



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds

Clifford A. Pickover
Archimedes to Hawking
Laws of Science and the Great Minds Behind Them

从阿基米德到霍金

科学定律及其背后的伟大智者

克利福德·A·皮克奥弗 著

何玉静 刘茉 译

Philosopher's Stone Series

哲人石
丛书

当代科普名著系列



棋盘就是世界, 棋子就是
宇宙中的现象, 游戏规则就是
我们所谓的自然律。

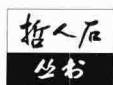
——赫胥黎



上海科技教育出版社



上海出版资金项目
Shanghai Publishing Funds



Philosopher's Stone Series

当代科普名著系列

从阿基米德到霍金

科学定律及其背后的伟大智者

克利福德·A·皮克奥弗 著

何玉静 刘茉 译



上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

从阿基米德到霍金:科学定律及其背后的伟大智者/(美)皮克奥弗(Pickover, C. A.)著;何玉静,刘莱译. —上海:上海科技教育出版社,2014.11

(哲人石丛书. 当代科普名著系列)

书名原文:Archimedes to Hawking: Laws of science and the great minds behind them

ISBN 978-7-5428-6045-3

I. ①从… II. ①皮… ②何… ③刘… III. ①科学家—生平事迹—世界—通俗读物 IV. ①K816.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 187899 号

**Archimedes to Hawking:
Laws of Science and the Great Minds Behind Them**

by

Clifford A. Pickover

Copyright © 2008 by Clifford A. Pickover

Chinese (Simplified Characters) Translation Copyright © 2014 by

Shanghai Scientific & Technological Education Publishing House

Published by arrangement with Oxford Publishing Limited

Through Andrew Nurnberg Associates International Ltd.

ALL RIGHTS RESERVED

上海科技教育出版社业经 Andrew Nurnberg Associates International Ltd. 协助

取得本书中文简体字版版权

责任编辑 殷晓岚 裴剑

装帧设计 汤世梁

哲人石丛书

从阿基米德到霍金

——科学定律及其背后的伟大智者

克利福德·A·皮克奥弗 著

何玉静 刘茉 译

上海世纪出版股份有限公司

出版

上海科技教育出版社

(上海冠生园路393号 邮政编码200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

网址: www.ewen.co www.sste.com

各地新华书店经销 上海商务联西印刷有限公司印刷

ISBN 978-7-5428-6045-3/N·918

图字 09-2013-56 号

开本 635×965 1/16 印张 37 插页 4 字数 497 000

2014年11月第1版 2014年11月第1次印刷

定价: 87.00 元

有人认为宇宙是一个谜,这种观点我不同意……我觉得这种观点对伽利略(Galileo)在大约 400 年前启动并由牛顿(Newton)继续下去的科学革命不公平。伽利略和牛顿发现,至少宇宙的某些区域……受着精确数学定律的支配。从那时起,多年来我们一直在不断拓展伽利略和牛顿的研究工作……我们现在所拥有的数学定律,可以支配我们平常体验到的一切事物。

——霍金(Stephen Hawking),
《黑洞和婴儿宇宙及其他文章》

(*Black Holes and Baby Universes and Other Essays*)

致谢 / 1

关于术语和符号的说明 / 5

引言与背景 / 1

本章探讨了以个人名字命名的定律的定义,定律发现者的生活和苦恼,科学与宗教,定律和理论之间的差异,以及定律发现者的地域和时间分布。

自然律 / 2

定律发现者 / 5

用个人的名字给定律命名是否公正? / 15

理论与定律 / 20

我们发现了定律,还是发明了定律? / 25

数学的简明性与实在 / 26

究竟何为实在? / 29

本书的结构与目的 / 31

发现定律的时间分布 / 34

发现者在何处 / 37

终极定律何时将被发现? / 40

公元前 250—1700 年 / 45

阿基米德浮力定律,约公元前 250 年 / 47

开普勒行星运动定律,1609 年和 1618 年 / 58

斯涅耳折射定律,1621 年 / 73

胡克弹性定律,1660 年 / 83

玻意耳气体定律,1662 年 / 94

牛顿运动定律、万有引力定律和冷却定律,1687 年和 1701 年 / 103

1700—1800 年 / 137

伯努利流体动力学定律,1738 年 / 139

朗伯辐射定律,1760 年 / 151

波得行星距离定则,1766 年 / 158

库仑静电定律,1785 年 / 166

查理气体定律,1787 年 / 180

1800—1900 年 / 189

道尔顿分压定律,1801 年 / 191

亨利气体定律,1802 年 / 203

盖-吕萨克气体化合体积定律,1808 年 / 209

阿伏伽德罗气体定律,1811 年 / 217

布儒斯特光偏振定律,1815 年 / 223

杜隆-珀蒂比热容定律,1819 年 / 234

毕奥-萨伐尔磁力定律,1820 年 / 244

傅里叶导热定律,1822 年 / 252

安培电磁环路定律,1825 年 / 263

欧姆电流定律,1827 年 / 271

格雷姆气体泻流定律,1829 年 / 281

法拉第电磁感应定律和电解定律,1831 年和 1833 年 / 291

高斯电磁定律,1835 年 / 309

泊肃叶流体流动定律,1840 年 / 326

焦耳电热定律,1840 年 / 333

基尔霍夫电路定律和热辐射定律,1845 年和 1859 年 / 344

克劳修斯热力学定律,1850 年 / 354

斯托克斯黏度定律,1851 年 / 376

比尔吸收定律,1852 年 / 391

维德曼—弗兰兹传导率定律,1853 年 / 395

菲克扩散定律,1855 年 / 401

白贝罗风压定律,1857 年 / 409

厄缶毛细定律,1866 年 / 415

科尔劳施电导率定律,1874 年和 1875 年 / 421

居里磁性定律和居里—外斯定律,1895 年,总结概括于 1907 年 / 429

1900 年及以后 / 445

普朗克辐射定律,1900 年 / 447

布拉格晶体衍射定律,1913 年 / 464

海森伯不确定性原理,1927 年 / 474

哈勃宇宙膨胀定律,1929 年 / 485

伟大的竞争者 / 497

本章列出了第二套以个人名字命名、范围极其广泛的定律,以此结束对定律和定律发现者的探讨。

1600—1700 年 / 499

1700—1800 年 / 502

1800—1900 年 / 503

1900 年及之后 / 521

终评:科学中的数学之美 / 535

本章简要探讨了数学之美和人类的成就,以及物理学和宗教,还介绍了其他重要的物理学家和方程,包括 $E=mc^2$ 、麦克斯韦方程组、薛定谔波动方程、德布罗意波方程、爱因斯坦广义相对论的场方程、狄拉

克方程、巴尔末系、普朗克方程、杨—米尔斯方程、德雷克方程、香农方程和逻辑斯谛映射。

数学之美 / 536

科学中的伟大方程 / 537

人类成就表 / 540

“史上最伟大的方程” / 543

尼加拉瓜邮票列表 / 549

物理学和宗教 / 551

参考文献 / 555

引言与背景

牛顿出生在黑暗的、晦涩而神秘的世界……曾至少一度濒临疯狂的边缘……然而,他仍发现了人类知识的众多核心要素,前无古人后无来者。他是现代世界的总建筑师……他赋予知识一种物质的属性:定量而精确。他创立了法则,而人们称之为他的定律。

——格雷克(James Gleick),
《牛顿传》(*Isaac Newton*)

物理学每前进一大步,都要求引入新的数学工具和概念,而且也常常会受到新的数学工具和概念的启发。我们目前对物理学定律的理解,具备极高的精确性和普适性,但这种理解只有用数学术语才有可能实现。

——迈克尔·阿提亚爵士(Sir Michael Atiyah),
《牵弦》(*Pulling the Strings*),
《自然》(*Nature*)

自然律

现在一般公认宇宙是按照精妙的定律演化的。定律可能是上帝制定的,但看起来他又不干预宇宙,以免破坏定律。

——霍金,

《黑洞和婴儿宇宙》

爱因斯坦曾评论道,“有关世界的最不可理解的事情就是它是可以理解的。”实际上,我们似乎居住在一个用简洁的数学公式和物理学定律就能描述或概括的宇宙之中。

在本书中,我讨论了几个世纪以来人们所发现的那些里程碑式的自然律,它们深刻地改变了我们的日常生活,加深了我们对宇宙的认识。这些定律优雅地刻画了不同环境下的自然现象。例如,你将详细了解伯努利流体动力学定律(Bernoulli's Law of Hydrodynamics): $v^2/2 + gz + p/\rho = C$,它在空气动力学领域应用广泛,当研究飞机机翼、螺旋桨叶片和轮船舵上方的空气或水流的流动时,都得考虑该定律。菲克第二扩散定律(Fick's Second Law of Diffusion): $(\partial c/\partial t)_x = D(\partial^2 c/\partial x^2)_t$,可用于解释昆虫如何利用信息素进行交流,解释古人的迁移,或是石油碳氢化合物在被其污染的土壤中的扩散。法医有时会运用牛顿冷却定律(Newton's Law of Cooling): $T(t) = T_{\text{env}} + [T(0) - T_{\text{env}}]e^{-k}$,来确定在肮脏的旅馆房间内发现的尸体的死亡时间。

定律赋予了人类创造和破坏的能力——而且有时它们确实改变了我们对现实本身的看法。在20世纪40年代,格雷姆定律(Graham's Law) $R_1/R_2 = (M_2/M_1)^{1/2}$ 帮助科学家制造出了用于轰炸日本的原子弹。与电磁相关的各种定律使技术专家能够用有线和无线通信将世界联系起来。对于当今的很多科学家来说,海森伯不确定性原理(Heisenberg Uncertainty Principle): $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$,意味着物理宇宙不是严格地

以一个确定的形式存在,而是一个概率的集合。所有这些相对简单的表达式都以其简洁性和有效性给我们留下了深刻印象。

我与加德纳及其他人一样,认为通常可用简单的公式和定律来描述自然——不是因为我们发明了数学和定律,而是因为自然拥有某些隐藏的数学特征。比如,加德纳在他那经典的文章《秩序与意外》(1950)中写道:

如果宇宙突然冻结,并停止所有运动,那么对其结构的考察将不会让你看到其各部分的一种随机分布。比如,我们将发现大量简单的几何图案——从星系的旋涡结构到雪花晶体的六角形。上好时钟的发条,其部件按某些定律有节奏地运动,这些定律常可用令人惊奇的简单方程表示出来。然而,并没有逻辑性或先验的理由来解释事情之所以会如此的原因。

在这里,加德纳认为简单的数学统治了从分子到银河尺度的自然界。牛顿将我们揭示科学基本定律的探索,比作小孩子在无垠大海边寻找美丽的贝壳。爱因斯坦觉得自己就像是一个进入一座无限大的外文图书馆中的孩子。这个孩子不理解大多数书籍,但他能意识到或猜测到这些图书是按一种神秘的秩序排列的。

与之类似,理论物理学家斯坦哈特(Paul Steinhardt)在布罗克曼(John Brockman)所著的《世界让我们笃信的事》(*What We Believe but Cannot Prove*)一书中写道:

当前的观察和实验说明我们的宇宙是简单的。物质和能量的分布异常均匀。复杂结构的等级性,从星系团到亚核粒子,可根据几十个基本元素和极少数几种自然力来描述,简单的对称性将一切联系在一起。简单的宇宙需要简单的解释。

几个世纪以前,大多数发现者认为上帝制定了自然律。比如,英国科学家艾萨克·牛顿爵士(1642—1727)以及很多跟他同时代的人,都认为宇宙定律是按照上帝的意志制定的,上帝是按照逻辑方式行事的。在牛顿的《原理》(*Principia*, 1713)一书第二版的序言中,英国数学家科茨(Roger Cotes)写道:

毫无疑问,这个世界如此多元化,我们在其中发现了各种形态和运动,这个世界的产生不归因于别的,只能归因于那完美自由的上帝意志的完全指引和主持。

从这个源泉……流出了自然律,其中看起来确实存在很多最有智慧的创造者的痕迹,但是要说必然会有这些定律,那是一点影子都没有。因此,我们无须从不确定的猜想中寻找它们,而是要从观察和实验中了解它们。

斯托克斯(George Stokes, 1819—1903)以斯托克斯黏度定律(Stokes's Law of Viscosity)著称于世,他在自己所著的《自然神学》(*Natural Theology*)中写道:

承认上帝的存在,承认人格化的上帝的存在,出现奇迹的可能性马上就确立了。如果自然律是按照上帝的意旨执行的,那么实现了这些意旨的上帝也可以令自然律暂停。如果对于自然律的暂停觉得很难接受,那么我们甚至没有必要假设上帝暂停了这些定律。

因为自然律提供了一种探索现实之本质的框架,并允许科学家对宇宙作出预测,所以定律的发现是人类最伟大的智力或理性的成果之一。为了确切地阐述自然律,科学家常需要扮演重要观察者的角色,发明出创造性的实验方案,或者展现出高深的领悟力——为此,本书中的发现者一般都是各自领域中最有能力的科学家。

乍一看,本书可能就像是一个彼此毫无关联的、孤立的定律的冗长目录表。但在你阅读本书的过程中,我想你很快就会发现它们之间的很多联系。显然,科学家和数学家的最终目标不是简单地累积事实和公式,而是通过探索来理解这些事实的模式、组织原理和这些事实之间的关系,从而建立定律。

为了编写本书,我从庞大的科学定律集合中挑选了若干,这些定律都深刻地影响了世界。能够选入本书的定律一般满足如下标准:

- 它们是定律、法则和原理,对于事实、观察结果或现象具有广泛的解释力——而且在某一具体学科中,它们已被人们广泛接受。

- 这些定律、法则和原理用某个人的名字命名,通常意味着某一位科学家,要么是在定律的发现过程中,要么是在使定律引起更多的科学关注方面发挥了积极的推动作用。

想象一下这些充满激情的人们,在寻找、发现以及检验居于事实核心的现象的优雅公式时,所经历的那些令人惊异的境遇吧。最终,这些发现者改变了我们对宇宙的想象和归类。

定律发现者

科学家的宗教式情感表现为对自然律和谐性的狂热式的惊喜,这种惊喜显示了一种优秀的智能,与之相比,所有的系统性思维和人类的行为都完全是些无关紧要的反应。这种情感是他生活和工作的指导原则……毋庸置疑,这种情感与控制了所有年代的宗教界天才人物的情感类似。

——爱因斯坦,

《我的世界观》(*Mein Weltbild*), 1934 年

据美国社会学家默顿(Robert K. Merton, 1910—2003)研究发现,这种命名方式——用发现者的名字命名定律、理论以及发现——可以追溯到伽利略时代。科学界经常奖励这样的科学家,他们要么首次发现了什么,要么提出了一条自然律,也可能仅仅是在正确的时间、正确的地点,得到了一个实验发现。

因为本书主要关注以发现者的名字命名的定律,所以在搜索想要的定律或方程时一定要善于使用索引,你想要的定律或方程可能会在你没有料到的条目中有所探讨。我从不将自己局限于那些影响当今科学状况的定律——影响了过去几代人的定律也在我的考虑范围之内。如果你对空间感兴趣,科学中有些最著名的“方程”——由于历史的或其他的原因,人们并不称之为“定律”——可以在本书最后部分“终评”中找到。

我要提醒读者的是,我关注以发现者的名字命名的定律,并不意味着这些定律就涵盖了物理学的所有重大发现——当然,现代发现的大部分定律和法则对于认识宇宙的本质来说是至关重要的,虽然这些定律和法则的命名方式通常都是描述性的。实际上,1900年之后以发现者名字命名的定律相对来说比较少,在本书的“终评”部分对其有详细的介绍,本书主要条目中没有探讨的那些重要物理概念,我也会在“终评”中举例说明。然而,我还是希望我详述的得名由来可以帮助大众读者感受一下那段隐藏在重要的定律和丰富多彩的人物背后的历史,这些人都亲身参与了几个世纪以来的发现。

本书介绍的这些以他们的名字来命名定律的科学家们都魅力四射、多姿多彩,有时还很古怪。他们中的许多人都是多才多艺的博学之人——他们精力充沛,似乎有着取之不竭的能量和层出不穷的好奇心,他们大多从事过许多不同科学领域的研究工作。例如,法国物理学家毕奥(Jean-Baptiste Biot, 1774—1862)推动了应用数学、天文学、弹性力学、电学、磁学、光学和矿物学的进步。有一条磁力定律就是以他的名字命名的,不仅如此,闪亮的矿物黑云母也是以他的名字命名的。他的

同伴萨伐尔(Félix Savart, 1791—1841)一开始致力于医疗事业,但事业不顺时,他就拿小提琴做实验,并且投身于空气声学、鸟儿的歌声以及振动固体的研究。

许多科学家都未接受过正规教育。比如,德裔瑞士物理学家朗伯(Johann Lambert, 1728—1777)曾在数学常数 π 以及光反射和吸收定律方面有所发现,然而他几乎完全是靠自学成才的。德国物理学家欧姆(Georg Ohm, 1787—1854)主要是通过他的个人学习,通过阅读法国著名数学家的文献来发挥潜能的。英国物理学家法拉第(1791—1867)几乎从未接受过正规教育。他后来写道:“我所受的教育,用最简单的话来说,不过就是在一所普通的走读学校接受的基本的读、写和算术训练。”¹³岁时,法拉第刚刚勉强可以读写,他就退学开始工作。法国物理学家皮埃尔·居里(Pierre Curie, 1859—1906)认为自己大脑迟钝,而且从未上过小学。后来,他和妻子玛丽(Marie)共同获得了诺贝尔奖。

尽管有着不同的教育背景,多数发现者在年幼时就表现出非同寻常的天赋。例如,德国数学家、物理学家高斯(Carl Friedrich Gauss, 1777—1855)从小就是一个神童,他尚不会说话,就已经学会了计算。3岁时,他就能找出父亲工资计算中的错误。法国化学家珀蒂(Aléxis Petit, 1791—1820)在10岁半时就已经取得了巴黎高等理工学院入学资格。珀蒂的入学考试分数在当时位居榜首。本书末尾的“伟大的竞争者”部分提到了爱尔兰数学家威廉·罗恩·汉密尔顿爵士(Sir William Rowan Hamilton, 1805—1865),他7岁时就会讲希伯来语,13岁时就已经掌握了许多古典的和现代的欧洲语言,例如波斯语、阿拉伯语、兴都斯坦语、梵语以及马来语。法国物理学家安培(André-Marie Ampère, 1775—1836)尚未熟悉数字和数字名称,就能利用鹅卵石和饼干屑计算出很长的算术和。

描述这些富有创意的科学家的生活时,由于篇幅限制,我并未试图提供一篇篇综合性的传记。很多情况下,我都会提到他们生活中不同寻常的方面,这样做的同时也可以让读者更好地感知一下这些科学家

生活的年代。例如,我描述了德国天文学家约翰内斯·开普勒(Johannes Kepler, 1571—1630)帮助母亲免于因巫术而被判有罪这件事。我也讲到了在普法战争中,德国数理物理学家克劳修斯(Rudolf Clausius, 1822—1888)如何在领导一支学生救护队时受伤,这件事,连同他的妻子死于分娩,都阻碍了他科学生涯后期的事业发展。

事实上,本书中多数发现者的妻子都先于他们辞世。例如,法国化学家珀蒂的妻子在他们结婚后6个月就患病,并在此后不久的1817年去世,而他本人也在30岁之前就离开了这个世界。高斯、安培,还有法国物理学家外斯(Pierre Weiss, 1865—1940),他们的妻子都去世很早。开普勒的妻子芭芭拉(Barbara)于1611年死于斑疹伤寒。英国物理学家焦耳(James Joule)的妻子艾丽斯(Alice)也于1854年离开人世,留给他两个嗷嗷待哺的孩子。1869年,德国物理学家基尔霍夫(Gustav Kirchhoff, 1824—1887)的妻子克拉拉(Clara)去世,抛下基尔霍夫独自抚养4个孩子。德国物理学家普朗克(Max Planck, 1858—1947)的妻子玛丽(Marie)于1909年去世,同样也把4个孩子留给了他。

正如前文所述,宗教在许多发现者的生活中也扮演了极其重要的角色。爱尔兰自然哲学家和化学家罗伯特·玻意耳(Robert Boyle, 1627—1691)十分虔诚地热爱《圣经》。他一直渴望能够理解上帝,这种渴望驱使他发现自然律产生了兴趣。玻意耳明确提出,在他逝世后,他的钱财都要用于创办玻意耳讲座,以此来反驳无神论和那些反对基督教的宗教。安培坚信他已经证明了灵魂和上帝的存在。高斯在证明完一个定理时,有时会说,他的灵感并非来源于“艰辛的努力,但可以说是来自上帝的恩典”。

然而并非所有的发现者都具有传统的宗教信仰。例如,英国物理学家威廉·亨利·布拉格(William Henry Bragg, 1862—1942)说,《圣经》给他带来的是多年的痛苦和恐惧。他写道:“一个人的梦想来源于宗教;然而能够实现它的力量却来源于科学。”

像法拉第、威廉·汤姆孙[William Thomson, 即开尔文勋爵(Lord

Kelvin)]、麦克斯韦(James Clerk Maxwell)、焦耳这样的科学家都非常虔诚,基督教信仰激励着他们从事科学研究。对他们而言,每当人类发现由上帝制定的科学定律,上帝就会因此感到荣耀。焦耳在1873年的演讲稿(由于健康状况不佳,焦耳的这次演讲并未进行)中这样写道:

我领会了上帝的旨意,并服从上帝的旨意。我的下一个目标,必定是领悟由他亲手制作的作品所证实的他的智慧、力量和善……显而易见,认识了自然律就意味着认识了上帝通过它们所要彰显的心意。

对上帝的信仰同样激励着开普勒。他也一直在努力发现上帝对宇宙的规划,并试图解读上帝的意旨。开普勒认为,数学是上帝的语言。因为人类就是按照上帝的形象制造出来的,所以人类就有能力理解上帝创造的宇宙。在《与伽利略的星际信使的对话》(*Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*)中,开普勒写道:“几何学是独特而永恒的,它在上帝的头脑中熠熠发光。人类为何会有上帝的外貌?原因之一就是上帝赋予了人类跟他一起分享几何学的能力。”他还解释道:“我想成为一个神学家……但是现在,通过我的努力,我也知道了天文学如何彰显了上帝的荣耀,因为‘天空揭示了上帝的荣耀’。”

即使是现代的物理学家也在冥思苦想上帝在制定宇宙定律方面可能发挥的作用。英国天体物理学家霍金(生于1942年)认为,宇宙形成的那一刻,所有的物理学定律就都恒定不变了。霍金的意思是,如果上帝存在,他也许不能自由选择宇宙的最初状况。然而,上帝将“仍能自由选择宇宙需遵循的定律”。在《黑洞和婴儿宇宙》一书中,霍金写道:

然而,这可能不会有很多选择。也许只存在少数的定律,这些定律可以保持前后一致,而且会导致像我们人类这么复杂的生物的产生……即使只存在一套独一无二的、可能的定律,它也仅仅是一串方程。究竟是什么给这些方程注入了能量,并制造出一个宇宙让这些方