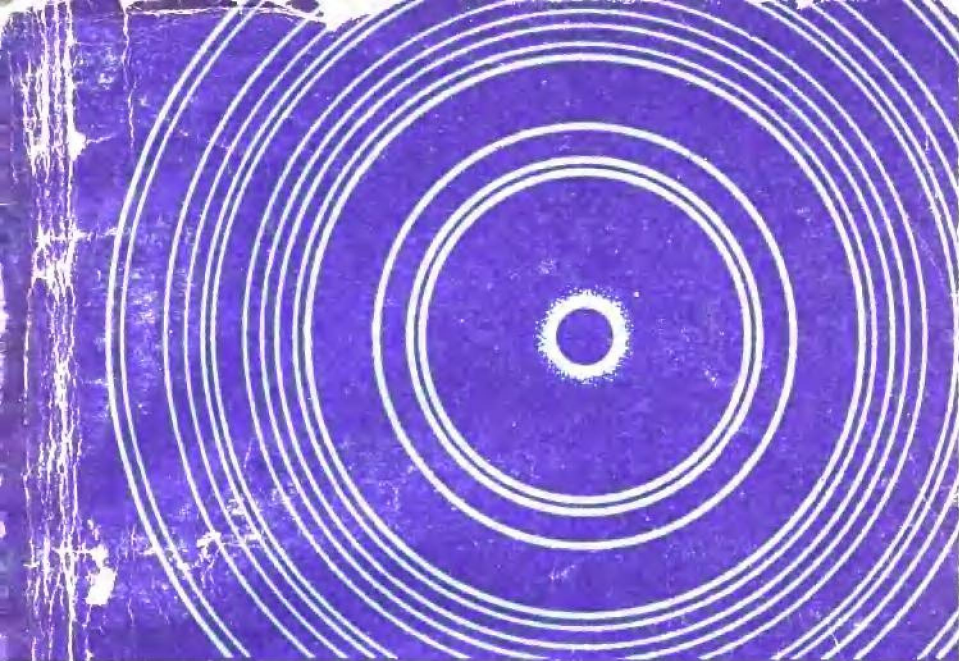




量子力学的世界



〔日〕片山泰久 著



科学出版社

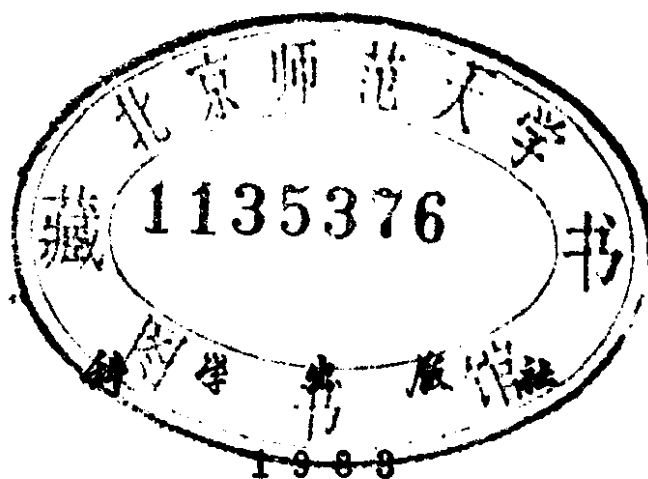
511.216/17

量子力学的世界

〔日〕片山泰久 著

陈永华 刘宇钧 译

理科阅览室



内 容 简 介

量子力学是本世纪初创立起来的一门科学。它不仅大大地改变了物理学的面貌，其影响还波及到自然科学的其他许多领域。今天，量子力学已从少数理论物理学家开辟的时代，进入到许多自然科学工作者运用它的时代。在不太远的将来，它还会变为一般人的常识范畴。可是由于量子力学的书一般都离不开高深难懂的数学，致使许多人望而却步。本书的特点在于全书不用一个数学式子，而是通过两个人对话的形式，以比较浅显的文字写成。因此可供初学者和对现代科学感兴趣的广大读者阅读。

片 山 泰 久
量 子 力 学 の 世 界
講談社1976

量 子 力 学 的 世 界

〔日〕片山泰久 著

陈永华 刘宇钧 译

责任编辑 鲍建成

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983年2月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983年2月第一次印刷 印张：5 ⁵/₈

印数：0001—9,200 字数：120,000

统一书号：13031·2122

本社书号：2893·13—3

定价：0.72 元

序 言

一提到量子力学,许多人会认为:“这和我没什么关系,因而也不感兴趣。”这也难怪,因为以前有关量子力学的书,大多引用许多难懂的数学公式。如果不懂高等数学,就无法看懂。当然也有例外,但只占少数。如盖莫夫的《物理世界奇遇记》*一书,就曾试图不用数学公式,而以巧妙的比喻来丰富想象力,设法使大家理解什么是相对论和什么是量子力学。我对这本书很有兴趣。即便是不太懂物理的人,也会认为它是一本有趣味的读物。但是,这本书对于初学量子力学的人能否有所帮助,还是个疑问。

最近听到片山泰久先生在写一本不使用数学式子的通俗的量子力学之后,我真有点不相信。因为片山长期和我在一起从事基本粒子理论研究,非常习惯于运用繁杂的数学公式。我曾想过:在“不使用数学式子”的条件下写书,他一定会感到困难吧……。

他送来了原稿,让我写序言。我发现真是连一个数学公式也没有使用。这本书是以对话形式写成的,因此比较容易读,但所写的内容则相当高深。看过这本书之后,使我切实体会到著者的一片苦心,他殷切希望广大读者弄懂这些高深的内容。仅仅用语言来表达如此高深的内容,绝不是一件简单的事情。这是一本与众不同的书,令我钦佩。

• 本书已由科学出版社翻译出版。——译者

或许是片山先生在直观地体会大家生疏的基本粒子方面的功夫有了成果，因而在较具体地说明量子力学方面，比我所想象的要显得容易一些。再者，也许是因为他最近在教工科学生，¹所以他的教学方法提高了。

我上中学时，相对论在世界范围内相当流行。时间、空间、以太、万有引力等人们熟悉的事物成了问题，因此引起了许多人的兴趣，这并不足为奇。虽然是一时的，可是连许多平素对物理学毫不关心的人，也把相对论作为日常闲谈的话题。这是一件异乎寻常的事，以后这种事再没有发生。

量子力学始于普朗克的量子论，创立于1900年。爱因斯坦的相对论比它晚了五年。可是爱因斯坦在大约十年的期间里，几乎独自完成了这个理论。由量子论总结成量子力学的形式，却花费了二十五、六年的时间。而且是经过许多优秀物理学家的努力，才完成这项工作。在这期间，量子论及量子力学虽不曾引起象相对论那样的热潮，但它们在学术界享有一定的声誉。量子力学改革了物理学，它的影响很快地波及到自然科学的其它领域。现代化学在以量子力学为基础理论这一点上，是和物理学站在一个共同的基础之上。如果没有量子力学，就不可能获得在电子工程学领域里的半导体、脉泽、激光器等划时代的发明。要理解生命现象的本质，也离不开量子力学。

不仅如此，只要我们是科学和文明的世界生活，那就不能说量子论或量子力学“和自己没有关系”。例如大家都知道，紫外线对于人体及细菌的作用和可见光不同。但是，如果撇开光量子，我们将无法解释它。当把一块不易挥发的物质加热时，开始发红，再升高温度就会白热化。为了说明人所共知的这一现象，普朗克苦心钻研，才产生了量子论。铁为什么会变成磁铁呢？氢原子和氧原子之间化学结合

的本质是什么呢？诸如此类的问题多得很，而对这些疑问能作出正确答案的，就是量子力学。

相对论带有哲学色彩，这是使大多数人关心的最重要原因。然而量子力学提出了比相对论更富于哲学性的问题。尤其是，一个原因并不一定产生一个结果，这种不确定性肯定对我们的思想方法产生深刻影响。

总括这些情况来看，我想，量子力学这门科学，迟早会变成大家常识中的一部分。只是在现阶段，大多数人对量子力学似乎很不容易接受，还没有变成一般人的常识。因此我希望更多的人能看看片山先生这一部冲破难关、煞费苦心的作品。

汤川秀树

著 者 序

这本小册子是为对现代科学感兴趣的许多成年人、学生和要向科学进军的年轻人而写的。著者努力设法做到，即使读者的科学和数学预备知识不多也能阅读。特别是完全避免使用数学式子。

量子力学是研究肉眼看不见的原子、分子等微观世界所不可缺少的理论工具。它的理论和我们的生活常识很不相同。为了阐述量子力学的正确性，往往要用高深数学来表达，这就增添了一道障碍，不是一般人所能突破。但是，只用普通语言来解说量子力学而不用数学式子，却是很不容易的。

我所以下决心尝试不用数学式子来解说的理由是：第一，在现时期，原子、分子等微观世界和我们生活的关系逐渐密切，因而了解这个世界是大家不可缺少的。第二，量子力学提出的思想方法及证实事物的方法，与其说是要否定我们的常识，不如说是促使我们重新认真考虑各种问题。这种思想和方法，在生活的各个方面都是十分有用的。我想，量子力学成为所有人的新常识的时代，可能很快就会到来。因而科学家们应当尝试，使自己的常识变成更多人的常识。这本小册子能否达到预期目的，著者还没有把握。希望读者能够体会区区心意。我想，今后总会诞生更好的书。

量子力学创始于本世纪初，并在短期内得到显著的发

展。著者在开始编写时，得到一本昭和十四年（1939年）出版的田村松平著《量子论》。田村先生是我的一位恩师，现已从京都大学退休，他写该书的愿望和我现在的相同。由他的书里可以体会到，一心想把量子力学介绍给青年学子的热情。从那时起，三十年的历史，已把量子力学推广到超过预料的更广阔的领域。今后将同样是如此。这本小册子里的内容，恐怕不久还会有人改写。著者衷心希望，从这书的读者中，将出现写作更加推广和发展的未来量子力学的人。

目 录

I 量子已逐渐为人们所熟悉

咖啡和量子力学·····	(1)
新的常识·····	(3)
叩击微观世界的拐杖·····	(4)
无限小型化·····	(7)
狭窄而广阔的天地·····	(8)
把米原器也送到圣赫勒拿岛去·····	(10)
由原子记录时间·····	(12)
能看到宇宙尽头的光·····	(14)
支配人类未来的一盆水·····	(16)
原子能不是最后的火·····	(18)

II 量子是这样诞生的

1. 大自然在飞跃前进

起始于德国的炼铁工业·····	(20)
从“黑”腔里产生的谜·····	(22)
蓝的公式·····	(25)
红的公式·····	(26)
在圣诞节来开量子大门的人·····	(27)

2. 光是粒子

被光打掉的电子·····	(31)
--------------	--------

光是可以数的·····	(32)
不知道普朗克公式的爱因斯坦·····	(34)
3. 原子语言的解释	
使咖啡混浊的原子光·····	(36)
光是语言·····	(37)
巴耳末老人的语法·····	(38)
4. h 所支配的世界	
汤姆孙的西瓜和长冈的土星·····	(41)
原子是有芯的吗? ·····	(43)
由光量子挽救·····	(46)
太长的论文·····	(48)
能量跃过阶梯·····	(49)
5. 终于抓住了量子	
与旧物理学的诀别·····	(52)
德布罗意的波纹·····	(54)
导出量子的漂亮数学公式·····	(55)
旧酒囊里装新酒·····	(56)

III 量子力学的思想方法

1. 粒子为什么是波呢?

波是一种不确定性的表现·····	(59)
位置和速度不能同时确定·····	(62)
物理学变得什么也不能决定了吗? ·····	(64)

2. “不确定性”的理论

用几率使电子波动·····	(66)
不确定性的确定方法·····	(69)
爱因斯坦的反对·····	(70)

3 量子的地图

能量是决定性的因素·····	(74)
原子的新肖像·····	(76)

通向旧物理学的桥梁·····	(79)
挖掘隧道的量子·····	(31)
4.因果与量子力学	
杀猫问答·····	(84)
时间有方向吗·····	(86)
原子与人的界限·····	(89)

IV 量子把科学联系起来

1.周期表的理论解释	
电子云·····	(92)
左旋电子与右旋电子·····	(94)
泡利的原子设计·····	(97)
2.化学被电子所支配	
从云里伸出手来·····	(100)
是原子的云还是分子的云·····	(103)
反应越过山峰·····	(106)
3.固体中的海	
与声音结合的热现象·····	(109)
电子之海·····	(111)
固体物理学与电子学·····	(114)
4.向着原子核内部	
科学的处女地·····	(117)
原子核里的幻数·····	(119)
新的火之化学·····	(122)

V 量子所开辟的可能性

1.由量子开创的世界	
名目繁多的量子××学·····	(126)
未知和矛盾的猎人·····	(127)
2.量子力学的终点	

电子也会消失·····	(130)
世界与反世界·····	(132)
所谓量子电动力学的标准答案·····	(137)
朝永的重整化理论·····	(139)
3.超低温的世界	
电子学的前途·····	(141)
自己爬出来的液体·····	(143)
可以看得见的量子·····	(146)
4.超高温的世界	
恒星上的火与量子力学·····	(147)
普罗米修斯之火·····	(149)
汤川打开的基本粒子的箱子·····	(152)
 VI 从量子所得到的	
所谓永恒的真理·····	(156)
量子力学也有局限性·····	(158)
思想方法的模式比知识更重要·····	(160)
离开人类又回到人间·····	(161)
 以量子力学为中心的年表·····	(164)

I

量子已逐渐为人们所熟悉

咖啡和量子力学

一个阳光和煦的下午，使人几乎忘了是在冬季。A 教授从大学研究室里走出来，进入附近一家咖啡馆。没想到在那里遇见一位老朋友B先生。在学生时代，他们是亲近的伙伴，经常一起讨论各种问题。A教授曾听说，B先生从大学文科毕业以后就在出版社工作。

久别重逢的两位老朋友高兴地见了面，没谈完三两句家常话，B先生却提起一件意想不到的事。

B：“我正考虑几时抽空去拜访你，请教一下量子力学是什么，你看可以吗？”

A教授的脸上露出了有些踌躇的表情。他想，刚讲完量子力学从讲台上下来，为了喘口气才来喝咖啡的。要是在这里让我再重复一遍可真吃不消。

A说：“请等一等吧。你的问题虽简单，可这不是几句话所能解决的。”

B同意道：“不，其实我也没那样想。如果可以的话，我上你那里多去几次。不过你要是照着教科书讲一遍，无论如何也接受不了。首先，我数学很差，不会导公式，这你是

知道的。所以希望你在讲解时不用数学式子，不知道行不行，也许是过分的要求吧。总之，希望就象现在这样，以喝着咖啡的心情来领教。”

A：“噢！原来是这样。以喝着咖啡的轻松心情来学习量子力学。啊，这倒是个难题……。”

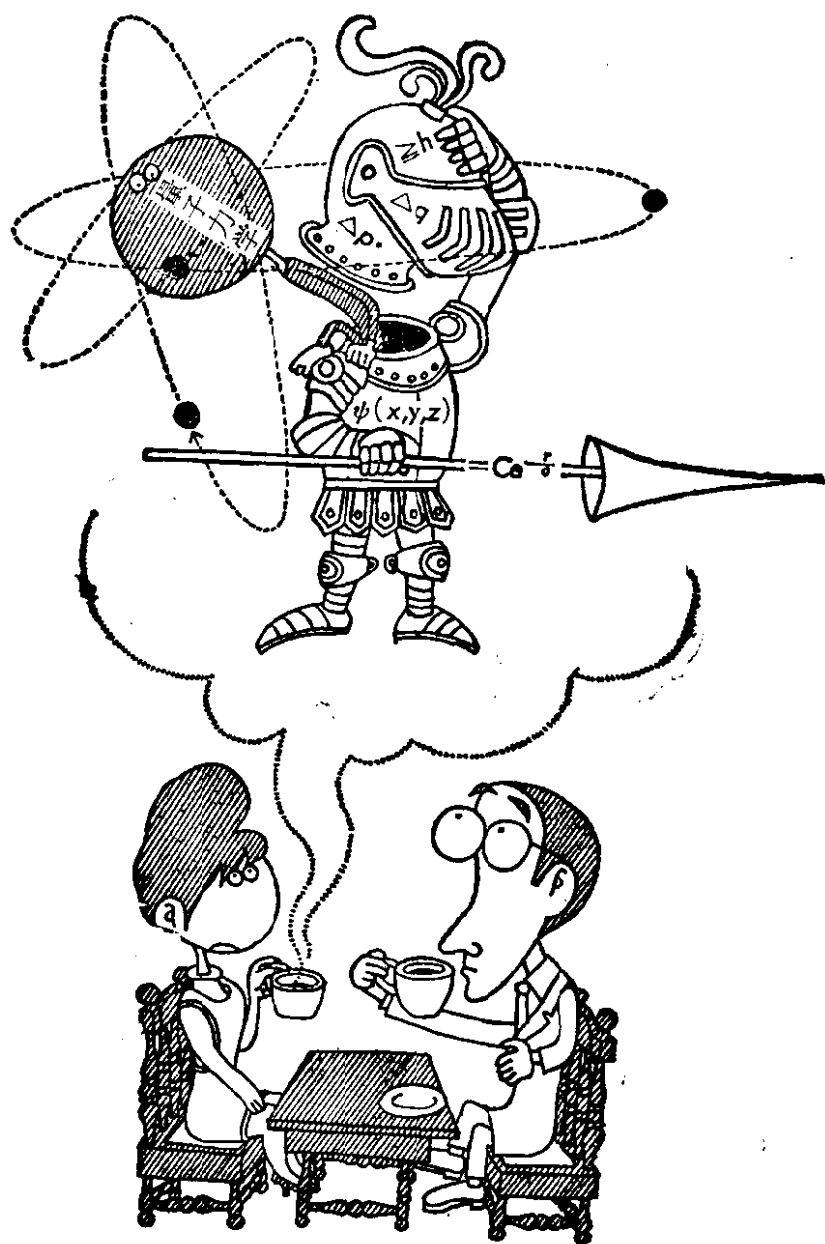


图1 量子力学变成常识的日子就要到来

A教授略微沉思一下。不管怎样，人们通常都以为量子力学是建立在高深数学的基础之上，自己作学生时也曾认为离开数学就不可能理解。但是近来已觉得，量子力学的趣味和它那繁难的数学公式是两码事。现在也和自己的学生时代大不相同。量子力学已不是仅靠部分理论物理学家来开辟的时代，而是进入到由全体自然科学工作者运用它的时代。它已成为科学工作者的常识的一部分。而且，量子力学变成一般人的常识的时代将很快到来。那么，量子力学就要成为能和大众接近的，可以用喝咖啡的轻松心情来理解的科学了。

A教授于是回答道：“总之，姑且试试看吧。”说完，拿起快要凉的咖啡一饮而尽。

新的常识

A：“我先问一句。你现在怎么会想起要了解量子力学呢？”

B：“我怎么想就怎么说吧，也许答非所问。近来，我开始对各种科学感觉兴趣，但是科学的进步飞快，使人应接不暇。原子能的发展就是这样，因原子弹的制成而大吃一惊已成过去，如今已实现了原子能发电并建造了原子动力船。以半导体为中心的电子学的发展也是如此。相继生产出化学调味品、塑料、人造纤维等等新东西的石油工业的发展也是如此。总之，数起来没个完，哪个领域都毫无例外地以极快的速度前进。

“我曾考虑过，促进这种发展的原因究竟是什么？确实存在各种因素，但不管是哪一门科学，寻问根源，都会碰到电子或者原子和分子。在导线里流过的是电子，构成物质的是原子和分子，这我容易明白。但是不了解，为什么那些看不见的小东西会使一切科学超速发展呢？乍一提起电子、原

子、分子，总觉得比较熟悉，可是仔细一想，又好象什么也没弄懂。

“为了弄懂电子和原子而进一步研究，结果又碰到量子。我想，促使现代社会前进的庞大科学的理论支柱是不是量子力学呢？这样粗略考虑之后，我决心把量子力学作为现代科学的常识之一来学习。你看，这样说是否有错误？”

A：“不，你的回答不仅没有错，而且相当出色，我仿佛是在听优秀生答题。你既然有这样的思想准备，那我就好谈了。并且我也感到非常有兴趣。”

A教授和B先生的协定就这样定下了。两位老朋友都决心要履行这项协定。

叩击微观世界的拐杖

约好的第一天，B先生比预定的时间来得早些。他头一次到A教授的研究室，显得有点不习惯。到处张望着，可能是回忆起自己的学生时代吧。一开口就先提出个直率的问题。

B：“我听说你在研究物理学，因此想顺便参观参观各种仪器。可是，遗憾的是，哪儿也见不到这些东西，屋子里空空的。这也算搞研究工作吗？会不会因为你研究的对象太小了，所以使用的装置也微小得令我看不见呢？”

A：“你的话似乎有点讽刺，不过常有人这样提，所以我现在也习惯了。实际上，随着研究对象的缩小，实验装置反而要变大。对我们的专业来说，这些实验装置应该象一座规模相当大的工厂。因此，在这么小的房间里什么实验也做不了。另一方面，使用的装置既然如此之大，问题也就变得更加复杂。一个人不能面面俱到，所以分成只搞实验工作的实验专家和只用纸笔的理论专家。早先有过既从事理论又干实

验的研究工作者。当问题变得复杂之后，把一个人的精力分散到两个方面就不合算了。不搞实验，也有大量的物理学问题要我们从理论上去研究。”

B: “你说随着研究对象的缩小而实验装置反倒要变大，这是很有意思的，但我还不太明白。”

A: “我们的眼睛不适于观察很微小的东西。为了弥补这一点而发明了显微镜。由于使用显微镜，人们又发现了细菌。但显微镜所能观察的范围，也不过只达到细菌那样，不能再小。为了检查更麻烦的滤过性病毒，又制成以电子射线代替光线的电子显微镜。它需要一个促使电子高速运动的高压电源，这就不象一般光学显微镜那样简单可以放在桌角上，而是大得足足要占据这间屋的一多半。再说用电子显微镜能观察到怎样小的东西呢？可以到一百万分之一厘米（ 10^{-6} 厘米）；即使是最新的装置，也只能观察到一千万分之一厘米（ 10^{-7} 厘米）左右。这样，还是不容易看见原子和大多数分子。”

B: “噢，原子的大小约为一亿分之一厘米（ 10^{-8} 厘米），因此还需要改进放大倍数，使它达到目前的10倍、100倍才行。”

A: “可是，如果你使用的是可见光或电子射线，这类装置的性能总会有一定的限度，无论如何也不能再改善。当研究对象象原子这样小，我们只能学盲人认东西那样，用拐杖去敲打。因为以原子作为研究对象，所以拐杖的大小如果不与原子相当，便没有意义。这样，就需要给相当于原子大小的东西加上足够力量。我们通常使用的东西是由无数原子组成的。要使其中每个原子都得到足够的力量，其总体就相当可观了。为了做到这一点，就需要一个更大的装置。”

B: “你说的大装置，约计有多大？”