

TURING

图灵新知

c = 299792458 米/秒

c = 299792458 米/秒

c = 299792458 米/秒

 $10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

Cosmic Numbers:

The Numbers That Define Our Universe

揭示宇宙奥秘的 13个常数

[美] James D. Stein 著 程玺 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵新知

揭示宇宙奥秘的 13个常数

[美] James D. Stein 著 程玺 译

Cosmic Numbers:
The Numbers That Define Our Universe

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

揭示宇宙奥秘的 13 个常数 / (美) 斯坦
(Stein, J. D.) 著; 程玺译. — 北京: 人民邮电出版社,
2012.8

(图灵新知)

书名原文: Cosmic Numbers: The Numbers That
Define Our Universe

ISBN 978-7-115-28588-1

I. ①揭… II. ①斯… ②程… III. ①宇宙 - 普及读
物 IV. ①P159 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 128137 号

内 容 提 要

作者以定义宇宙的 13 个数字为线索, 梳理了人类探寻这些数字的历史过程以及这些数字的物理学、化学或天文学意义。在叙述过程中, 作者夹杂了个人经历、诗歌、音乐等元素, 娓娓道来, 使得本书成为一本科学与人文并重的科普读物, 适合对科学感兴趣的读者。

图灵新知

揭示宇宙奥秘的 13 个常数

-
- ◆ 著 [美] James D. Stein
译 程 玺
责任编辑 朱 巍
执行编辑 楼伟珊
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本: 880 × 1230 1/32
印张: 7.625
字数: 197 千字 2012 年 8 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2012 年 8 月河北第 1 次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2011-7481 号
ISBN 978-7-115-28588-1
-

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010) 51095186 转 604 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

版权声明

COSMIC NUMBERS: The Numbers that Define Our Universe by James D. Stein. Copyright © 2011 by James D. Stein.

Simplified Chinese translation copyright © 2012 by Posts & Telecom Press. Published by arrangement with Basic Books, a Member of Perseus Books Group through Bardon-Chinese Media Agency.

ALL RIGHTS RESERVED.

本书中文简体字版由 Perseus Books Group 通过博达著作权代理有限公司授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

图片使用说明

以下图片取自维基共享资源，遵从相应的知识共享许可协议：图 13（Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported）、图 15（Creative Commons Attribution-Share Alike 2.5 Generic）、图 17（Creative Commons Attribution 3.0 Unported）。

谨以本书献给威廉·巴德教授
感谢您的所有帮助

译者序

在人类对宇宙的认识过程中，数字是最基本也是最根本的内容。在我们每个人牙牙学语的时候，数字也是我们最先用手指比划出的语言之一。数字如此简单，只有从0到9十个字符，但又如此复杂，仿佛其中蕴涵着整个纷繁的宇宙；数字如此明了，一就是一，二就是二，却又如此神秘，似乎一不只是一，二也不只是二。这大概就是数字的神奇与美妙之处吧。

本书作者正是有感于数字之美，才决定写作这么一本关于基础常数的书，其中选取的常数涉及物理学、化学、天文学等各个学科。为面向更多读者，作者尽可能采用简洁易懂的语言，深入浅出地将这些神奇数字及它们背后的故事一一呈现在读者面前。在讲述的过程中，作者不但结合了许多亲身经历，更不时穿插音乐、绘画、诗歌等内容，在严谨的科学论述中加入了不少轻松的文艺气息。

作为一位资深摇滚乐迷，我在翻译一本科普图书时，却能频频遇到吉姆·莫里森、布鲁斯·斯普林斯廷这些耳熟能详的名字，不能不说是件令人兴奋的事情。同时，这也改变了我对于传统科普读物的既定印象，科学狂人的形象一下子变得不那么冷冰冰，而开始有了温度。当今时代，不管是中国还是外国，似乎都有一种趋势，各行各业的人都在试图打破自己的藩篱，向陌生的领域寻找灵感。此类例子多不胜数，建筑师扎哈·哈迪德从生物化学找来新的建筑机理，作家王朔从天体物理学

找来新的叙述方式，电视剧以《宇宙大爆炸》命名讲述科学狂人的情感生活，如此等等。知识界也纷纷撰文批评专才教育，而提倡新的通才教育。人们越来越不愿意做毫无文艺细胞的读书匠，或是毫无逻辑能力和科学素养的梦想家。

科学、艺术、生活，这些都是摆在三生有幸的我们面前的盛宴，作者并没有忽视其中任何一项。科学自不必说，通过 13 个可以说是精彩绝伦的数字，整个宇宙的根基便浮现在了我们面前；而在各种艺术之中，作者似乎尤其偏爱诗歌，因此相关的描述也最多；在生活方面，除了穿插许多亲身经历以外，作者对科学家背后的情感和纷争也着墨甚多，为我们呈现出了伟大的科学家们各种有趣的故事和感人的情怀。

所有这些内容，至少让我这个译者受益匪浅，希望也能给广大读者带来启迪。很荣幸能担任此书的翻译工作，感谢图灵教育的傅志红老师给了我这个机会。翻译中难免有不尽如人意之处，望大家给予批评指正。

程奎

2012 年 1 月 5 日

前言

在我写作本书的过程中，一些我从未经历过的事情悄然发生了。

虽然已经写过几本书，但我还算不上什么有名的作家，并非写出书来马上就有知名出版社愿意出版。和大部分想出书的作者一样，我需要事先准备一份计划书，列出这本书的大纲，分析潜在的读者，并提供几个章节的内容样稿。之后，我的经纪人会拿着计划书向各个出版机构推销，运气好的话，会有某家出版社答应出版。

一直以来我都对数字着迷不已，有天突发奇想：某些数字（你可以称之为“宇宙之数”，它们就是本书的核心内容）的发现过程应该能写成一本引人入胜的书。不过，太阳底下没有新鲜事，其他作者已经有过类似的构想。马丁·里斯就写过一本书，叫做《宇宙的6个神奇数字》（其中几个数字也见于本书），其中讲述了他所认为的居于宇宙学核心地位的6个数字。但除了这6个数字以外，我觉得还有一些数字的故事也值得一说。因此，我写下了本书的大纲、引言以及关于绝对零度的一份样稿。结果令我喜出望外，不仅科普书籍的主要出版社 Basic Books 同意出版本书，而且 T. J. 凯莱赫也答应担任本书的编辑，我之前的《数学是如何解释世界的》也是跟他合作的，因此我知道他是位了不起的编辑。

凯莱赫是一位非常优秀的编辑。在我们上次合作中，他花了很多时

间来组织章节的结构和顺序，大大提升了那本书的流畅度和可读性。虽然他改动了我最初的提议，但无疑也带来了更好的效果。而对于这本书，结构问题则有所不同。本书所讨论的宇宙之数分别属于自然科学的三个分支：物理学、化学和天文学。一开始我以为只要照着这些线索按部就班写下去就好了，于是我就开始写作理所当然的第1章——万有引力常数。

然而本书写作过程中的不同寻常之处在于，每一章似乎都会自然地引出下一章，自然地按科学发展的历史次序排列而非按具体学科来划分。完成几章以后，我就意识到，我其实是通过所选取的这些数字来写一部科学史纲要。当然这绝非一部完整的科学史，比如生命科学就没有涵盖在内，而且本书内容也只截至20世纪中期。尽管如此，如果一位对科学一无所知的人（不幸言中很大一部分美国民众）读完此书，他或她将会对自然科学的主要发展历程建立起非常清晰的认识。这是一部由数字写就的历史，当然这里指的不是一般意义上的阿拉伯数字。

另外还有一些事情值得一提。在此书的准备过程中，我查阅了很多资料，并有机会读到一些科学家的传记。这些传记，不论本身的写作水平，还是其中详实调查所体现出的严谨作风都令我印象深刻。其中一些我列在了后面的注释中，以下则是最令我有醍醐灌顶之感的几本：《光之主人》（*The Master of Light*）将阿尔伯特·迈克耳孙的一生娓娓道来（作者是他的女儿）；英格尔伯特·布洛达短小精悍的《路德维希·波兹曼传》（*Ludwig Boltzmann*），读完此书你会渴望能与波兹曼共度一个小时；还有卡梅施瓦尔·瓦利的《钱德拉塞卡传》（*Chandra*），在书中，钱德拉塞卡教授是一位令学生敬畏甚至恐惧，同时令所有同仁敬仰和热爱的人物。

本书能够顺利完成，以下四位的贡献绝对功不可没。第一位就是编辑凯莱赫先生，他的编辑方式和我见过的其他所有编辑都不同。有时候，即使他删掉了一些我很满意的段落，文章的整体性却几乎毫发无伤，而且每次修改过后，整本书的效果总是更好了。一开始我会觉得在第1章他修改过的部分，我们两人的风格总有一点隔阂。但等他改完之后，我再去读，竟然了无痕迹，完全像是我一个人完成的，真不明白他是怎么做到的。作为作者，我只能按照自己的风格来写，而凯莱赫却能自如地转换各种风格，我想每一位跟他合作过的作者都可以证明这一点。这样一位编辑能为作者提供很大的帮助，他不但能发现作品叙述中的缺陷，而且能修改得天衣无缝，和你自己写的一模一样。最后一点，凯莱赫对于科学和数学的热爱也是在科学家和数学家之外的人群中十分罕见的。我认识的人里面只有一位与他相像，那就是我的父亲。而且非常巧的是，我父亲和凯莱赫一样都是从哈佛毕业的。

第二位是我的经纪人朱迪·罗德斯，我的整个写作事业都要归功于她。对于作者来说，当今并非是一个好时代，出版商常常不愿意做有风险的事，图书销售也不景气。在这样的环境之下，经纪人不但要屡败屡战，而且要时刻站在写作者的立场上，维护他们的权益，要做到这些是极其困难的。其他经纪人面对如此困境可能就主动退缩了，而朱迪却一直坚定地站在我身边，为我摇旗呐喊，尽管前方路途险阻，也义无反顾。虽然我自认写作水平还说得过去，但仍然需要找到志同道合的编辑和出版商，朱迪所拥有的丰富经验使她总能找到认可我的作品、与我相得益彰的编辑和出版商。或许其他经纪人也有可能做到这一点，但我对此十分怀疑，她要是退休了我真不知道该如何是好。

第三位则是我有幸教过最出色的学生，戴夫·麦凯。在20世纪80年代，戴夫曾报名参加过我讲授的数学分析进阶课程。从此以后，我就

把戴夫当成了我的朋友和同仁。在本书的写作过程中，戴夫为我提供了很大的帮助。身为加利福尼亚州立大学长滩校区的一名教员，戴夫不但是一位经验丰富的数学老师，同时也是一位非常优秀的物理学老师。虽然我也一直很热爱物理学这门学科，但这种热爱更多的是一种远观而非近玩。我对于伟大的物理学观点从没有像对某些数学观点那样理解得清晰透彻。而物理学正是戴夫的专长，他花了25年时间认真钻研物理学，使他能够看得越来越清楚，就像数学家对于数学的了解一样。

本书包含了大量的数字运算，因为本书不仅是关于定义这个世界形态的那些宇宙之数，同时也是关于数字这门通用语言（借用伽利略的说法）。不过，书中的大部分运算只需要了解最基本的代数学、几何学或者再加上一点三角学的知识即可。另外，在这些运算的背后通常也暗含着一些物理学知识。这些物理学知识的基本原理并没有涵盖在本书内容之中，不过其中用到的等式和公式在大部分基础性物理学书籍中都找得到。

最后但绝非最次要的一位，就是我的妻子琳达。有一首歌叫做《你是我生命中的阳光》，虽然曲调很一般，歌词也有点过于文艺腔，但是它很恰当地诠释了琳达带给我的感觉。她虽然没有参与这些书的写作，但她所做的工作为我写书扫清了许多障碍。就像数学会让一些人抓耳挠腮、无所适从一样，合同一类东西也会对我产生类似的效果，我甚至无法完整读完合同中的一个段落，而琳达却能细心阅读和清晰梳理。当然，这一点是琳达作为“我生命中的阳光”时带来的额外福利。

本书出版的时候，我就要满70岁了。70岁的我只有两个遗憾，全都与我的父母有关：其一是他们没能看到我出版的任何一本书，其二是他们从未见过琳达。我想，这两点都是应该会让它们开心的事。

目 录

第 1 章	万有引力常数	1
第 2 章	光速	17
第 3 章	理想气体常数	33
第 4 章	绝对零度	47
第 5 章	阿伏伽德罗常数	63
第 6 章	库仑常数	77
第 7 章	波兹曼常数	93
第 8 章	普朗克常数	115
第 9 章	史瓦西半径	131
第 10 章	氢聚变的效率	149
第 11 章	钱德拉塞卡极限	167
第 12 章	哈勃常数	185
第 13 章	欧米伽	207
CODATA	注释	229



第 1 章

万有引力常数

牛顿在17世纪度过了他人生的大半时光，对于那个时代的生活状态我无法完全了解。当时，世界还停留在炼金术时代，许多让人（至少对我来说）赖以度日的小东西尚未出现：没有卫生纸，没有牙膏，也没有电视电话。但那已是个书籍和报纸的时代，是书信和日记（17世纪的博客）的时代，有赖于此，我们才对牛顿在大约1664年往后的所有这一切了如指掌，就像突然在他脚踝上安装了一个GPS装置一样。

但是牛顿生于1642年，这中间还有一大段的空白。就我们所知，有一点似乎很清楚，牛顿并未像音乐家莫扎特或数学家高斯一类的天才那样在年少时期便展露出伟人的锋芒。母亲对他的期望是让他成为一个农民。幸好牛顿对于农事毫无兴趣，虽然母亲的态度十分坚决，但最终在牛顿所就读学校的校长（似乎是当时唯一看到牛顿潜力的人）和他叔叔的联合劝说下，才答应了把牛顿送去剑桥大学的三一学院读书。1661年，牛顿顺利进入了他的“安全学校”。这无疑是历史上最成功的B计划之一。

牛顿在学院度过的早期时光也并没有被他自己或同代人很好地记录下来。他在日记中记录了一些幸事（“去酒馆两次”）以及衰事（“打牌输掉两次”），但其中并没有丝毫天才破土而出的讯息。情况在1664年峰回路转，在当年“流水账”式的日记本中，牛顿记下了非常严肃认真的数学研究。在此之前，牛顿的数学知识似乎只有如今高中二年级学生的水平。牛顿当时的算术学不错，但他在代数学、几何学和三角学方面则有所欠缺。假如以他当时的水平去参加SAT入学考试的话，恐怕也拿不到什么好成绩。牛顿是通过购买或借阅各种最前沿的数学书籍跟上了学习的进度。从奥特雷德的著作《数学之钥》（*Clavis Mathematicae*）^[1]中，他学习到代数学的强大和灵活性，这为他日后提出二项式定理奠定了基础。他也从沃利斯的《数学文集》（*Opera Mathematica*）^[2]中汲取

养分，最终发展出他在数学领域的标志性成就——无穷小微积分。而通过阅读斯霍滕翻成拉丁语的笛卡儿的《几何学》（*Geometrie*）^[3]，牛顿弥补了自己在几何学方面的缺陷。

他应该是在1665年拿到学士学位，那一年英国爆发了最后一次大规模的黑死病疫情。由于人口密集，卫生条件差，疫情广为蔓延。从一些侧面也可以印证疫情的严重性，查理二世国王的宫廷从伦敦撤离到了牛津郡，剑桥大学也关闭了。于是牛顿返回他位于乌尔索普的家乡，在那里度过了一年半的时光，“专心研习数学与哲学”^[4]。就是在这段时间，他重塑了整个世界。

万有引力定律的发展

牛顿在数学领域有着突出的贡献，但最令他名垂千古的仍是其对于科学的贡献，因为科学进步才是引领人类前进的主要动力。虽然牛顿在光学领域作出了重大贡献，但他能获得如此地位的主要原因，首先归功于他在力学和万有引力方面所做的工作，其次则是他发展出的理论及实验的科学方法。

对一条科学理论的首次阐释几乎都不是最简单的版本。像牛顿这样的革新者通常并不关心自己所说的是否能被普罗大众所理解，他们更感兴趣的是要让同行接受其观点，然后以此为基础搭建理论的大厦。牛顿的《自然哲学之数学原理》^[5]便是如此。这本书通常简称为《原理》，我会偶尔拿来翻一翻，也曾下决心等退休之后好好读一读（不过它还在尚未完成的列表中）。《原理》的风格仿照了标准的几何学教材，公理、定理、前提条件、证明，条分缕析，而许多结论实际上也是几何学的。这一点并不意外，因为这本书的主要成就之一就是为开普勒三大定律的

解释提供了依据（其中一部分就是牛顿对万有引力定律的论述），而这三条定律全部都是几何学的。开普勒第一定律是指行星围绕太阳运动的轨道都是椭圆的，太阳处在椭圆的一个焦点上。开普勒第二定律是指太阳中心和行星中心的连线在相等的时间内扫过的面积相等。开普勒第三定律是指各行星绕太阳公转周期的平方和它们的椭圆轨道的半长轴的立方成正比。

这些定律不只是一位优秀的几何学者通过某些前提所推出的结论，它们都有经验基础，是基于第谷·布拉赫辛苦积累的数据，经过长期的数据收集和模型拟合才得出的。第谷是一位对天文学感兴趣的丹麦贵族，他很欣赏开普勒的早期工作，于是邀请开普勒来到他位于布拉格附近的住所，当时他正在那里建造一座新的天文台。于是，开普勒就成为了第谷的思想传人。

当时，哥白尼革命渐成气候，开普勒尝试将第谷的那些宝贵数据与哥白尼的太阳系模型结合起来，后者认为行星是沿着均匀的圆形轨道围绕太阳运动的。开普勒最初设想的行星圆形轨道模型还引入了五个正多面体——正四面体、立方体、正八面体、正十二面体以及正二十面体。

无论如何，开普勒是打算把手头的数据塞进圆形轨道模型之中的。值得庆幸的是，第谷当时刚刚获得了十分准确的火星观测记录，记录显示出火星的轨道明显不是圆形。要是当时第谷刚刚完成观测的不是火星而是金星，而金星的轨道几乎就是一个完美的圆，那么开普勒何时能发现第一定律或者最终能否发现第一定律，可能就要打上一个问号了。

第一定律的发现体现出开普勒十分严谨的科学态度，而第二和第三定律的发现则凭借的是他过人的数学能力。计算第二定律中扫过区域的

面积已经大大超出了基础欧几里得几何学的能力，同时，找出第三定律中所蕴涵的复杂关系也要求具备相当的数学天赋。尽管任务艰巨，开普勒仍投入了数年时间来构建和检验其第二和第三定律。在这个过程中，开普勒遭遇了众多个人及政治上的变故，他的妻子和最爱的一个儿子都因病离开了人世，又由于拒绝皈依天主教，他可以谋生的途径也受到限制。此外，他的母亲遭到施行巫术的指控，他不得不为此事奔波，进行辩护。在当时，此项指控是会导致酷刑致死的。不过，这项指控被证明是出于传言。（这并不意外，因为据我所知，不论是当年还是现在，货真价实的巫术案件并不多见。）最终，开普勒帮助母亲证明了清白。

开普勒的墓志铭很好地总结了他的成就：

我曾测量天高，今欲测量地深；
思想遨游天际，肉体长眠大地。^[6]

速度问题

从开普勒第一及第二定律中可以直观得出的结论是，行星运行在自己的轨道中，在不同的位置上运行的速度不同。所谓椭圆就是两端拉长的圆圈，形状好像飞艇，有一长一短两根对称轴。如果画一个椭圆代表行星的轨道，并把太阳置于椭圆长轴的左焦点上，再假设行星在靠近太阳的一端从长轴的紧上方运行到关于长轴对称的紧下方（图1）^①，我们可以将行星扫过的区域大概视为一个等边三角形（虽然行星的运动轨迹是一条曲线，但在很短的距离内，我们可以将其视为与长轴垂直的

① 本书插图均为编者所加，部分图片的许可协议见文前的“图片使用说明”，图注文字遵从 CC-BY-SA 3.0 协议。——编者注