

HUASHUO
LIANGZI

话说 量子

编著 石克昭



它是世界上一只最奇特的猫
不死又不活，却把我们带入一个
真实而又奇妙的世界，今天世界的变化因它而起
它的名字叫**薛定谔猫**



四川大学出版社

话说 量子

HUASHUO
LIANGZI

编著 石克昭



四川大学出版社

责任编辑:唐 飞
责任校对:王 锋
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

说话量子 / 石克昭编著. —成都: 四川大学出版社, 2018. 9

ISBN 978-7-5690-2389-3

I. ①话… II. ①石… III. ①量子—普及读物
IV. ①O413-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 216175 号

书名 话说量子

编 著	石克昭
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5690-2389-3
印 刷	四川盛图彩色印刷有限公司
成品尺寸	170 mm×240 mm
印 张	11.5
字 数	135 千字
版 次	2018 年 11 月第 1 版
印 次	2018 年 11 月第 1 次印刷
定 价	56.00 元



版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书, 请与本社发行科联系。
电话: (028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码: 610065
◆本社图书如有印装质量问题, 请
寄回出版社调换。
◆网址: <http://press.scu.edu.cn>



陈宏规，博士，研究员，客座教授，曾任中国科技咨询中心常务副主任，中国科普研究所原副所长，中国力学学会理事等，获国家有突出贡献的中青年专家、国家有突出贡献的回国留学人员等称号。

加强科学知识普及
提高全民科学素养

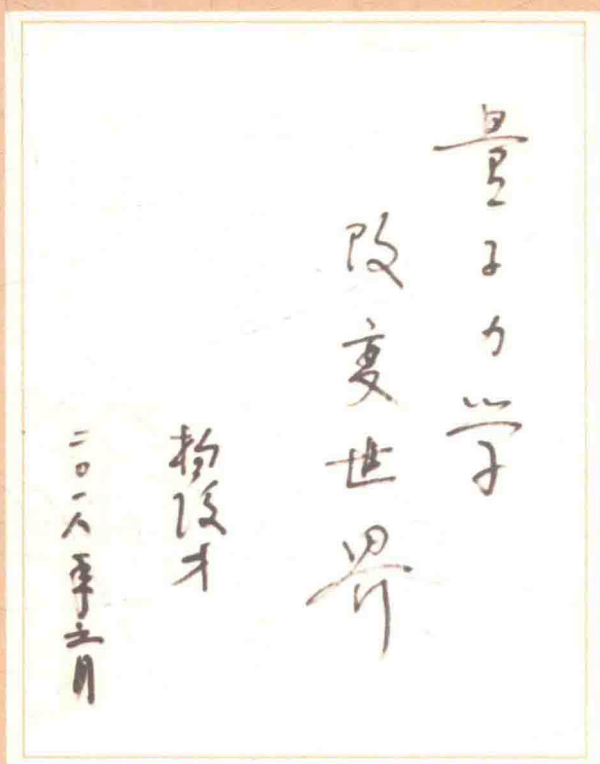
陈宏规

二〇一八年七月二日

中国科普研究所原副所长陈宏规为本书的题词



杨俊才，国防科技大学物理学教授，学科带头人，连续四届教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会委员，中国物理学会教学委员会委员，全国高校实验室工作研究会副理事长，湖南省物理学会副理事长，湖南省光学学会常务理事，湖南省核学会常务理事等。



国防科技大学杨俊才教授为本书的题词



王才美，1980年毕业于中国科学院研究生院，后留学美国，现为国防科技大学学科带头人，硕士研究生导师，技术三级（少将级）教授。

学好科学知识
迎接美好未来

王才美

二〇一八年六月

国防科技大学王才美教授为本书的题词



P R E F A C E · 言

这是一本面向普通大众的关于量子力学的科普读物。

历史的经验告诉我们，科学技术的进步，总是推动着社会经济的发展；而社会经济的发展，又反过来带动着科学技术的进步。

迄今为止，人类已经经过了旧石器时代、新石器时代、手工业时代、第一次工业革命带来的机器时代，以及第二次工业革命带来的电气化时代、自动化时代，现在人们正在进入高速发展的网络化、信息化、人工智能化时代，一场轰轰烈烈的第三次工业革命正在悄然到来，引起和带动这场革命的正是量子力学和爱因斯坦相对论。

以量子力学和爱因斯坦相对论为支柱的现代物理已经并且必将极大地改变人们的生活面貌和促使社会经济的全面进步，并触动着包括人们思想意识在内的各个层面的变革。

历史的经验同样告诉我们，谁占据着这场知识和技术革命的先机，谁就掌握着现代社会经济进步和科学技术发展的主导权，谁就把控着自身民族和国家在世界大家庭中的地位和命运。

知识和科技发展的步伐一直以加速度的方式进行。第一次工业革命之前的知识和科技水平所影响的社会发展长达数千年，而第一次工业革命仅仅三百余年便触发了第二次工业革命，但第二次工业革命到现在也才不过一百多年。

一百多年前，量子还只是物理学家研究的一个陌生课题；五十多年前，量子力学作为一门基础知识课刚步入大学的讲堂；近二十年来，量子科技在大众媒体的版面上越来越多地呈现；近几年，高中物理也接触到了量子力学；而随着一年多前中国墨子号量子科学实验卫星的升空，关于量子的话题突然间进入了千家万户。

但是，正是由于这种不可思议的发展步伐，使量子力学这门崭新的学科犹如迅速积累的财富，使今天的世界出现了两极分化的局面！

一方面，在自然科学界，量子力学与爱因斯坦相对论已经从微观和宏观两个方面迅速扩展，既涉及极其微小的粒子领域，掌握着刷脸识别的新技术，同时人类的触角又伸向漫无边际的天体，去探寻宇宙的秘密；在社会经济领域，几乎全球 1/3 的经济运行建立在量子力学的理论基础上；在社会科学领域特别是哲学界，有关是否存在意识物质和灵魂的争论喋喋不休，其频率也越来越高。而另一方面，绝大多数的普通大众对什么是量子如同幼儿园的小朋友乐痴痴地看着老师变戏法似地玩游戏。这种毫不对称的现象不停地扰动着人们的心灵。

对知识的渴求向来是人类的本能，更何况“科学”二字对于我们

的社会生活来说已经是不可或缺的事实。

那么，是不是应该来普及一下有关量子的知识呢？

本着这个意愿，笔者通过网络和其他媒体收集了大量关于量子力学方面的题材进行编辑整理，以求在如此广泛和如此深度的知识更新浪潮中做出一点贡献。

为使大多数读者便于读懂本书，笔者力求以通俗、简明的方式，尽量避免繁杂深奥的数学公式和过程描述，尽量以近乎词典的方式介绍有关词汇的含义，以便与大家一起学习和了解关于量子力学的基本知识，丰富我们的知识体系。

本书共分为 7 个部分。第一部分从最普通的日常现象入手，讲述什么是量子 and 量子力学、量子力学与经典力学的区别以及量子力学在现代物理中的地位和作用。第二部分讲述量子力学的基本内容、建立量子力学理论的经典实验及有关论述。第三部分讲述量子力学中常见的有关现象及词义。通过前几个部分的介绍，使读者对量子力学的基本理论有个初步的了解和认识。第四部分讲述量子力学的启示与尴尬。第五部分以量子通信卫星、量子计算机为例，讲述我国在量子科技领域取得的重大成果。第六部分讲述量子力学在思想领域诸如意识与客观现实的关系等引起的一些争论。第七部分简要介绍在量子力学领域做出突出贡献的部分科学家，让人们尊重和永远记住他们。

编者

2018 年 5 月



C O N T E N T S . 录

第一部分 | 概述

001

从“一事情，两种观察”说起

002

什么是量子 and 量子力学

006

量子力学与经典力学的区别

012

量子力学在现代物理中的地位 and 作用

018

第二部分 | 量子力学的基本内容 and 经典实验 and 理论建立

027

量子力学的基本内容

028

建立量子力学理论的经典实验及论述

035

普朗克定律 and 黑体辐射

035

光的波粒二象性、光子

038

玻尔原子理论

041

德布罗意微观粒子波粒二象性

045

不确定性原理及矩阵理论	047
薛定谔方程	049
玻尔互补原理	051

第三部分 | 量子力学有关现象及词义解释 053

量子场论	054
量子坍缩	057
量子纠缠	059
薛定谔的猫	063
量子自旋与自旋量子数	066
量子比特	068
量子算符	070
量子隧穿效应	074
费米子和玻色子	077
量子意识	079

第四部分 | 量子力学的启示与尴尬 083

第五部分 | 我国在量子科技领域取得的重大成果 091

我国成功发射墨子号量子通信卫星	092
我国在量子计算机研究上取得的新成果	097

第六部分 | 关于量子力学引起的争论

101

爱因斯坦与以玻尔为代表的哥本哈根学派关于	
量子力学完备性的争论	102
量子力学与因果关系之间的矛盾	106
是意识产生客观世界吗	110

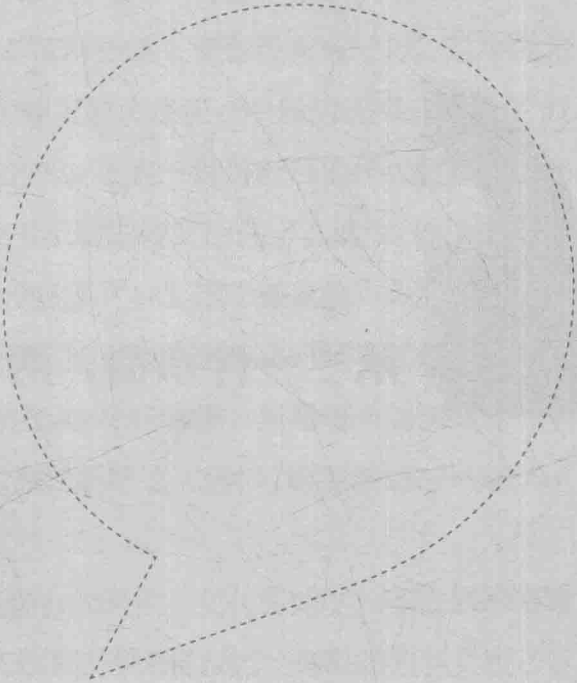
第七部分 | 量子力学领域做出突出贡献的科学家简介

121

克里斯蒂安·惠更斯	122
马克斯·普朗克	125
阿尔伯特·爱因斯坦	128
尼尔斯·亨利克·戴维·玻尔	132
路易·维克多·德布罗意	136
沃纳·卡尔·海森堡	139
马克斯·玻恩	142
沃尔夫冈·泡利	144
恩里科·费米	147
保罗·狄拉克	150
埃尔温·薛定谔	154
杨振宁	157
潘建伟	160

| 后记 |

164



第一部分

概述

从“一事情、两种观察”说起

什么是量子与量子力学

量子力学与经典力学的区别

量子力学在现代物理中的地位和作用

PART 1

从“一件事情，两种观察”说起

有一个人约朋友一同出去玩。他来到朋友住处的楼下，上了电梯，按下 17 楼的键。电梯到 17 楼停下，电梯门开了。他出了电梯门，朝左边走。走到 1704 号门口，按下门铃。朋友已经在家等着，听到门铃声，开了门，然后出来，锁上门，和他一起进了电梯，到了楼下，一同走了。

这是一件极其普通的事情，每一步都非常确定，所以结果也是确定的，顺理成章，这是标题中所讲的第一种观察。

但是，如果我们从另一种观察角度去看这件事，可能就没有这么简单了。我们从他进电梯开始到找到朋友下电梯这个时间段来看。

他进了电梯，这栋居民楼有 30 层。除第一层外，还有 29 个向上楼层的按键和两个向下去车库的按键。在他没有按“17”这个键之前，在局外人看来，他有 33 种可能按任何一个键的选择，即除了 32 个可能按上下键到任意楼层之外，还有一种可能是他什么键都没按，站在里面思考什么，或者按下 1 层的键又出来了。这 33 种选择都是有可能的。也就是说，在他没按下“17”这个键之前，人们不知道他要去哪一层，所以结果是不确定的，他去哪一层的概率都是一样的。就好像有 33 个相同的他，站在 33 个电梯里，只是每个电梯只有一个不同数字的按键。现实中的他，是把这 33 种可能都浓缩在一起了，或者说都迭加在一起了。

但是当他抬起手来准备按键的时候，变化开始了，不按键的概率下降了。当然，这时又有了无限多种可能，如他有可能把手又放了下来等。但是，当他的手指头越向“17”这个键靠近，其他的可能就越小。而当他按下“17”这个键的瞬间，其他 32 个电梯没有了，其他选项没有了，这个时候的结果是确定的——他要去 17 楼。于是我们回到了最开始的那个“顺理成章”的状态。由此类推，在到达 17 楼后，电梯门打开，他出不出去，存在两种可能的不确定。出了电梯门之后，他是往左走还是往右走或是不向任何方向走，这都存在不确定性。在他往左走后，是否一定在 1704 号房门前停下脚步也存在不确定性。他在 1704 号门前按不按电铃也存在不确定性。他的朋友是在家的客厅还是在哪间房间等他也存在不确定性。他是否听到电铃声也不确定，他是否开门不确定，他出来了是否愿意一同走不确定，是否锁门不确定，等等。

可见，从这种观察角度来看这件事，每个时间和空间点都存在着无数可能，也都存在着结果的不确定。这每种可能都是现实生活中实实在在存在的，这是标题中所讲的第二种观察。

在上面的例子中，我们看到有几个必不可少的因数：一是时间；二是空间；三是意念。我们姑且把它看成是构成这个事件的一个系统。在这个系统中，因为有了时间、空间，约朋友出去玩的意念才可能存在。也可以说，因为有这个约朋友出去玩的意念，才有了时间、空间的存在，它们之间存在着因果关系。其中任何一项发生变化，都会影响其他因素的变化，从而使整个系统发生变化。此外，在这个系统中，时间、空间、意念都是在不断变化、运动的。

在这个事件中，我们还可以看到，影响事件结果的是某一个时点和这个空间点的“态”。这许多个“可能”的“态”迭加在一起，形成了又一个态。态的迭加也就是概率的迭加。而迭加后的概率会受到其中任何一个变化概率的影响。当某一种概率达到最大化的极限时，其他概率都“坍缩”了。

如此看来，最开始那个“顺理成章”的过程只是这些无数可能中的一种而已。而从比较的角度讲，哪种观点更全面呢？显然是后一种。尽管后一种在我们现实生活中看来是多么不可理喻、不可思议，甚至感觉是多此一举。

这不免使人有许多联想。例如，我们现实生活中所见到的一切，是不是只是许多现实中的一个而已，它并不代表所有的现实？就像在电梯中一样，在他没按下“17”这个键之前，所有的楼层都是存在的。而当按下“17”这个键之后，其他的楼层都与他无关了，或者说其他

的楼层都不存在了。我们一直生活在“确定”与“不确定”、“有”与“无”之中，甚至生活在我们的意念之中。我们曾经见过的东西，我们想到它时，它在我们脑海中存在，见到它时，它在现实中存在。没有见过的东西，你很难想象它的形状，对你来说，它就是不存在的。这样说来，意识不是很重要吗？以前科学从来不讲意识，只讲物质，世界是物质的，存在决定意识，客观存在不以人们的主观意志为转移。那么按照刚才的例子，反过来，是意识决定了客观，没有意识的东西是不存在的。这种对传统观念的冲击，不能不使人感到惊奇！

其实上面所说的两种观察，第一种观察是经典力学的观察。经典力学认为，只要物体初始运动是确定的，结果就是确定的。因为你去找朋友玩，所以一定按“17”这个键，一定按1704房的门铃，朋友一定会和你一起走，结果已经确定，你的每一步都事先知道结果。而第二种观察则是量子力学观察的一种比喻，什么都不确定。

为什么说第二种观察是量子力学观察的一种比喻呢？因为前面所描述的这个“找朋友”的过程并不是量子力学所描述的对象。量子力学是描述微观物质运动规律的科学。它所描述的是微观世界中那些量子化的粒子运动。而显然这个“找朋友”的过程是一个宏观的事件，人也好，电梯也好，都是宏观的物体，不是微观的物质，所以它不是量子力学研究的范畴。但为什么又要举这个例子呢？因为量子力学描述微观物质运动规律的理论，正是建立在这种不确定性的基础上。

我们要对量子力学有一个基本的概念，就必须先清楚什么是量子
和量子力学。