

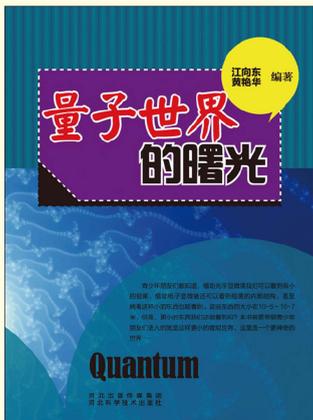
江向东 编著  
黄艳华

# 量子世界 的曙光

青少年朋友们都知道，借助光学显微镜我们可以看到很小的细菌，借助电子显微镜还可以看到细菌的内部结构，甚至病毒这样小的东西也能看到。这些东西的大小在 $10^{-6}$ ~ $10^{-7}$ 米。但是，更小的东西我们还能看到吗？本书将要带领青少年朋友们进入的就是这样更小的微观世界，这里是一个更神奇的世界……

## Quantum

河北出版传媒集团  
河北科学技术出版社



微观世界的大门是建立在原子的尺度上的，它为 $10^{-10}$ 米。我们所熟悉的细菌比原子要大4个数量级。你也许不会想到原子这样小的东西，竟然还有更深层的内部结构，更惊疑科学家是怎样“钻进”原子中进行研究的。为了观察微观世界，科学家们真是想尽了各种各样的方法，目前他们最主要的秘密武器就是粒子加速器和探测器。科学家们正是利用它们来产生和探测越来越微小的东西的……

江向东 编著  
黄艳华

# 量子世界 的曙光

青少年朋友们都知道，借助光学显微镜我们可以看到很小的细菌，借助电子显微镜还可以看到细菌的内部结构，甚至病毒这样小的东西也能看到。这些东西的大小在 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 米。但是，更小的东西我们还能看到吗？本书将要带领青少年朋友们进入的就是这样更小的微观世界，这里是一个更神奇的世界……

## Quantum

河北出版传媒集团  
河北科学技术出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

量子世界的曙光 / 江向东, 黄艳华编著. -- 石家庄: 河北科学技术出版社, 2012.11

( 青少年科学探索之旅 )

ISBN978-7-5375-5543-2

I . ①量… II . ①江…②黄… III . ①量子 - 青年读物②量子 - 少年读物 IV . ① O413-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 274557 号

### 量子世界的曙光

江向东 黄艳华 编著

---

出版发行	河北出版传媒集团 河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 ( 邮编: 050061 )
印 刷	三河市航远印刷有限公司
开 本	700 × 1000 1/16
印 张	12
字 数	130 000
版 次	2013 年 1 月第 1 版
印 次	2013 年 1 月第 1 次印刷
定 价	23.80 元

---

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

厂址: 三河市城内北外环西路 电话: (0316) 3136836 邮编: 065201

# 目 录

## 一 从看得见 到看不见

- 漫谈“看不见” ..... 001
- 古代和近代的原子故事 ..... 008
- 关于“原子”的大论战 ..... 013
- 阴极射线的奥秘 ..... 016
- 汤姆孙的成功之路 ..... 020
- 人类认识的第一个基本粒子 ..... 023

## 二 量子世界的曙光

- 莫名其妙的量子 ..... 028
- 向经典物理学发起挑战 ..... 033
- 光究竟是什么 ..... 035

● 玻尔理论的诞生 .....	041
● “最伟大的发现者” .....	049
● 新奇的物质波 .....	057
● 电子波发现的传奇故事 .....	062

### 三 量子殿堂的落成

● 海森伯的矩阵形式 .....	066
● 薛定谔的波动方程 .....	069
● 狄拉克的相对论量子 .....	071
● 上帝在掷骰子吗 .....	077
● 奇怪的不确定原理 .....	080

### 四 庭院深深知几许

● 天外来客——宇宙线 .....	086
● 中子的发现 .....	092
● 正电子的发现 .....	100
● 切连科夫效应 .....	104
● 反质子的发现 .....	107

● 对反物质世界的探索 .....	108
● 回旋加速器的发明和发展 .....	114
● “有色有味”的夸克 .....	123
● 中间玻色子的发现 .....	129
● 捕捉重轻子之梦 .....	137

## ⑤ 科学就在我们身边

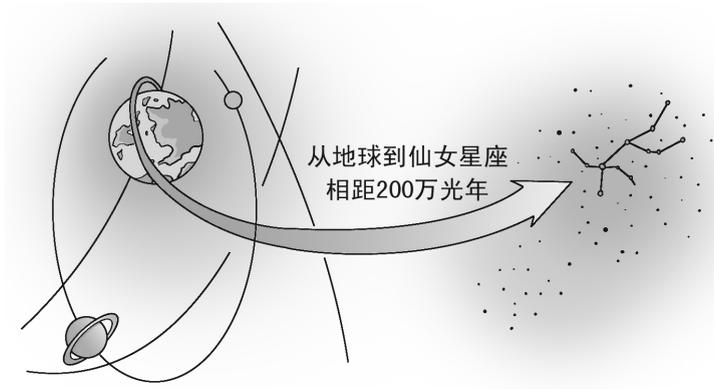
● 充满诱惑的超导列车 .....	141
● 魔术般的超流现象 .....	146
● 原子弹之父——奥本海默 .....	150
● 远见卓识的管理天才 .....	155
● 能照亮月球的激光 .....	160
● 能看见原子的显微镜 .....	165
● 从半导体到万维网 .....	171
● 让思想跟上科学技术的进步 .....	180

## 一、从看得见看不到

### ● 漫谈“看不见”

假如你在20世纪五六十年代某个乡村的夏夜，指着满天忽闪忽闪的小星星，对村里的叔叔阿姨爷爷奶奶们说，有许多小星星比月亮和地球还大，那准会落个“书呆子”的名声。即使在当地够得上“有头有脸”的人，也会对你的“星星比月亮大”的“奇谈怪论”嗤之以鼻，认为你是“喝墨水喝多了犯迷糊”。若不是你坚决相信课本和老师的话，准会被那种群起而攻之的阵势弄得真的犯迷糊。可不是吗，尽管你本来不相信有鬼，但老少爷们见鬼遇鬼躲鬼打鬼的“亲身经历”常年累月活灵活现地往你耳朵里直灌，久而久之还真的把人灌得一个人呆在黑屋子里时就发毛。“人言可畏”的这种例子谁都能举出一串来。

星星看着比月亮小，这与视角有关系。视角是由物体两



星空遥望

端射出的两条光线在眼球内交叉而成的角。物体本身越小或者离人越远，视角就越小，在人眼的视网膜上产生的感觉也就会觉得越小。不过，问题的症结并不在这儿。让我们仔细想一想就知道症结在哪儿。尽管星星的视角因为距离远而比月亮的视角小，让人觉着它本身就小，但小归小，毕竟还能看得见。根据“远处的东西看着就比较小”这种人人都有的生活经验，还能不理解星星可能比月亮大的道理吗？相比之下，“鬼”是绝对看不见的，可是“见鬼”的人直到今天仍不算太少。这些宁可相信“鬼”而不相信“星星可能比月亮大”的人，主要不是因为肉眼近视，而是因为对科学知识、科学方法、科学思维和科学精神缺乏起码的了解。

“看不见的科学”从“看不见”的字面上讲，跟“鬼”是一样的。在看不见的科学中所描述的事物，有的是因为离得太远看不见，例如肉眼看不见的星体；有的是因为物体太

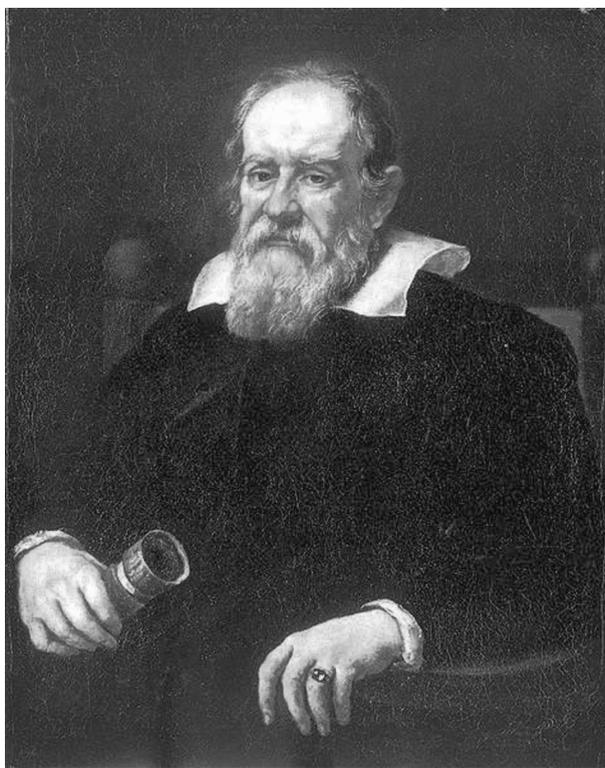
小看不见，例如原子和亚原子粒子；有的是因为它本身的属性就不可能被看见，例如黑洞和暗物质；有的是因为它没有空间形体或者说是无形的东西，例如物理学中的各种场。这种无形的东西比其他有形的东西更不容易让人认识。因此，让我们先谈谈这种无形的场，对它有所了解之后，自然就明白了它与“鬼”的差别。

在日常生活中，人们把适应某种需要的比较大的地方叫做场。例如，做体操的地方叫做操场，放牧的地方叫做牧场，作战的地方叫做战场，考试的地方叫做考场，诸如此类不胜枚举。这些场地都是看得见的，显然不属于“看不见的科学”。我们在这里说的是物理学中的场，是一种看不见的、与日常生活相比有很大的变化和引伸的“场”。在这里，场不再是简单地指某种场地，而是指物质存在的一种基本形态。它们像实物一样具有能量、动量甚至还具有质量，并且能够传递实物之间的相互作用。电场、磁场、引力场、规范场等等，名堂很多，它们都是物质存在的一种形态。

物理场的概念是自然科学中的一个基本概念。虽然场的概念出现只有160来年，但它的孕育期却比这长得多。随着几千年来尤其是最近几百年来人类认识的深化，场的概念才得以产生并不断发展着。它是人类认知过程中的最卓越和最深刻的物理思想的产物。

任何一门科学在其发展过程中的任何时候都会遇到两种问题。一种是“是什么”的问题，另一种则是“为什么”

的问题。前一种问题只要回答事物的表现形式怎么样就行了，而后一种则要追究其内在原因，显然深入了一步。例如问“惯性是什么？”可以这样回答：“惯性是物体不愿意改变自身运动状态的一种性质。”若再问“为什么有惯性？”这就涉及到惯性的起源问题，马赫原理就是为回答这样的问题而提出来的。马赫原理说：宇宙间一切物质的惯性完全取决于整个宇宙空间中物质和能量的分布。也就是说，一个物



科学拓荒者伽利略

体的惯性大小和质量大小都取决于宇宙中其他所有物质的分布情况和对它的吸引作用。看到这里，谁都会觉得问题变复杂了。本来是问一个物体的惯性问题，现在却要考虑整个宇宙中的无数物质怎么样。事实上，宇宙中任何一个物体的存在，都能在其周围空间引起某种实在的变化或赋予其周围空间一种实在的物理属性（例如惯性），使得所有出现在这一空间的其他物体都能感受到一种吸引作用。于是，人们便把具有这种作用属性的空间范围叫做这个物体所产生的引力场。不难想像，许多物体所产生的引力场就是它们各自产生的引力场的叠加。这时，若问某个物体在某处的受力情况，就需要考虑该处引力场对它的综合作用了。

正如引力是自然界中一种基本的力一样，引力场也是自然界中的一种基本的场。它是在伽利略、开普勒和牛顿对引力的科学研究的基础上发展起来的。我们将在随后的文章中看到这几位科学先驱的伟大贡献。牛顿力学能回答很多“是什么”的问题，却很难回答“为什么”的问题。我们都知道，物体之间是相互吸引的，这是万有引力定律给出的答案。那么，你知道这种相互吸引是如何实现的吗？是经过虚空吗？某种东西不经过任何载体而从一个物体传递到另一个物体，这种想法是很难为人接受的。包括大科学家牛顿在内的不少人，对这种超距作用的引力理论均持怀疑态度。在人们还没有认识到场的概念之前，便认为有某种中间介质或者说媒介充满物体之间的空间并且起传递力的作用。牛顿在给

他的朋友的一封信中明确地说明了他对这种媒介的想法，他认为这种媒介是极其稀薄的东西，能够无限延伸，在物体周围和物体里面都存在，而且还能流动。

可能有人会问，既然牛顿有媒介物质的想法，为什么他建立的引力理论却是超距作用的呢？简单讲，之所以如此，是因为实验上的限制。因为当时不论引进哪种媒介，都没有任何实验依据。而从17世纪开始，物理学已开始从哲学说教而变成一门定量的实验科学。促进这种伟大转变的，是这样3个人：英国哲学家培根、法国科学家笛卡尔和意大利科学家伽利略。在这3位先驱者的倡导下，人类从而有了一种科学地认识世界的新原则：这就是首先是对自然界做实验，然后是做出用以解释自然现象的科学假设，最后则给出能赖以建立理论的一般原理。还得用实验来检验，每一步都要检验，特别是对理论做检验。这样，理论是否正确的判据不再是它在逻辑上的正确性，也不再是看它漂亮不漂亮，而是看它的解释和预言同实验事实是否相符。若与实验不符，那就是错的。实验是理论的至高无上的裁判。

因为有实验这样一个冷酷无情的裁判存在，所以任何一种理论或者假说的提出，都是非常谨慎的。像各式各样的媒介假说，虽然给物质之间的相互作用提供了可能，但等到实验技术能检验它们时，便一个个地被否定了。场的概念之所以首次在电磁学中出现并很快为人所接受，是因为麦克斯韦电磁场理论预言的电磁波很快就被赫兹的实验所证实。否



发现万有引力定律的牛顿

则，有关场的理论就不可能发展得如此之快。

通过上面所谈，我们知道像无形的场这种看不见的科学，都是从看得见的科学发展而来的，都有着扎实的实验基础。它们虽然不能被人直接看见，但能被人感知、验证、控制和利用。显然，“鬼”不可能是这个样子。这就是看不见的科学与看不见的“鬼”的本质差别。通过对一些科学领域的探索过程的了解，我们无疑会从其中的创新思想、思维方式和研究方法等方面得到智慧的启迪和科学的陶冶。

## ● 古代和近代的原子故事

人类对自然界这个物质世界的认识，经历的探索时间是漫长的。土石叠为山丘，水流汇成河海。那么，土石和水流是由什么东西组成的？世间万物是怎样来的？假如不是无中生有的话，那么它们必定是由某些原始物质组成的，这些原始物质是什么？对这些问题的看法，或者说关于“原子”的设想，古代人就有多种多样。

早在公元前1000多年的殷周时期，我们中国人就提出了五行说，用金、木、水、火、土这5种常见的物质来说明宇宙万物的起源和变化。到了春秋战国时期，由五行说的发展而产生了五行相生、相克的观念。相生如木生火，火生土，土生金，金生水，水生木；相克如水克火，火克金，金克木，木克土，土克水。五行说中的合理因素，对我国古代的天文、历数和医学等方面，起了一定的作用。古代印度人也提出过与此类似的五大说，五大指的是地、水、火、风、空。

我国春秋时期的楚国，出了个与孔子齐名的大学问家老子。老子做过周朝管理藏书的官，后来隐居了。他写的《道德经》虽然只有5000字，内容却非常丰富。那时候，人们认为宇宙间的万事万物都由神的意志统治和主宰。最高的神

是天，也称为上天或天帝。所以，几乎人人都敬畏上天。然而，老子的看法却与众不同，他说，天地是没有仁义的，它对于万事万物，就像人对待用草扎的供祭祀用的狗一样，用完了就扔，不会有什么爱憎之情的。那么，天地万物的根本是什么呢？老子认为，有一样东西，在天地万物生长运行之前就存在了，世界上的所有东西不论什么都是由它产生的，没有了它，就什么也不会有。它就是“道”，即世界的本原是“道”。那么，道是一种什么样的东西呢？老子认为道是不能用语言表达的一种看不见、听不着、摸不到的混混沌沌的东西。你遇见它时，看不见它的前面；你跟着它时，看不见它的后面。然而，它又无处不在。按老子所言：“它惟恍惟惚，是无状之状，无像之像。”这就是我们所称的道家。道家说的这个“道”是精神的还是物质的，人们对此有不同的看法。我们也会觉得，这种“原子”，的确让人“恍惚”。

大约公元前600年，在古希腊，有个叫泰勒斯的哲学家，认为水是万物的本原。他认为，大地和万物，都是经过了一个自然过程，从水中产生的，就像尼罗河三角洲，是由淤泥沉积起来的一样。稍后，有个叫阿那克西曼德的人认为，万物的本原是一种被叫做“无限”的不固定的物质。它在运动中分裂出冷和热、干和湿等对立的東西，并且产生万物。

大约在公元前400多年，古希腊的哲学家德谟克利特发展了他的老师留基伯的原子学说，他把构成物质的最小单元叫做原子。他认为，原子是一种不可分割的、看不见的物质

微粒，它的内部没有任何空隙。原子在数量上是无限的，它们只有大小、形状和排列方式的不同，而没有本质的差别。原子在无限的虚空中急剧而无规则地运动着，互相碰撞，形成旋涡，从而产生了世界万物。

古人对物质的本原即“原子”的设想很多很多，这许许多多的说法，只能当做近代科学研究的一种参考，而不能看做是科学真谛。为什么这样说呢？因为这些假说的提出人，都没有想到或没有条件用实验来检验它们的正确性。只有能够用科学的方法进行检验，并且能经受住这种检验的东西，才是科学的东西。大约过了2000年的时间，直到17世纪，人们才开始用近似于科学的方法来研究物质结构的实验。

17世纪以前，人们还不知道空气里含有多种成分，以为空气就是空气，甚至不知道空气与蒸汽的区别。17世纪初，比利时的一个叫海尔蒙特的医生，第一次“天才地”起用了“气体”这个名词，并首次指出“蒸汽比气体容易凝结”的现象。海尔蒙特是个二元论者，他认为世间万物都是由水和空气这两种单元构成的。为证实这种猜想，他做了个非常有趣的柳树实验。

海尔蒙特用一个大瓦罐，往里面放了90.7千克烘干的土，再栽上一棵2.25千克的柳树苗。此后，除了往罐里浇水之外，不再放任何东西。而且，还把柳树的落叶一片片地拾起来保存着。这样过了5年，他拔起柳树再称，连同所有的落叶一共重76.8千克。再把土倒出来烘干称，只比原来少了