文中“Quantum(量子)”这个名字,是普朗克给单独一份能量起的,它的复数形式是“quanta”。按照人们根深蒂固的看法,能量是像水龙头里流出来的水那样连续不断地释放出来或被吸收的。而能量的一个“量子”这种概念则从根本上颠覆了这一看法。在以牛顿物理学为最高主宰的宏观世界的日常生活中,人们认为,水可以从水龙头中滴下,而能量则不是通过大小不同的点点滴滴来进行交换的。然而,原子及亚原子层面的客观存在却是量子的领域。

随着时间的推移,人们发现,处在原子内部的电子的能量是“量化的”;它只能承载某些量级的能,而不能是其他的量级。其他各种物理特性也一样,人们发现,微观领域呈团块状,而不是连成一片的。它并非人类所生活的大尺度世界的某种微缩版。在人类所生活的大尺度世界里,物理特性之间的转换是平顺而连续的,如果要从 A 点到 C 点去,那就意味着要经过 B 点。然而量子物理学却显示,原子中的一个电子可以先处在某个位置上,然后,通过释放或吸收一

定量的能,又像变魔术一样地在另一个地方出现,而不必经过中间地带的任何地方。在经典的、非量子物理学中,这种现象是无法理解的。它的奇怪程度就好比一个物体在伦敦神秘地消失,刹那间突然又在巴黎、纽约或莫斯科再现。

到了1920年代(20世纪20年代)早期的时候,人们早已经看出,由于量子物理学是在就事论事、零打碎敲的基础上取得进展的,因此使得它缺乏一个坚实的基础或一个符合逻辑的结构。就在这个混乱而危机四伏的状态下,一种大胆新颖的理论出现了,人们称之为量子力学。对原子的描述,历来说它像一个小太阳系,有电子围绕着原子核旋转,在当今的学校中也仍然是这样教的。但这种描述其实已被放弃,取而代之的是一个无法用视觉方式感知的原子。然后,在1927年,沃纳·海森堡(Werner Heisenberg)有了一项发现,与常识相违到连他自己,一个量子力学方面的德国神童,都感到难以把握住它的意义所在。这项测不准原理说,如果你想要知道一个分子的准确速度,那你就无法知道它的准确位置,反之亦然。

当时没有人知道如何去解读量子力学的方程式,或者这一理论说的是量子层面客观存在中的哪种特性。关于因与果的问题,或者说,关于在没有人观察的情况下月亮还存不存在的问题,从柏拉图和亚里士多德时代起就一直是哲学家们的专属领域,但是自从量子力学出现以后,它们也成了20世纪最伟大的物理学家们探讨的话题了。

在量子物理学的所有基本要件都到位了的情况下,第五次索尔韦会议的召开为量子的故事掀开了新的一章。该次会议引发了爱因斯坦和玻尔之间的论战,而这场论战所提出的一些问题,至今仍令许多著名的物理学家和哲学家百思不得其解:客观存在的性质是什么?对客观存在所做的描述怎样才算言之有物?“从来没有过比这更深奥的学术辩论了,”科学家和小说家C. P. 斯诺(C. P. Snow)宣称道,“可惜的是,这场论战无法成为人们广泛议论的话题,这是由它的性质决定的。”

这场论战的两个主角中,爱因斯坦是个20世纪的标志性人物。他曾受邀在伦敦的帕拉丁剧院(the London Palladium)搞一个为期三个星期的个人专场活动。妇女们看到他上场,当场昏晕过去。年轻姑娘在日内瓦简直是把他的洗劫一遍。而如今,像这类的热捧则是专为流行歌手和电影明星保留的了。但是在第一次世界大战浩劫之后的1919年,当他的广义相对论理论所预言的光线会弯曲现象被证实之后,爱因斯坦就成了第一颗科学界的超级明星。即使是1931年1月,爱因斯坦在美洲进行巡回讲座期间参加查理·卓别林的电影《城

市边际》(*City Limits*)在洛杉矶的首映式时,这种情况也没多大改变。一大群人看见卓别林和爱因斯坦时发出了狂热的欢呼。“他们向我欢呼是因为他们全能理解我的作品,”卓别林告诉爱因斯坦,“而他们向您欢呼则是因为谁也不能理解您的作品。”

当爱因斯坦的名字被当做科学天才的代名词使用时,尼尔斯·玻尔则不那么为人所知,而且今天依然如此。但是对他的同时代人来说,他却是个当之无愧的科学巨人。1923年,在量子力学的发展过程中起到举足轻重作用的马克斯·玻恩(Max Born)写道:“对于我们这个时代的理论和实验研究来说,玻尔的影响比任何其他物理学家都要大。”40年以后的1963年,沃纳·海森堡声称,“玻尔对我们这个世纪的物理学和物理学家的影响,比任何其他人都要大,甚至超过了爱因斯坦。”

1920年,当爱因斯坦和玻尔首次在柏林会面的时候,互相都认为对方是自己在学术上的诤友,没有敌意,没有怨恨,只会激励和鞭策自己不断地推敲打磨关于量子的思想。正是通过他们,以及1927年聚集到索尔韦的一些人,我们才得以获悉量子物理学开创年代的情况。“那是个群雄竞起的时代。”美国物理学家罗伯特·奥本海默(Robert Oppenheimer)回忆说,1920年代(20世纪20年代)的时候,他还是个学生。“那是个需要在实验室里耐心工作的时代,需要做突破性的实验和采取大胆实践的时代,是个反复失落,反复提出站不住脚的猜想的时代。在那个时代,人们急切地往来通信,匆忙召开各种会议,辩论、批评,用数学方法提出令人叫绝的即兴想法。对于参与者来说,那是个开天辟地的时代。”但是对原子弹之父的奥本海默来说,则是“里面既有恐怖,又有回过神来洞察到的狂喜”。

没有量子,我们所生活的这个世界就会是非常不同的一种景象。然而在20世纪的大部分时间里,物理学家们认可的是,凡超出他们通过实验测定的客观存在,量子力学都是不予承认的。正是这样一种状态,引发了美国诺贝尔奖得主物理学家穆雷·盖尔曼(Murray Gell-Mann)把量子力学描述为“神秘的、令人琢磨不透的学科,我们谁都谈不上真正理解,我们只是知道怎样去运用它”。于是我们也就运用上了。有了量子力学,从计算机到洗衣机,从移动电话到核武器,所有这些东西才成为可能,是量子力学推动和造就了现代世界。

量子的故事是从19世纪末开始的。当时,虽然刚刚发现了电子、X射线以及放射现象,并且正在对原子是否存在的问题进行着辩论,但许多物理学家却信誓旦旦地认为,已经没有重大的东西等待人们去发现了。美国物理学家阿

尔伯特·迈克尔森(Albert Michelson)1899年曾说：“物理学中比较重要的基本法则和客观现象全部都已经发现了，而且在人们心中都已根深蒂固，再有什么新发现来把它们取代掉的可能性是微乎其微的。”他的看法是，“我们未来要想再有新发现，也只能从小数点以后第六位中去寻找。”迈克尔森这种小数点位置物理学的观点颇受一些人的赞同，他们相信，任何尚未解决的问题都不可能难倒当时已有的物理学，早晚都会被久经考验的那些理论和原理所折服。

19世纪最伟大的理论物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(James Clerk Maxwell)早在1871年就对这种故步自封的心态提出了警告：“现代实验的这种特点，也就是主要以测量为依据的这种实验，其影响是如此之大，以至于人们广泛认为，几年内，可能所有重要的物理常数都会被大致估量一遍，而科学工作者所能做的唯一工作就是把这种测量的精确度再往后推一个小数点。”麦克斯韦指出，“下工夫仔细测量”所能得到的真正回报不是更大的精确度，而是“发现新的研究领域”以及“发展出新的科学思想”。量子的发现，正是这种“下工夫仔细测量”的结果。

在1890年代(19世纪90年代)，德国的一些主要物理学家正坚持不懈地钻研一个长期以来困扰着他们的问题：铁制的拨火棍烧红之后，它的温度、颜色变化范围以及亮度之间是一种什么样的关系？与神秘的X射线和辐射现象相比，这似乎是个琐碎的小问题，不足以促使物理学家们争先恐后地冲进实验室，翻出他们的笔记本。但是对于一个在1871年才刚刚打造成形的国家来说，为烧红的拨火棍问题，也就是后来人们所说的“黑体问题”(the blackbody problem)，探索出一个答案，则是密切关系到给德国的照明工业争取到一个竞争优势，与英国和美国竞争者竞争的需要。但是，尽管他们百般努力，德国这些顶尖的物理学家还是不能解决这个问题。1896年他们以为找到了答案，但是短短几年以后就发现，新的实验数据证明他们并没有。解决黑体问题的是麦克斯·普朗克，而且是有代价的。这个代价就是量子。

目录

- 1 □ 序言 科学巨人的聚会

- 1 □ 第一部分 量子
- 3 □ 第 1 章 不情愿的量子革命
- 25 □ 第 2 章 专利的奴仆
- 55 □ 第 3 章 丹麦金童求学英国
- 75 □ 第 4 章 标新立异的量子原子
- 95 □ 第 5 章 爱因斯坦与玻尔相会
- 117 □ 第 6 章 法国王子的波粒二相

- 127 □ 第二部分 小伙子的物理学
- 129 □ 第 7 章 “旋转博士”发现自旋
- 145 □ 第 8 章 德国神童的量子魔术
- 163 □ 第 9 章 “迟来的情欲大爆发”
- 183 □ 第 10 章 哥本哈根测不准原理

- 201 □ 第三部分 巨人就“世界本质”的冲突
- 203 □ 第 11 章 1927 年,索尔韦聚会
- 225 □ 第 12 章 爱因斯坦忘记相对论
- 241 □ 第 13 章 量子现实的巨大冲突

- 261 □ 第四部分 上帝掷骰子吗?
- 263 □ 第 14 章 贝尔定理为谁敲响丧钟
- 277 □ 第 15 章 至今未解的量子恶魔

Quantum

- 285 年表
- 295 词汇表
- 311 注释

- 321 致谢

Part I
The Quantum

第一部分

量子

“简而言之,我所做的事情可以说不过就是孤注一掷的一招。”

——麦克斯·普朗克

“就好像人的脚下被抽空,看不到哪里有什么可靠的基础,没办法在那上面建立什么。”

——阿尔伯特·爱因斯坦

“第一次听说量子理论而没有被吓呆的人是不可能理解这个理论的。”

——尼尔斯·玻尔