



物理新论

倪简白/主编

杨振宁

美与物理学

李政道

艺术和科学

X射线的发现

人造卫星是怎样发射的

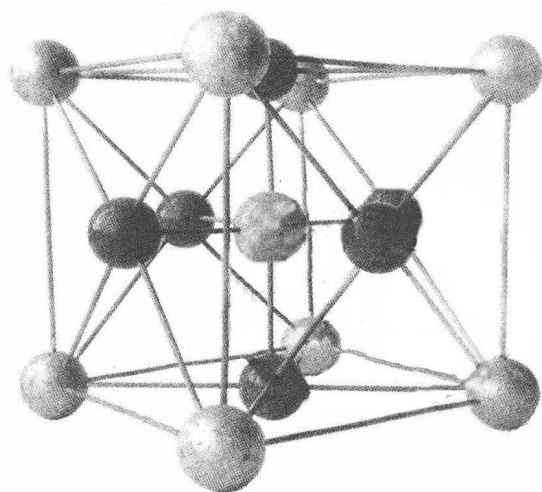
时光隧道

长春出版社
全国百佳图书出版单位

青少年科学启智系列

物理新论

倪简白◎主编



長 春 出 版 社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

物理新论 / 倪简白主编. —长春: 长春出版社, 2013.1
(青少年科学启智系列)
ISBN 978-7-5445-2619-7

I. ①物… II. ①倪… III. ①物理学—青年读物
②物理学—少年读物 IV. ①04—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 274936 号

著作权合同登记号 图字: 07-2012-3851

物理新论

本书中文简体字版权由台湾商务印书馆授予长春出版社出版发行。

物理新论

主 编: 倪简白
责任编辑: 王生团
封面设计: 王 宁

出版发行: 长春出版社 总编室电话: 0431-88563443
发行部电话: 0431-88561180 邮购零售电话: 0431-88561177
地 址: 吉林省长春市建设街 1377 号
邮 编: 130061
网 址: www.cccbs.net
制 版: 长春市大航图文制作有限公司
印 制: 沈阳新华印刷厂
经 销: 新华书店

开 本: 700 毫米×980 毫米 1/16
字 数: 138 千字
印 张: 15
版 次: 2013 年 1 月第 1 版
印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷
定 价: 24.90 元

版权所有 盗版必究

如有印装质量问题, 请与印厂联系调换 联系电话: 024-25872814 转 2050

序

物理学是一门既广博又深奥的学科,至今有四百年的发展历史。从我个人学习、工作和教学的经历,深知物理学的博大精深。由于其思想晦涩,理论深邃,因此很难为公众所了解。许多中学生、大学生,甚至研究生在涉猎后就很快放弃。我们编写这本书就是希望带领学生走进、学习、欣赏这个领域。

奥地利的物理学家汉斯·蒂林格在《从牛顿到薛定谔的理论物理学之路》一书中写道:“每一门科学都是用世世代代研究者无数努力的代价建立起来的大厦。”物理学和其他科学一样,是经过人类孜孜不倦的努力建立起来

的大厦。在建造这个大厦的漫长历程中，人类用自己的聪明才智和执着探索书写着科学史上的奇迹，把人类精神的坐标不断地提高。然而当我们回顾这些伟大物理学家平凡而又卓越的人生经历时，我们一定会对他们所做的工作而感到敬畏，也一定会被他们的精神所鼓舞，或许会产生从事这项伟大工作的梦想。我们也希望通过介绍现代物理学领域取得的巨大成就，来培养青少年爱科学的兴趣，去引导他们从事科学探索。

通俗的物理科普读物，能够开启青少年的思维，也能够培养一种理性精神。本书是一部讲述现代物理学发展的图书，语言既通俗易懂又引人入胜。作者用清晰明了、幽默风趣的笔法，介绍了十九世纪至二十世纪物理学界的一些重大发现及其一些相关的故事。既介绍基础性的物理知识，也介绍物理学的一些新发展，同时还介绍一些关于物理学的新探索。在物理学基础知识方面，本书收集了诺贝尔物理学奖获得者杨振宁和李政道两位先生的三篇文章。这两位先生是美籍华裔的著名物理学家，他的文章内容不仅丰富，语言通俗，介绍了近现代物理学发展的一些基础知识。在写作风格上，通过艺术和审美的笔调把艰涩的物理知识呈现给读者，不仅把物理学的内在之美展示出来，更向我们表达了一种真挚的人文关怀和深厚的人文底蕴，这对于青少年认知科学、领悟人生具有积极的启迪作用。

在物理学新发展方面,本书主要介绍的是一些在世界上有影响力的科学发现,如 X 射线的发现、相对论、神秘微中子、夸克的发现等。在物理学新探索方面,着重介绍了一些近代物理学发展的新领域,如激光效应超导、量子流体、微影技术等。这些内容不仅可以使青少年详尽地了解物理学的知识,也可以作为科普知识爱好者阅读选择的题材。

本书由于由不同的作者写成,在写作风格和语言上不尽相同,但是这些作者都是物理学方面的专家,他们或者在高校从教,或者在研究所从事研究工作,甚至有些在国外师从一流的教授、专家学习,这些作者的文章可读性和知识性极强,但同时也指出,书中也难免有纰漏之处,敬请读者指正。

编 者

目 录

- 1 / 美与物理学
- 16 / 爱因斯坦对二十一世纪理论物理学的影响
- 28 / 艺术和科学
- 49 / 碎形——大自然的几何学
- 61 / 夸克发迹——1990 年诺贝尔物理奖
- 69 / 相对论的先驱之一——麦克森
- 81 / 电子发现一百周年
- 91 / X 射线的发现——谈科学家追根究底的精神
- 100 / 神秘的微中子
- 108 / 人造卫星是怎样发射的
- 130 / 为什么是碳而不是硅
- 139 / 电子跃迁与激光效应

- 149 / 量子力学、费曼与路径积分
- 161 / 时光隧道：虫洞
- 175 / 急速升温的超导
- 186 / 分数量子霍尔效应——新发现的量子流体
- 206 / 微影技术简介
- 219 / 弦圈之争——基本粒子研究进入“战国时代”

美与物理学

□ 杨振宁

19 世纪物理学的三项最高成就是：热力学、电磁学与统计力学。其中统计力学奠基于麦克斯韦（J. Maxwell, 1831—1879）、波兹曼（L. Boltzmann, 1844—1905）与吉布斯（W. Gibbs, 1839—1903）的工作。波兹曼曾经说过：

一位音乐家在听到几个音节后，即能辨认出莫扎特、贝多芬或舒伯特的音乐。同样，一位数学家或物理学家也能在读了数页文字后，辨认出柯西、高斯、雅可比、亥姆霍兹或克希荷夫的工作。

对于他的这一段话也许有人会发生疑问：科学是研究事实的，事实就是事实，哪里会有什么风格？关于这一点我曾经有过如下的讨论：

让我们拿物理学来讲吧！物理学的原理有它的结构，这个结构有它的美和妙的地方。而各个物理学工作者，对于这个结构的不同的美和妙的地方，有不同的感受。因为大家有不同的感受，所以每位工作者就会发展他自己独特的研究方向和研究方法，也就是说他会形成他自己的风格。今天我的演讲就是要尝试阐述上面这一段话。我们先从两位著名物理学家的风格讲起。

狄拉克

狄拉克 (P. Dirac, 1902—1984, 图 1) 是 20 世纪一位伟大物理学家。关于他的故事很多。譬如，有一次狄拉克在普林斯顿大学演讲，演讲完毕，一位听众就起来

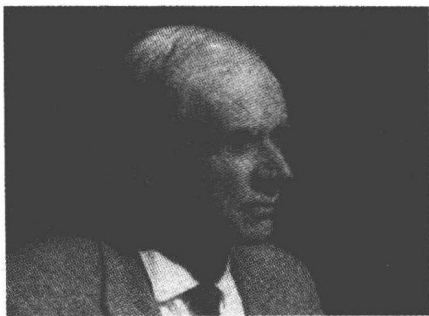


图 1 狄拉克

说：“我有一个问题请回答，我不懂怎么可以从公式 (2) 推导出来公式 (5)。”狄拉克不答。主持者说：“狄拉克教授，请回答他的问题。”狄拉克说：“他并没有问问题，只说了

一句话。”

这个故事所以流传极广，是因为它确实描述了狄拉克的一个特点：话不多，而其内含有简单、直接、原始的逻辑性。一旦抓住了他独特的、别人想不到的逻辑，他的文章读起来便很通顺，就像“秋水文章不染尘”，没有任何渣滓，直达深处，直达宇宙的奥秘。

狄拉克最了不得的工作是 1928 年发表的两篇短文，写下了狄拉克方程：^①

$$(p\alpha + mc^2\beta)\psi = E\psi$$

这个简单的方程式是惊天动地的成就，是划时代的里程碑：它对原子结构及分子结构都给予了新的层面和新的、极准确的了解。没有这个方程，就没有今天的原子分子物理学与化学。没有狄拉克引进的观念，就不会有今天医院里通用的核磁共振成像（MRI）技术，不过此项技术实在只是狄拉克方程的一项极小的应用。

狄拉克方程“无中生有、石破天惊”地指出为什么电子有“自旋”（spin），而且为什么“自旋角动量”是 1/2 而不是整数。初次了解此中奥妙的人都无法不惊叹其为“神来之笔”，是别人无法想到的妙算。当时最负盛名的海森堡（W.

① 此方程式中 p 是动量， c 是光速（300000 千米/秒）， m 是电子的质量， E 是能量， ψ 是波函数，这些都是当时大家已熟悉的观念。 α 和 β 是狄拉克引进的新观念，十分简单却影响极大，在物理学和数学中都起了超级作用。

Heisenberg, 1901—1976)看了狄拉克的文章,无法了解狄拉克怎么会想出此神来之笔,于1928年5月3日给泡利(W. Pauli, 1900—1958)写了一封信描述了他的烦恼:^①

为了不持续地被狄拉克所烦扰,我换了一个题目做,得到了一些成果。

狄拉克方程之妙处虽然当时立刻被同行所认识,可是它有一项前所未有的特性,叫做“负能”现象,这是大家所绝对不能接受的。狄拉克的文章发表以后三年间关于负能现象有了许多复杂的讨论,最后于1931年狄拉克又大胆提出“反粒子”理论(Theory of Antiparticles)来解释负能现象。这个理论当时更不为同行所接受,因而流传了许多半羡慕半嘲弄的故事。直到1932年秋安德森(C. D. Anderson, 1905—1991)发现了电子的反粒子以后,大家才渐渐认识到反粒子理论又是物理学的另一个里程碑。

20世纪的物理学家中,风格最独特的就数狄拉克了。我曾想把他的文章的风格写下来给我的文、史、艺术方面的朋

① 海森堡是当时最被狄拉克方程所烦扰的物理学家,因为他是这方面的大专家。1913年波尔最早提出了量子数的观念,这些数都是整数。1921年,还不到20岁的学生海森堡大胆提出量子数是 $1/2$ 的可能,1925年两位年轻的荷兰物理学家把 $1/2$ 的量子数解释成自旋角动量。这一些发展都是唯象理论,它们得到了许多与实验极端符合的结果,十分成功,可是它们都还只是东拼西凑出来的理论。狄拉克方程则不然,它极美妙地解释了为什么自旋角动量必须是 $1/2$ 。由此我们很容易体会到当天才的海森堡看了狄拉克方程,在敬佩之余必定会产生高度的烦恼。

友们看，始终不知如何下笔。1996年偶然在香港《大公报》大公园一栏上看到一篇文章，其中引用了高适（700—765）在《答侯少府》中的诗句：“性灵出万象，风骨超常伦。”我非常高兴，觉得用这两句来描述狄拉克方程和反粒子理论是再好不过了。一方面狄拉克方程确实包罗万象，而用“出”字描述狄拉克的灵感尤为传神。另一方面，他于1928年以后四年间不顾波尔（N. Bohr, 1885—1962）、海森堡、泡利等当时的大物理学家的冷嘲热讽，始终坚持他的理论，而最后得到全胜，正合“风骨超常伦”。

可是什么是“性灵”呢？这两个字联起来字典上的解释不中肯。若直觉地把“性情”、“本性”、“心灵”、“灵魂”、“灵犀”、“圣灵”（Ghost）等加起来似乎是指直接的、原始的、未加琢磨的思路，而这恰巧是狄拉克方程之精神。刚好此时我和香港中文大学童元方博士谈到《二十一世纪》上有关钱锺桥的一篇文章，才知道袁宏道（1568—1610）和后来的周作人（1885—1967）、林语堂（1895—1976）等的性灵论。袁宏道说他的弟弟袁中道（1570—1623）的诗是“独抒性灵，不拘格套”，这也正是狄拉克作风的特征。“非从自己的胸臆流出，不肯下笔”，又正好描述了狄拉克的独创性！

海森堡

比狄拉克年长一岁的海森堡是20世纪另一位大物理学



图2 (上) 海森堡 (右) 狄拉克与海森堡 1930 年前后在美国剑桥

家, 有人认为他比狄拉克还要略高一筹^①。他于 1925 年夏天写了一篇文章, 引导出了量子力学的发展。38 年以后, 科学史家库恩 (T. Kuhn, 1922—1996) 访问他, 谈到构思那个工作时的情景。海森堡说:

爬山的时候, 你想爬某个山峰, 但往往到处是雾……你有地图, 或别的索引之类的东西, 知道你的目的地, 但是仍坠入雾中。然后……忽然你模糊地, 只在数秒钟的功夫, 自雾中看到一些形象, 你说: “哦, 这就是我要找的大石。” 整个情形自此而发生了突变, 因为虽然你仍不知道你能不能爬到那块大石, 但是那一瞬间你

① 诺贝尔奖委员会似持此观点: 海森堡独获 1932 年诺贝尔奖, 而狄拉克和薛定谔合获 1933 年诺贝尔奖。

说：“我现在知道我在什么地方了。我必须爬近那块大石，然后就知道该如何前进了。”

这段谈话生动地描述了海森堡 1925 年夏摸索前进的情形。要了解当时的气氛，必须知道自从 1913 年波尔提出了他的原子模型以后，物理学即进入了一个非常时代：牛顿（I. Newton, 1642—1727）力学的基础发生了动摇，可是用了牛顿力学的一些观念再加上一些新的往往不能自圆其说的假设，却又可以准确地描述许多原子结构方面奇特的实验结果。奥本海默（J. R. Oppenheimer, 1904—1967）这样描述这个不寻常的时代：

那是一个在实验室里耐心工作的时代，有许多关键性的实验和大胆的决策，有许多错误的尝试和不成熟的假设。那是一个真挚通讯与匆忙会议的时代，有许多激烈的辩论和无情的批评，里面充满了巧妙的数学性的挡架方法。

对于那些参加者，那是一个创新的时代，自宇宙结构的新认识中他们得到了激奋，也尝到了恐惧。这段历史恐怕永远不会被完全记录下来。要写这段历史须要有像写奥迪帕斯（Oedipus）或写克伦威尔（Cromwell）那样的笔力，可是由于涉及的知识距离日常生活是如此遥远，实在很难想象有任何诗人或史家能胜任。

1925年夏天,23岁的海森堡在雾中摸索,终于摸到了方向,写了上面所提到的那篇文章。有人说这是三百年来物理学史上继牛顿的《数学原理》以后影响最深远的一篇文章。

可是这篇文章只开创了一个摸索前进的方向,此后两年间还要通过波恩(M. Born, 1882—1970)、狄拉克、薛定谔(E. Schrödinger, 1887—1961),波尔等人和海森堡自己的努力,量子力学的整体架构才逐渐完成。^①量子力学使物理学跨入崭新的时代,更直接影响了20世纪的工业发展,举凡核能发电、核武器、激光、半导体元件等都是量子力学的产物。

1927年夏,25岁尚未结婚的海森堡当了莱比锡(Leipzig)大学理论物理系主任。后来成名的布洛赫(F. Bloch, 1905—1983,核磁共振机制创建者)和泰勒(E. Teller, 1908—2003,“氢弹之父”,我在芝加哥大学时的博士学位导师)都是他的学生。他喜欢打乒乓球,而且极好胜。第一年他在系中称霸,1928年秋,自美国来了一位博士后,自此海森堡只能

① 紧跟着海森堡的文章。数月内即又有波恩与约尔丹(P. Jordan, 1902—1980)的文章和波恩、海森堡与约尔丹的文章。这三篇文章世称《一人文章》、《二人文章》及《三人文章》,合起来奠定了量子力学的数学结构。狄拉克和薛定谔则分别从另外的途径也建立了同样的结构。但是这个数学结构的物理意义却一时没有明朗化。1927年海森堡的“测不准原理”和波尔的“互补原理”才给量子力学的物理意义建立了“哥本哈根解释”。

屈居亚军。这位博士就是大家都很熟悉的周培源。

海森堡所有的文章都有一共同特点：朦胧、不清楚、有渣滓，与狄拉克的文章的风格形成一个鲜明的对比。读了海森堡的文章，你会惊叹他的独创力（originality），然而会觉得问题还没有做完，没有做干净，还要发展下去。而读了狄拉克的文章，你也会惊叹他的独创力，同时却觉得他似乎已把一切都发展到了尽头，没有什么再可以做下去了。

前面提到狄拉克的文章给人“秋水文章不染尘”的感受，海森堡的文章则完全不同，二者对比清浊分明。我想不到有什么诗句或成语可以描述海森堡的文章，既能道出他天才的独创性，又能描述他思路中不清楚、有渣滓、有时似乎茫然乱摸索的特点。

物理学与数学

海森堡和狄拉克的风格为什么如此不同？主要原因是他们所专注的物理学内涵不同。为了解释此点，请看图3所表示的物理学的三个部门和其中的关系：“唯象理论”（phenomenological theory）是介乎“实验”和“理论架构”之间的研究。“实验”和“唯象理论”合起来是实验物理，“唯象理

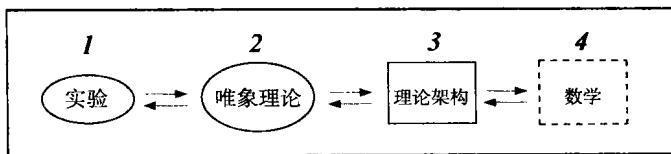


图3 物理学的三个领域