

量子力学的世界

〔日〕片山泰久 著

李尧秋

郭和夫

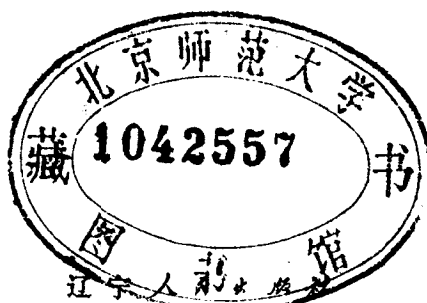
石晶洁 译

李海 校

郭喜代

胡皆汉

5/12/16/16



一九八二年·沈阳

量子力学的世界

〔日〕片山泰久

李尧秋 石晶洁 郭喜代 译

辽宁人民出版社出版

(沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行

朝阳六六七厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：7 1/2

字数：142,000 印数：1—5,000

1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

统一书号：13090·60 定价：0.52元

序

有些人一听到量子力学就说：“它和我没有任何关系，我对它也不感兴趣。”说完，把脸一扭就走了。这种说法不是毫无道理的。在以前所写的阐明量子力学的书籍中，有很多难懂的数学式。如果没有高等数学基础知识的话，是理解不了的。当然，也有少数例外。如，盖莫夫写的《奇怪国的汤姆金斯》一书^①，就是使用了巧妙的比喻来代替数学式的，他用了一些假设的方法，试图说明什么是相对论和量子力学的问题。我认为这本书很有意思。甚至对一些不大懂物理的人来说，也可能是一本有趣的读物。可是，它能否作为一本量子力学的入门书，恐怕还是个问题。

最近，听说片山泰久君写了一本不用数学式来解释量子力学的书，当时，我有些不大相信。长期以来一直跟我进行基本粒子研究的片山君，是惯于使用繁杂的数学式的。把“不用数学式”作为一个附加条件，想必是很困难的吧……

可是，当要叫我写序言时，打开原稿一看，的确是一个数学式也没有。因为是采用对话方式，所以，也容易读。而

^① 乔治·盖莫夫 (Gamow George)，1904—1968，出生在俄国的美国科学家，写过许多出色的科普作品，《奇怪国的汤姆金斯》是他的早期作品。1965年盖莫夫补充改写的《物理世界奇遇记》已在我国翻译出版。

且，所写的内容也是相当深奥的。他在这上面花费了多少心血，这我是知道的。这么多的内容，就是光用语言把它表达出来，也不是一件容易的事情。此外，至今还没有一本相类似的书，这是我很佩服的。

片山君把距离人类社会现实较远的基本粒子直观地抓住，花费了许多心血，所以，他能够出乎意料地把量子力学更形象地加以说明。最近，他在教导工学院的学生时，他的教学艺术也许又前进了一步。

在我上中学的时候，相对论原理就在世界各地广泛地流行着。由于对时间、空间、以太、万有引力等谁也不怎么知道，所以，引起了许多人的兴趣，这并不奇怪。可是，很多平时对物理学等不怎么关心的人们，也把相对论原理作为日常生活中的话题，这是盛极一时的。

量子力学起始于普朗克^①的量子论。那是1900年出现的。爱因斯坦^②的相对论比它晚五年；可是，爱因斯坦在十年左右的时间里，几乎是单独地把它完成了。量子论从开始到量子力学的完成，大约花费了二十五、六年的时间。这是由许多优秀的物理学家辛勤劳动的结果。其间，无论是量子论还是量子力学，从没引起象相对论原理那样的热潮。可是，在学术界里却持续着一股无声的涌流。曾经变革了物理学的量

① 普朗克(Planck, Max karl Ernst Ludwig), 1858—1947, 德国物理学家, 对热力学、统计物理、量子力学都卓有贡献。1918年获诺贝尔物理奖。

② 爱因斯坦(Einstein, Albert), 1879—1955, 德国理论物理学家, 1933年受纳粹迫害而迁居美国, 以提出相对论著名于世, 1921年获得诺贝尔物理奖。

子力学，正向着自然科学的其它领域里迅速扩展着。现代化学就是以量子力学作为理论基础的。从这一点来说，它跟物理学的立足点是共同的。在电子工程学里，象晶体管、脉泽、莱泽那样划时代的发明，没有量子力学是不可能有的。对生命现象的了解，从根本上来说，离开量子力学也是不行的。

我们既然生活在科学文明的时代，那就不能认为量子论或量子力学“与己无关”。大家都知道，紫外线对人体和细菌的作用（与肉眼看得见的光线不同），对此，要不用光量子是不可能解释清楚的。把难于挥发的物质块加热时，立刻它就变红了，如果再提高温度，就会变成白炽。为了解释这个现象，普朗克费尽了心血，终于发表了量子论。铁怎么会变成磁铁？氢和氧等原子之间的化学结合的本质是怎样的？有很多类似这样的疑问，要想正确地解答这些问题，还得靠量子力学，

相对论原理带有哲学的色彩，这是成为很多人关心它的一个重要原因。可是，量子力学所涉及到的哲学上的问题，并不亚于、甚至还超过相对论的原理。尤其是测不准关系所导致的一个原因所引起的结果不一定是唯一的，这对我们在思考方法上不能不产生深刻的影响。

把这些全都考虑进去，量子力学迟早会成为所有常识中的一部分。不过，对许多人来说，因为是“万事开头难”，所以，可能会推迟普及的时间。片山君的这本苦心孤诣的著作，就是想要打开“开头难”这道墙壁，期望能有更多的人读到这本书。

汤川秀树

• 3 •

前 言

本书是为喜爱现代科学的广大群众和学生，以及想迈进科学大门的年青人而编写的。因此，力求使缺乏科学和数学基础知识的人也能读。尤其是，这本书完全不用数学式。

量子力学是为了理解肉眼看不见的原子、分子的世界所不可缺少的一种会话方法。它跟我们日常生活中所用的普通常识完全不同。为了正确地表达，量子力学常常是穿着高度数学的“铠甲”。所以说，不用数学式来讲解量子力学，委实是件很冒险的事。

可是，我之所以想冒这个险，原因有二：其一，现代是原子、分子的世界，它我们的生活有着密切的关系，所以，了解这个世界，对所有的人来说都是不可缺少的。其二，对于量子力学所提出的观点和检验事物的方法，不该排斥而是要重新审查我们的常识，因为那些观点和方法，在各个方面都会有用的。我想，这样一来，量子力学成为人们新常识的时代，很快就会到来。为此，科学家把自己的知识向更多的人普及、介绍，也应该冒这个险吧。这本书虽然不知能否达到这个预期的效果，可是，如果读者能接受作者的这种看法的话，我想，今后将会有更多更好的书出现。

量子力学是二十世纪才出现的，在很短的时间内得到了惊人的发展。当我写这本书的时候，拿到一本过去和我具有同样希望之下写成的小册子，那就是1939年出版的田村松平著的《量子论》。田村先生是作者的恩师之一，他最近从京都大学退休了，然而那本书却使所有想要了解新生量子力学的人，产生一种象青年学生那样的热情。从那时起，已经三十年过去了，量子力学正以惊人的速度向更广阔的领域扩展着。今后，也是如此。所以，这本书中所写的内容，恐怕不久就会有所改动吧。从这本书的读者中间，将会有人写出更为广阔的未来的量子力学，这是作者衷心期望的。

最后，对为本书写序言的汤川秀树先生、写本书时给予方便的中村诚太郎先生、还有为本书出版而竭尽全力的讲谈社的田泽雄三、末武亲一郎，以及不厌其烦、不辞劳苦为本书绘制插图的永美春夫等表示衷心的感谢。

片山泰久

1967年春于京都下鸭

目 录

序

前 言

第一章 在我们周围的量子	1
咖啡和量子力学	2
新的常识	3
窥测未知世界的“探路棒”	4
小型化是无限的	9
狭窄而广阔的天地	10
公尺制标准原器也该流放到圣·赫列拿岛去	12
原子滴答滴答地刻划时间	14
可以看到宇宙边极的光	18
支配着人类命运的洗澡盆水	20
原子能不一定就是最后的能源	22
第二章 量子是这样产生的	25
1. 自然界在飞跃	26
从德国的钢铁工业谈起	26
来自“黑”箱中的谜	28
蓝的公式	32
红的公式	33
圣诞节晚上叩击量子大门的人	35
2. 光是粒子	39

光能打出电子来	39
光是可数的	41
没有发觉普朗克公式的爱因斯坦	42
3. 原子语言的解释	45
使咖啡浑浊的原子光	45
光是语言	47
巴尔末老的语法	48
4. “h”控制的世界	51
汤姆逊的西瓜和长冈的土星	51
原子中有核芯吗?	54
光量子的援助	57
冗长的论文	59
能量是阶梯式跃迁的	60
5. 终于抓住了量子	64
跟旧物理学诀别	64
德布罗意波	66
导出量子的完美的数学式	69
旧皮囊里盛新酒	70
第三章 量子力学的观点	73
1. 粒子怎么会是波呢?	74
波是“测不准”的表现	74
不能同时确定位置和速度	77
物理学什么也不能决定吗?	80
2. “测不准”原理	82
电子是按几率波动的	82
测不准的测定方法	84
爱因斯坦的抵制	87

3. 量子的地图	91
能量是一张“王牌”	91
原子的新照片	94
给旧物理学架桥	97
挖隧道的量子	99
4. 因果和量子力学	102
杀猫问答	102
时间有方向吗?	105
原子和人的界限	108
第四章 量子是科学的纽带	112
1. 周期表的理论解释	113
电子云	113
左旋电子与右旋电子	115
泡利的原子设计	118
2. 化学是受电子支配的	122
从云里伸出手来	122
是原子云还是分子云?	126
越过反应的顶峰	130
3. 固体中的海洋	133
跟声音有联系的热现象	133
电子的海洋	136
固体物理与电子学	139
4. 到原子核中去	143
科学的处女地	143
核中的魔术数字	145
新的火焰化学	148
第五章 量子开创了可能性	153

1. 量子的广阔世界	154
有这么多的量子××学	154
未知和矛盾的猎人	156
2. 量子力学的终点	159
电子也消失了	159
世界与反世界	161
所谓量子电动力学的标准答案	167
朝永的重正化理论	169
3. 极低温的世界	172
电子学的前途	172
自己会爬出来的液体	175
眼睛看得见的量子	178
4. 超高温的世界	180
星球上的火与量子力学	180
普罗米修斯的火	182
汤川打开了基本粒子的箱子	186
第六章 量子告诉我们什么？	190
所谓绝对真理	191
量子力学也是有限度的	194
重要的不是知识而是思维	195
从人间来又回到人间去	197
附 录	200
1. 有关量子力学的年代表	200
2. 日、英、中人名和部分术语索引对照表	202

第一章 在我们周围的量子



核分裂——核聚变反应不一定就是人类所能得到的最终能源。

咖啡和量子力学

在阳光温暖的一个下午，A教授从大学研究室里出来，漫步走进附近的一家熟悉的茶馆。在这家茶馆，他遇见一位老朋友，那是他在学生时代常常盘腿围坐、一起议论古今中外的友好B君。他听说B君在大学文科毕业后，一直在某家出版社里工作。

他们非常高兴地寒暄致意，还没尽兴，B君却出乎意料地说道：

“正好，本来我打算有工夫的话专门去找找您的。我有这么一件事：请给我讲讲量子力学究竟是怎么回事好吗？”

A教授惊讶地浮现出为难的神情。他是刚刚离开量子力学的讲坛，为获得暂短的休息才来茶馆喝咖啡的。正因为如此，在这里再重复讲课太受不了啦。

A：“待一会儿吧，您是那么简单而突然地提出问题，可这不是一两句话就能说明白的事儿呀！”

B：“是呀，我也不是那个意思。如果您方便的话，我本来想，能到您那儿去几趟才好呢。不过，我希望的，不是按教科书里写的那一套来讲解，那我是无论如何也消化不了的。您很清楚，我的数学底子是很差劲的。所以，多花点时间倒不要紧，只是请您不要用那些数学来给我讲，行不行？最好是象这样，一面喝着咖啡，一面随便地谈着。我的意图就

是这样。”

A：“哦，是这样。象喝咖啡那样随便地讲量子力学，唔，这倒是个难题……”

A教授开始认真地思索了。怎么说呢？量子力学是建立在高等数学基础上的。在学生时代就想过，离开数学，简直无法懂得量子力学。不过，近年来也渐渐地感到，饶有兴趣的量子力学本身，和它的“数学铠甲”还是有所不同。再说，学生时代和现在的情况已有很大差别。这一期间，历经了量子力学由一部分理论物理学家开辟的时期，发展到所有自然科学家广泛使用的时代。目前，量子力学已成为科学家的常识之一，以后也许将会成为普通人的常识的时代了。为此，量子力学将象喝咖啡那样成为对谁都很亲切、熟悉的事，这种推想也并不是毫无道理的。

A：“那么，就试一试看吧。”

A教授就这样地答应了，一口气喝完快凉了的咖啡。

新的常识

A：“我想先了解一下，到底是什么原因促使您对量子力学发生兴趣的？”A教授首先提出了问题。

B：“我不一定说得清楚，反正怎么想就怎么说吧。近来，我对各种科学都感到有兴趣，可是，科学技术的发展实在太快了，真是日新月异。比如说原子能吧，看到原子弹的出现曾大吃一惊，这早已成为过去的事了。现在已经有了原子能发电站、原子能船舶等。以半导体技术为中心的电子学也是这样。还有化学调味品、塑料、合成纤维以及不断出现

新产品的石油工业也是这样。这样，算起来简直是没法一一列举，数也数不清。总之，几乎各个领域都以可观的速度在发展着。

“我反复考虑过这种进步的原因何在。尽管原因很多，但是不论哪个科学领域，归根到底都离不开电子、原子或者是分子的范畴。在电线里流动着的是电子，形成各种物质的是原子和分子，这些我还是明白的。可是我不懂的是：‘为什么这些看不见摸不着的东西，能以高速度推动着几乎是所有的科学部门的发展’，还有，我们现在嘴里说的、耳朵里听到的电子、原子、分子这类名词，好象一般地都明白似的，但是仔细一琢磨并不很了解。

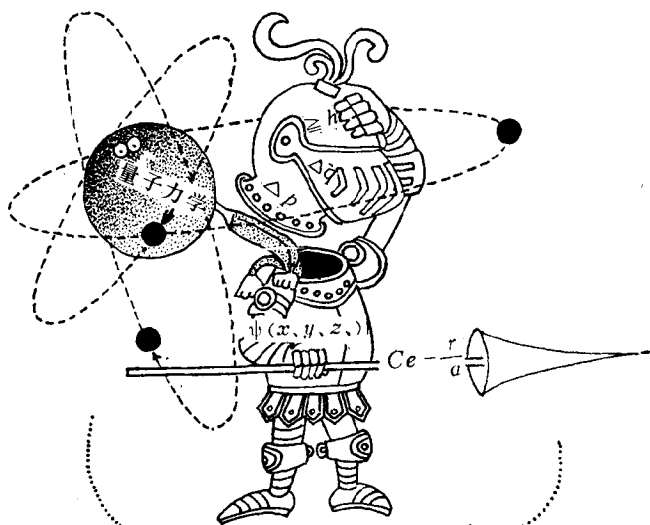
为了深入理解电子、原子之类，现在又碰到所谓量子。我认为，它终究将会成为推动现代社会、支撑巨大科学的理论支柱。换句话说，这个量子力学，相当于一根顶梁柱。所以，我决心把量子力学当作现代常识之一来学习，这样做不对吗？”

A：“对，不仅没错，而且说得妙极了。听起来简直就象优等生的答辩。您有那么多的心得，我讲起来也容易得多了。您的话，也引起了我的兴趣。”

A教授和B君的协议就这样达成了。当然，今后两个人都要互相履行这项协议的。

窥测未知世界的“探路棒”

约好的第一天，B君提前来到大学研究室。也许是由于初次来到A教授的房间，或是想起了自己的学生时代，总



量子力学成为人们常识的时代即将来临。

之，显得有些不大习惯。B君好奇地张望一番后，开始交替地提出了各种问题。

B：“据我所知，您是研究物理学的，本想顺便请您给我看一看各种仪器设备；可是，请原谅，在这里怎么什么也看不到，这样能进行研究吗？大概由于您的研究对象太小，所以设备也小到了看不见的程度，是吗？”

A：“您说什么呀？以前也常有人提出这样的问题。关于实验装置，这同您想的正好相反，研究对象愈小，所需要的设备却愈大。按我所从事的专业情况来看，需要的设备规模简直象个大工厂。在这样小的屋子里是什么也干不成的。可实际上，要使用那么大的设备，问题也就愈来愈复杂了。对各个方面要开展研究，一个人是搞不过来的。所以，在科学研究上通常又分为专门从事实验的实验科学工作者和只用纸和笔的理论研究工作者。从前，曾经有过又搞理论又搞实验的研究人员，但随着科学技术的发展，如果把理论研究和实验技术混在一起的话，反而会妨碍两方面才能的发挥。即使不做实验，物理学需要研究的课题也是很多的。”

B：“您说，如果研究的对象愈小，实验设备就愈大。这句话我还不太懂，可是我很感兴趣。”

A：“我们的眼睛是无法看到极小的物质的。因此，作为眼睛的补充手段，显微镜被发明了。从而也就发现了病原菌。不过，用显微镜也就只能看到这么大的范围。接着，有更麻烦的细菌——叫作‘滤过性病原菌’，也就是‘病毒’。在观察病毒时，又出现了用电子束来代替光线的电子显微镜。在这时，要使电子流动，就要用高压设备。这不象光学