

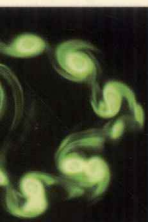
(美)约翰·格里宾 John Gribbin / 著

张广才等 / 译

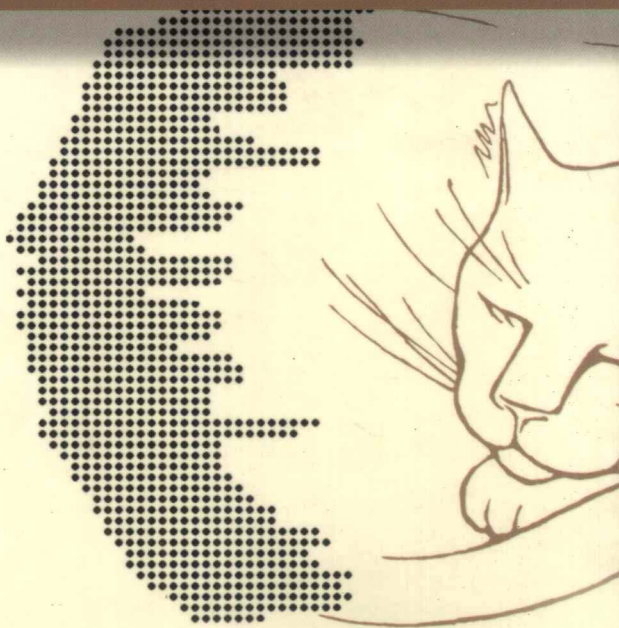
寻找薛定谔的猫

[修订版]

量子物理和真实性



IN SEARCH OF SCHRÖDINGER'S CAT
SCHRÖDINGER'S KITTENS AND THE SEARCH FOR REALITY



一部无与伦比的科普著作 揭开量子物理的神秘面纱

海南出版社

(美)约翰·格里宾 John Gribbin / 著

张广才等 / 译

寻找薛定谔的猫

〔修订版〕

量子物理和真实性



IN SEARCH OF SCHRÖDINGER'S CAT

SCHRÖDINGER'S KITTENS AND THE SEARCH FOR REALITY

海南出版社

Schrödinger's Kittens and the Search for Reality

by John Gribbin

Copyright © John Gribbin, 1995 All rights reserved.

中文简体字版权 © 1998 海南出版社 本书由 John Gribbin 授权出版

In Search of Schrödinger's Cat

by John Gribbin

Copyright © John Gribbin, 1984 All Rights Reserved.

中文简体字版权 © 1998 海南出版社 本书由 John Gribbin 授权出版

版权所有 不得翻印

版权合同登记号：图字：30-1999-62 号

图书在版编目(CIP)数据

寻找薛定谔的猫：量子物理和真实性/(英)格里宾(Gribbin, J.)著；

张广才 许爱国 等译. —海口：海南出版社，2000.3(2009.2 重印)

书名原文：Schrödinger's Kittens and the Search for Reality

In Search of Schrödinger's Cat

ISBN 978-7-80645-813-6

I. 寻… II. ①格…②张…③许… III. 量子论 - 普及读物 IV. 0413 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 18653 号

寻找薛定谔的猫（修订版）

作 者：[英] 约翰·格里宾(John Gribbin)

译 者：张广才 等

出版人：苏 斌

总策划：刘 靖 任建成

责任编辑：李 鹏

责任印制：杨 程

印刷装订：北京冶金大业印刷有限公司

读者服务：杨秀美

海南出版社 出版发行

地址：海口市金盘开发区建设三横路 2 号

邮编：570216

电话：0898-66812776

E-mail: hnbook@263.net

经销：全国新华书店经销

出版日期：2009 年 2 月第 2 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

开 本：787mm x1092mm 1/16

印 张：29

字 数：325 千

书 号：ISBN 978-7-80645-813-6

定 价：38.00 元

本社常年法律顾问：中国版权保护中心法律部

【版权所有 请勿翻印、转载，违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

目 录

第一篇 寻找薛定谔的猫

引言	(2)
序言:真实并不存在	(3)
第一部分 量子理论	(7)
第一章 光	(8)
是波还是粒子? /波动理论的胜利	
第二章 原子	(17)
19世纪的原子论/爱因斯坦的原子论/电子/离子/X射线/放射性/原子的内部	
第三章 光与原子	(27)
黑体线索/不期而至的革命/ h 是什么? /爱因斯坦、光和量子	
第四章 玻尔的原子论	(39)
电子的跃迁/得到解释的氢原子/一个偶然的要素:上帝的骰子/透视原子/得到解释的化学	

第二部分 量子力学 (59)

第五章 光子和电子 (60)

光的粒子性/波粒二象性/电子波/与过去决裂/泡利和不相容原理/下一步去何方

第六章 矩阵和波 (76)

黑利格兰德的突破/量子数学/薛定谔的理论/一次退步/量子调制术

第七章 用量子进行调制 (93)

反物质/原子核的内部/激光器和受激辐射微波放大器/功能强大的显微术/超导体/生命本身

第三部分 题外话 (115)

第八章 可能性和不确定性 (116)

不确定性的意义/哥本哈根解释/双孔实验/坍塌的波/互补性原理

第九章 悖论和可能性 (133)

匣子里的钟表/“EPR 悖论”/时间旅行/爱因斯坦的时间/无中生有/薛定谔的猫/参与的宇宙

第十章 布丁的验证 (163)

自旋悖论/偏振方面的迷惑/贝尔实验/证据/这到底意味着什么? /确认和应用

第十一章 多个世界 (178)

谁观察观察者? / 薛定谔的猫/超越科幻小说/超越爱因斯坦了吗? / 回顾一下/超越埃弗雷特/我们的特殊位置

后记 未完的工作 (195)

时空的扭曲/对称性破缺/超引力/宇宙是真空涨落的产物吗? / 膨胀和当今宇宙

参考文献 (210)

量子理论/科幻小说

第二篇 薛定谔的小猫

前言 (226)

序言 问题 (228)

光的奇异性/电子干涉/标准观点/深水/盒子中的猫/真实性的另一面/薛定谔猫的女儿

第一章 古代光学 (254)

第一个现代科学家/从伍尔西索普到剑桥再到伍尔西索普/在牛顿的遮蔽下/牛顿的世界观/扬的观点/菲涅耳、泊松及亮斑/书籍装订商的学徒/法拉第的场/神秘的颜色/惊人的麦克斯韦方程组

第二章 现代 (285)

以太之死/走向狭义相对论/爱因斯坦的洞见/超光速与时间倒退/进入光子世界/教爱因斯坦计算光子的人/有关光子与物质的新理论/量子电动力学的胜利/未来的光学

第三章 奇异而真实 (322)

看到不可能的光/深入探索光子行为/兼顾双方/无中生有/“赶紧发送我,斯科特”/量子密码术/深入光子内部/观察量子/奇妙的电子回路/什么时候是光子?

第四章 绝望中的补救 (354)

哥本哈根解释的垮台/我想,因此/冯·诺依曼的愚蠢的错误/不可分割的整体/宇宙的扩散/量子主题的多元性/绝望中的忠告/相对性的一个方面/一个与时间有关的实验

第五章 思考之思考 (391)

构造夸克/认识爱因斯坦/描述不可描述的/了解现实世界/进驻量子实在的整体进路

结语 解决方案:我们这一时代的秘密 (426)

充分利用质量/把万有引力串起来/复杂性的简单方面/与宇宙握手/拿出时间去制造时间

参考书目 (448)

第一篇

寻找薛定谔的猫

引 言

将写给外行人看的有关相对论的书和文章排列起来的话，很有可能要从地球连接到月亮。“每个人都知道”爱因斯坦的相对论是20世纪科学的最大成就，那所有的人都错了。如果将所有写给外行人看的详细的量子理论方面的书和文章拿出来，也许仅能摆满我的桌子，但这并不能说量子理论在学术界之外名声较小。实际上，在近二十几年的时间里，量子力学已经相当普及，用以解释诸如远程搬运、弄弯匙子等一些现象，并且为许多科幻小说提供了丰富的思路。一般认为，量子力学是一个谜，如同超自然和超感，已成为一门不可思议、神秘莫测、无人理解、无人能够实际运用的科学分支。

本书的写作目的是在更基本、更重要的科学研究领域里对这种观点进行反击。本书的产生出自1982年夏天凑在一起的几个原因：首先，我刚刚完成了一本有关相对论的书《空间扭曲》，觉得应该做些工作，来解释20世纪其他科学分支中的秘密；其次，在科学界以外存在的一些对量子理论的误解使我越来越感到恼怒，弗里特夫·卡普拉的《物理学之“道”》引起了许多效仿者，这些人既不懂道，也不懂物理，而只是认识到将西方科学和东方哲学联系在一起可以弄到很多钱；最后是1982年8月从巴黎传来消息说，一个小组成功地进行了一次关键性的实验，这个实验使得那些尚持怀疑态度的人确认了量子力学世界观的准确性。

不要在这里寻找“东方神秘主义”、匙子变弯和超感。要在本书中找出量子力学的真正故事，这与一些小说中的做法大相径庭。科学正是这样，它不需要穿上从别处得来的哲学外衣，因为它自身就充满光明、神秘和惊奇。本书提出的一个问题是“什么是真实的？”答案会使你大吃一惊，你可能不敢相信。但你会发现现代科学是如何看待这个世界的。

序 言

真实并不存在

我们题目中的猫是个神奇的动物，而薛定谔却是个真实的人。厄尔文·薛定谔是一位奥地利科学家。他在 20 世纪 20 年代中期创立了现在被称为量子力学的科学分支中的一个方程。这个分支几乎不能算是个正确的描述，但是量子力学却为所有现代科学提供了基础。这个方程描述很小的物体，一般说来是原子大小或者比原子更小的物体。这为微观世界提供了唯一一种解释。没有这些方程，物理学家将无法建设核电站（或制造原子弹），制造激光器，或者解释太阳为什么是炽热的。没有量子力学，化学家们将仍然停留在黑暗年代，也不会有分子生物学，不会有对 DNA 的理解，不会有遗传工程——不会有任何科学。

量子理论代表着科学的最大进展，比相对论具有更大的意义，也更直接更实用，甚至能引发许多奇特的预言。量子力学世界是那么神奇，实际上连阿尔伯特·爱因斯坦也发现其难以理解，因而拒绝接受由薛定谔及其同事创立的理论结果。爱因斯坦及许多其他科学家发现将量子力学方程视为一种数学上的简单表述更为合适，认为它仅是对原子及亚原子粒子行为的一个合理的描述。但其本身隐藏了更深的真理，这些真理更接近于日常的真实性。因为量子力学给出的是：没有什么是真实的，我们不去观察它们时，则什么也不能说。薛定谔那奇怪的猫用来区别量子世界以及日常生活中所见到的世界。

在量子力学世界中，日常所见的熟悉的物理定律不再成立。取而代之的是事件发生的概率性。例如具有辐射性的原子可能衰变放出电子，也可能不。可以这样设计一个实验：具有辐射能力的物质具有 50% 的机会在某一特定时间内发生衰变。如果其衰变，就会被探测器记录下来。薛定谔也像爱因

斯坦那样，被量子力学结果弄得心神不安，尝试着用一個假想的实验来检验理论隐含的晦涩之外。设想在一个封闭的房子中或匣子里，有一只活猫及一瓶毒药。当衰变发生时，药瓶被打破，猫将被毒死。也就是说，在现实世界中，猫有 50% 的机会被毒死。

不用看匣子，我们会肯定地说，猫可能死了也可能还活着。这就是量子力学的奇异之处。这理论说，这两种机会取决于辐射物质，因而对猫来说除非被观察到否则就没有真实性。原子可能衰变，也可能不；猫可能死，也可能活。除非我们向匣子中看，发生了什么。坚持量子力学直接解释的理论学者认为存在一个中间态，猫既不死也不活，直到进行观察看看发生了什么。除非进行观测，否则一切都不是真实的。

这个观点对爱因斯坦和其他科学家来说无非是麻醉剂。当引述世界由一大堆量子层次上的随机选择决定的理论时，他说道：“上帝不会掷骰子。”他不承认薛定谔的猫的非真实态之说，认为一定有一内在的机制组成了事物的真实本性。他花了数年时间企图设计一个实验来检验这种内在真实性是否起作用，但他没有完成这种设计就去世了。也许他没有活着看到他的思路所引发的结果会更好一些。

在 1982 年夏天，在法国南巴黎大学，由艾伦·艾斯派克特领导的研究小组完成了意将探测量子非真实世界的内在真实性的系列实验。内在真实性——基本机制——被取名为“隐变量”，实验对象是从源中朝相反方向飞出的两个质子或粒子（在第十章中对其有完整的描述）。但基本上可以认为是对真实性的检验。两个从同一源中飞来的质子可以被两个检测器检测到，可测量它的偏振性质。根据量子理论，这种性质是不存在的，除非实施了测量。根据隐变量观点，每个质子从它产生就有“真实的”极性。由于它们同时发射，所以它们的极性是相互关联在一起的。但是实际测量到的在与真实性的两种观点不一致。

序言

In Search of Schrödinger's Cat

种关联，却发现了由量子理论所预言的那种关联。而且正如量子理论所预言的那样，对一个质子的测量对另一质子具有瞬间效应的影响。一些作用关联在一起，纠缠不清，虽然它们以光速飞离。相对论告诉我们没有信号能超过光速传播。实验证明世界没有内在的真实性。日常所谓的“真实性”在描述组成世界的基本粒子行为时不是一个好的方法，而且这些粒子同时联成不可分离的整体，每一个都能觉察到别的粒子发生的事。

探索薛定谔的猫就是寻找量子的真实性。简单总结说，好像这种寻求是没有什么结果的，因为不存在日常词汇中的真实性。但这不能算完，寻找薛定谔的猫可引导我们对瞬间的真实性及一般量子力学有新的理解。路是漫长的，但它却是始于那些科学家们。如果他们发现了自己苦苦寻找的、正是我们现在所获得的答案的话，他们会比爱因斯坦更加惊恐。艾萨克·牛顿在3个世纪前研究光的本质时，不会想到他那时就已经踏上了寻求薛定谔之猫的征程。

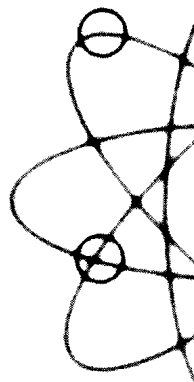
第一部分

量子理论

“谁不惊异于量子理论，谁就没有理解它。”

——尼尔斯·玻尔

1885年~1962年



第一章

光

艾萨克·牛顿创立了物理学，实际上他创立了一切依赖于物理的科学。当然牛顿的工作也是在其他人的基础上的，但正是由于他在 300 年前发现的运动三大定律及引力理论，才使科学走向通往空间飞行、激光、原子能、基因工程、化学及其他一切的里程。在 200 年的时间里，牛顿理论（现在称为“经典”物理）高高在上，处于统治地位；在 20 世纪革新中，对物理的见识已远远超过了牛顿时代。可是若没有那 200 年的科学发展，就不会有这种深刻的理论。本书不是科学史，它更关注新物理——量子物理，而不是经典思想。但就是在 300 年前的牛顿的工作中已有将要发生变革的迹象——不是出于其对行星运动及其轨道或是著名的三大定律，而是出于对光本质的研究。

牛顿关于光的想法多出于对固定形状物体及行星轨道的行为的看法。他认识到，我们日常对物体行为的经验可能是一种误导，一个物体或粒子在不受别的东西的影响时一定与在地球表面的粒子不同。这里，我们日常经验告诉我们，除非你去推一个物体，它会呆在那儿不动，如果一旦你不推它，它就很快停止运动。那么，为什么像行星及月亮等物体却不停在它们的轨道上呢？有什么东西在推动它们吗？没有。这是因为行星处于它本来的状态，与外界没有联系，而地球上的物体总是相互关联着。如果我想将钢笔拉过桌面，我的推力与桌面同笔之间的摩擦力对抗着，正是这种力才在我不推动时让笔停下来的。如果没有摩擦，笔就会一直运动下去。这就是牛顿第一定律：除非有外力作用于其上，一个物

体总保持静止或以恒定的速度运动。牛顿第二定律告诉我们外力（这里指推力）对物体的效果。力改变了物体的运动速度，速度的变化称为加速度；你将力除以物体的质量，就得到此力作用于物体产生的加速度。通常，第二定律被描绘为另一种形式：力等于质量乘以加速度。牛顿第三定律告诉我们物体是怎样反作用于推动它的物体的：对于每一个作用存在大小相等方向相反的反作用。我用球拍去打一个网球时，球拍推向网球的力刚好等于网球推向球拍的力，但方向刚好相反；在桌子上的钢笔，受重力向下压，其压力刚好等于桌面弹向它的力；火箭的燃气室中，爆炸过程产生的气体向后冲去的力则正好产生大小相等但方向相反的推动火箭的力。

这些定律连同牛顿的引力定律，解释了行星绕太阳及月亮绕地球的运动。适当地计入摩擦力，也就可以解释地球上物体的状况。这些就构成了力学的基础。但这仍有隐含的哲学上的困惑。根据牛顿定律，一个粒子的行为可根据其他粒子对它的作用力及它本身受到的作用力确定。那么如果能够知道这个宇宙所有粒子的速度与位置，就能够精确地预言每个粒子的未来行为，从而预言这个宇宙的未来。这是否意味着这个宇宙就像钟表一样，被造物主上紧了发条放在那儿，沿着一条完全可以预言的途径运动呢？牛顿的经典力学提供了这种确定性宇宙观有足够多的支持，这两种图像给人的自由意志没有留下多少机会。是否我们真的就是沿着预设好的轨迹度过我们的一生而别无选择呢？多数科学家都同意让哲学家们去争论这个问题。而他们却全力转向 20 世纪新物理学的中心。

是波还是粒子？

牛顿的粒子物理论是这么的成功，难怪当初解释光行为时，他也按照粒子论方法处理。无论如何，观察到的光是走直线的，并且光从镜面反射时如一个球碰在一个硬墙上一样。牛顿制造了第一台反射式望远镜，解释了白光是由七色光合成的，在光学中做了那么多工作，可他总是基于光是由一种称为微粒的小粒子流组成的假说。光线在穿过光疏质和光

密质边界时传播方向发生变化，正如光从空气到水或玻璃中变弯（这就是为何搅酒棍在酒杯或桶中看来是弯的），只要假设微粒在光密质中走得快一点就能解释光的折射现象。即使在牛顿时代，仍有与之完全不同的解释。

荷兰物理学家克里斯蒂安·惠更斯生于 1629 年，比牛顿大 13 岁，是同时代的人。他得出一个观点：光并非是粒子流，而是一种波。就像水波在海面或湖面上传播一样，光通过一种不可见的“透明的以太”传播。就像在湖塘里扔一颗石子引起的波传播那样，光在以太中传播是从光源出发到各个方向的。波理论在解释反射和折射时能同粒子说一样合理。虽然说在光密质的物质中光波的传播速度不是加快了而是减慢了，在当时的 17 世纪没有办法测量光速，因此这方面的差别不足以区分这两种理论的优劣。可是，有一个关键的方面，在这点上可得到可以观测到的不同预测。当光通过一个尖锐的边界时，它形成一个明显的边界影子。这极像粒子流的行为，因为它沿直线运动。而波动要转弯或散射，以某种方式绕进暗影里（想象一下，水塘中的涟漪是能够绕过石头的）。300 年前，这种现象很明显对粒子论有利，而波动理论虽未被忘记却也给抛弃了。然而到了 19 世纪，两种观点的状况则完全反过来了。

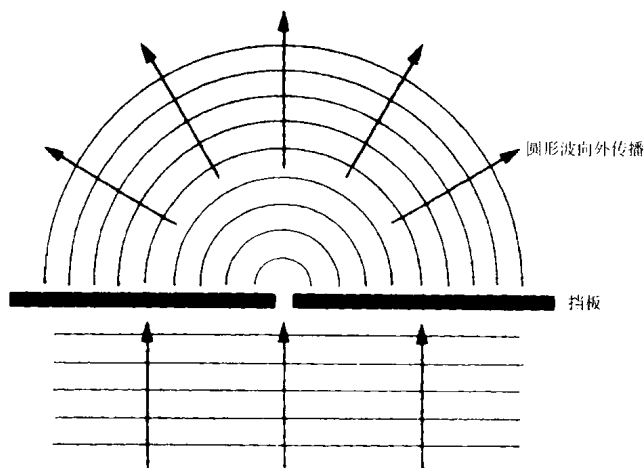


图 1.1 水波的衍射

平行水波通过挡板上的小孔后，在小孔之后形成圆形波，不会形成“阴影”。