

物理世界的 数学奇迹

THE
UNIVERSE
SPEAKS
IN
NUMBERS

[英] 格雷厄姆·法梅洛 著
王乔琦 译

HOW
MODERN
MATHS
REVEALS
NATURE'S
DEEPEST
SECRETS

Graham Farmelo

现代数学如何揭示宇宙最深处的秘密

图书在版编目 (CIP) 数据

物理世界的数学奇迹 / (英) 格雷厄姆·法梅洛著;
王乔琦译. -- 北京: 中信出版社, 2020.7

书名原文: The Universe Speaks in Numbers: How
Modern Maths Reveals Nature's Deepest Secrets

ISBN 978-7-5217-1924-6

I. ①物… II. ①格… ②王… III. ①数学物理方法
- 普及读物 IV. ①O411.1-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第093120号

THE UNIVERSE SPEAKS IN NUMBERS: HOW MODERN MATHS REVEALS NATURE'S DEEPEST
SECRETS by GRAHAM FARMELO

Copyright © Graham Farmelo, 2019

This edition arranged with FABER AND FABER LTD. through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia
Simplified Chinese edition copyright © 2020 CITIC Press Corporation

ALL RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

物理世界的数学奇迹

著 者: [英] 格雷厄姆·法梅洛

译 者: 王乔琦

出版发行: 中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲4号富盛大厦2座 邮编 100029)

承 印 者: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

插 页: 4

印 张: 9.75

字 数: 208千字

版 次: 2020年7月第1版

印 次: 2020年7月第1次印刷

京权图字: 01-2019-4394

广告经营许可证: 京朝工商广字第8087号

书 号: ISBN 978-7-5217-1924-6

定 价: 59.00元

版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

从科学巨人爱因斯坦到量子力学大师保罗·狄拉克，众多数学家和理论物理学家都因这样的问题而困惑不解：为何物理学家为描述现实世界而创造出的理论与数学家以自己的纯粹思想构造出来的数学结构殊途同归？为何宇宙碰巧就是以数学的语言书写而成的？事实上，这种现象正是物理学家维格纳所说的“数学在自然科学中不合理的有效性”。

在长达300多年的时间里，物理和数学时而并驾齐驱，时而渐行渐远。进入21世纪以来，数学家和理论物理学家越发意识到这两门学科交叉的意义。在数学与理论物理学紧密合作的领域已经结出累累硕果，两门学科的发展也互为补充和促进。

在未来，人类可能无法通过实验来证实物理理论的真实性和准确性。未来的理论物理学研究进展可能会以千年为尺度，不再会有20世纪的相对论和量子力学这样全方位的革命性理论。但有了高等数学这一新武器的帮助，在长远的时间尺度上，我们仍可以认为理论物理学的前途是光明的。

扫码关注



从中国看世界 把时间变成历史

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

格雷厄姆·法梅洛 (Graham Farmelo)

英国理论物理学家、知名传记作家和科普作家，伦敦自然博物馆资深研究员，剑桥大学丘吉尔学院院士，美国东北大学兼职物理教授。作品《量子怪杰：保罗·狄拉克传》获2009年科斯塔传记奖、《洛杉矶时报》科技图书奖、《理论物理》年度图书奖，以及《自然》年度图书奖。

图书策划 鸚鵡螺工作室

策划编辑 孔鑫鑫 丁家琦

责任编辑 孔鑫鑫

营销编辑 孙瑛

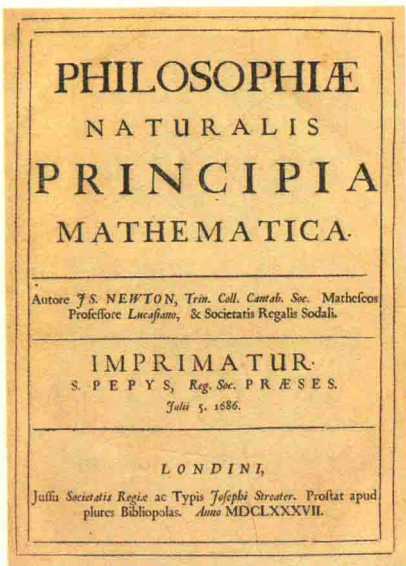
装帧设计 周伟伟

出版发行 中信出版集团股份有限公司

服务热线：400-600-8099 网上订购：zxcbs.tmall.com

官方微博：weibo.com/citicpub 官方微信：中信出版集团

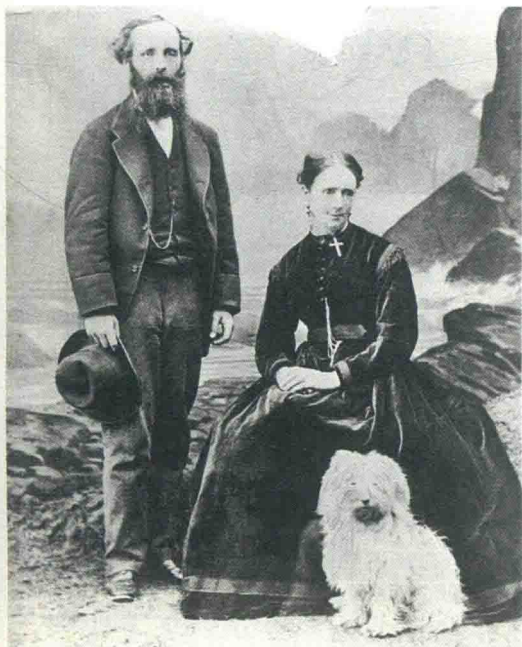
官方网站：www.press.citic



牛顿《自然哲学的数学原理》一书封面。注意出版许可处的署名是因其日记而广为人知的作家萨缪尔·佩皮斯 (Samuel Pepys)，他在 1686 年 7 月 5 日以英国皇家学会会长的身份批准了《原理》一书的出版



皮埃尔-西蒙·拉普拉斯，有人称其为“法国牛顿”。这幅肖像画是索菲·费托在 1842 年绘制的，当时拉普拉斯已经过世 (图片来源: Getty)



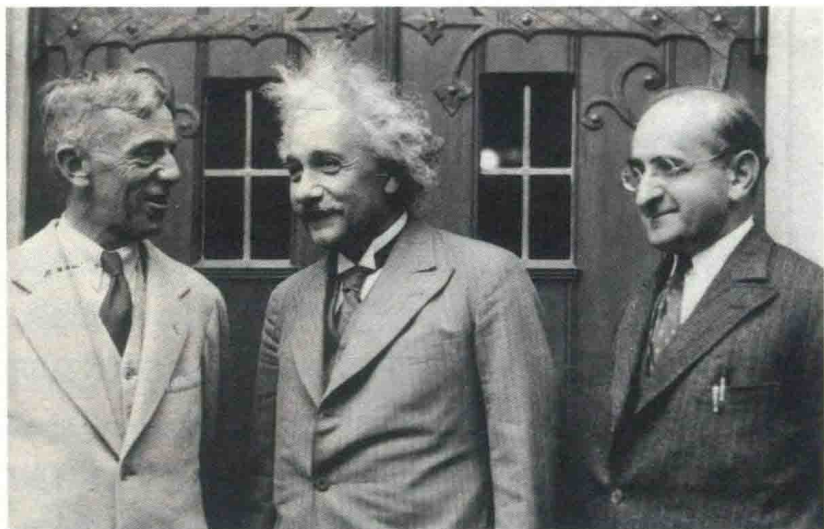
詹姆斯·克拉克·麦克斯韦、他的妻子凯瑟琳和他们的爱犬托比，照片摄于 1869 年前后 (图片来源: Getty)



伟大的德国数学家赫尔曼·外尔，他对理论物理学做出了数项相当重要的贡献，尤其是开创了规范理论 [图片来源：彼得·罗凯特博士 (Dr. Peter Roquette)]



睿智的德国数学家埃米·诺特，她发现的诺特定理将描述物质的抽象数学理论所具有的某些对称性与实验学家可以检验的守恒物理量联系起来



1933年，普林斯顿法恩楼外的阿尔伯特·爱因斯坦。几个月后，他在牛津发表了著名的斯宾塞演讲。照片中，爱因斯坦正与美国数学家卢瑟·艾森哈特 (Luther Eisenhart) 和奥地利数学家瓦尔特·迈尔 (Walther Mayer) 闲谈。迈尔有时也被称作“爱因斯坦的计算器” (图片来源：Getty)



默瑟街 112 号，爱因斯坦在普林斯顿的住所，图中展示的是书房区域。值得注意的是，墙上的相框画中有一幅是迈克尔·法拉第（左），还有一幅是詹姆斯·克拉克·麦克斯韦（右），两人都是场论的先驱。而中间这幅画则是爱因斯坦好友约瑟夫·沙尔（Josef Scharl）的作品（图片来源：普林斯顿高等研究院）



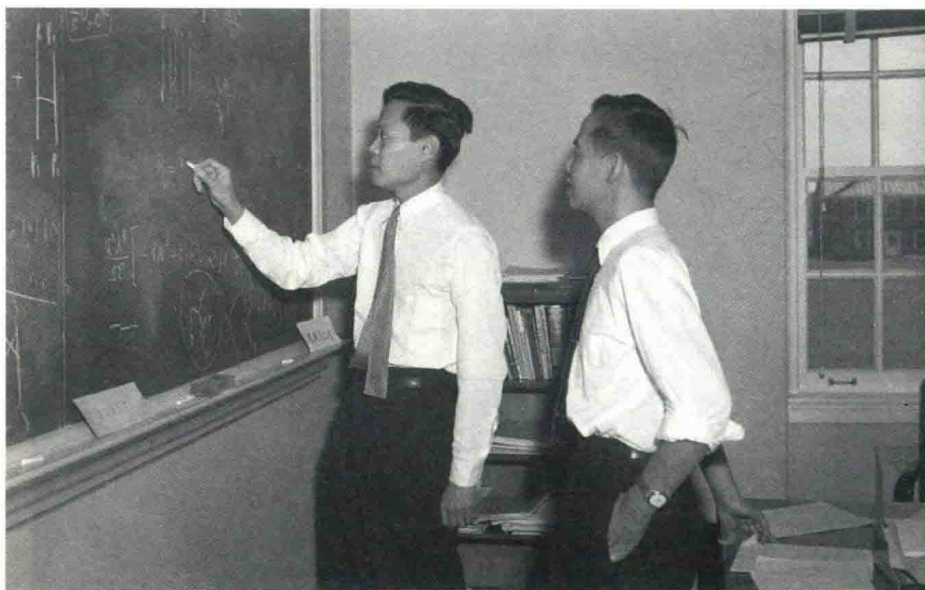
普林斯顿高等研究院的富尔德楼，于 1939 年正式开放。自高等研究院于 1933 年建立以来，有许多探索过物理学与数学关系的思想家在该机构任教、工作或访问过



出生于英国的数学家和物理学家弗里曼·戴森，是量子电动力学的先驱之一，对数学与物理学间的关系有相当深刻的见解，照片摄于1955年前后（图片来源：普林斯顿高等研究院）



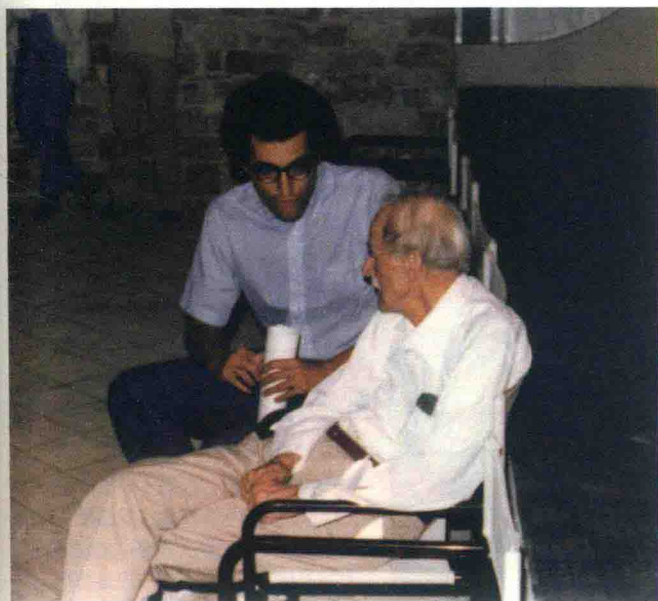
20世纪最伟大的几何学家之一迈克尔·阿蒂亚。20世纪70年代中期，用阿蒂亚自己的话说，他成了一名“准物理学家”，并且对基础物理学规范理论做出了重要贡献（图片来源：剑桥大学三一学院）



1957年，普林斯顿高等研究院一间办公室内的杨振宁（左）和李政道。一年前，实验学家证明了他们“弱相互作用会破坏左右对称性”的预言（图片来源：普林斯顿高等研究院）



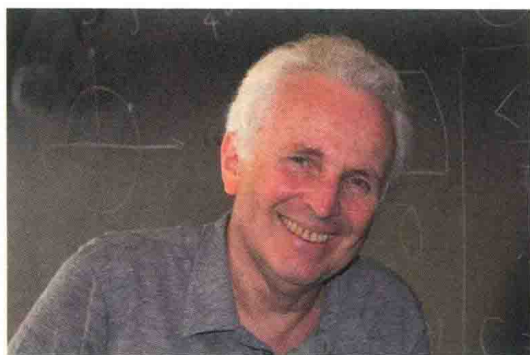
1968年夏天，在法国安纳西湖畔小憩的加布里埃尔·韦内齐亚诺。此前不久，他首次写下了一个后来被视为弦论雏形的公式



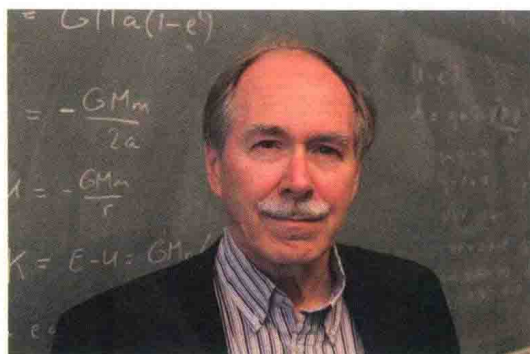
1981年，在西西里埃里切的一期暑期活动上，当时30岁的爱德华·威滕与79岁的保罗·狄拉克正在谈话



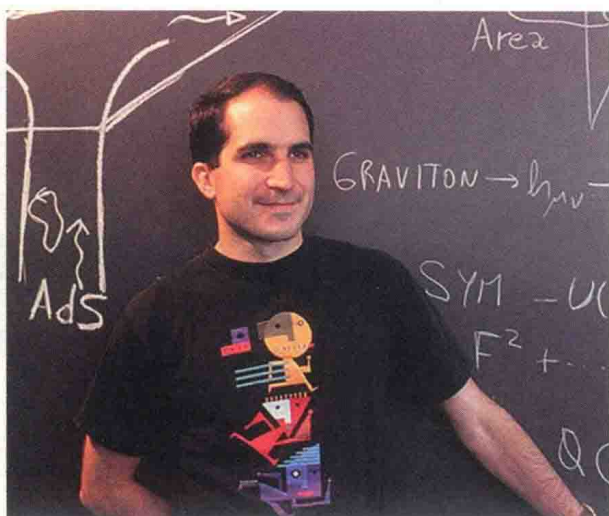
1984年夏天，迈克尔·格林（左）和约翰·施瓦茨在科罗拉多阿斯彭郊外远足。他们当时撰写的论文很快就掀起了弦论的复兴



萨沙·波利亚科夫，出生于苏联的理论物理学家，量子场论先驱



赫拉德·特霍夫特，荷兰理论物理学家，量子场论先驱



胡安·马尔达塞纳，照片摄于1998年。他于拍摄照片的几个月前发现了对偶性：若两个理论虽然形式上差异很大，但本质上等效，那它们就具有对偶性



2012年7月4日，普林斯顿拂晓时分，数十位物理学家聚集在普林斯顿高等研究院布隆伯格楼大厅内，庆祝欧洲核子研究组织发现（于大约1小时前宣布）疑似（事实证明的确是）大家追寻已久的新粒子——希格斯玻色子。照片中，基娅拉·纳皮（Chiara Nappi，最左）、爱德华·威滕（左二）、尼马·阿尔卡尼-哈米德（左三）和罗伯特·戴克格拉夫（右二）正欣赏着玛丽莱纳·洛韦尔德（Marilena Loverde，最右）和她的朋友劳拉·纽伯格（Laura Newburgh）制作的欧洲核子研究组织阿特拉斯（ATLAS）探测器模型



尼马·阿尔卡尼-哈米德（左）和纳蒂·塞贝格，摄于普林斯顿高等研究院，2016年



2018年5月，韦内齐亚诺公式诞生50周年庆典大会晚宴。这场晚宴的举办地是托斯卡纳郊外名为“费迪南达”的美第奇别墅，但大会的大多数活动都在韦内齐亚诺的出生地佛罗伦萨举办

献给克莱尔、西蒙和亚当

形态与数字体现了世界的和谐，

数学之美则展示了自然哲学的灵魂与诗意。

——达西·汤普森 (D'Arcy Thompson),

《生长和形态》(*On Growth and Form*, 1917)

倾听宇宙的声音

古人曾梦想通过纯粹的思考掌握现实的本质，我觉得这完全正确。

——阿尔伯特·爱因斯坦，《论理论物理学的方法》，1933

“爱因斯坦是个彻头彻尾的疯子。”年轻、高傲的罗伯特·奥本海默于1935年年初造访当时身处普林斯顿的爱因斯坦后，对这位全世界最著名的科学家做出了此番描述。¹当时，爱因斯坦已经为建立一个雄心勃勃的新理论努力了10年，而这在奥本海默等人看来，只能说明这位普林斯顿的圣人已经误入歧途。爱因斯坦几乎无视了量子理论在最小尺度上解释物质性质的物理学新进展，而是专心致志地寻找一种宏大的新理论。这个理论的目的并不是解释令人困惑的实验发现，它其实是一种智力上的探索——爱因斯坦试图仅通过数学计算，凭自己的想象就开发出一种理论。虽然这种方法在他的同行中并不流行，但在他开了先河之后，他的一些知名后辈如今已成功将之应用在前沿研究中。

奥本海默和当时的许多其他物理学家都觉得爱因斯坦的数学方法注定会失败。这也难怪：毕竟，他的方法似乎违背了过去250年来科学研

究始终遵循的一条原则——做自然研究应该避免柏拉图等思想家曾坚信的纯思维的方式。当时，大多数人的看法是：物理学家应该通过在现实世界中所做的观测和实验得到的结果，验证他们关于宇宙的理论。这样一来，理论学家就可以避免自欺欺人地夸大自己对自然的认识。

爱因斯坦当然知道自己在干什么。从20世纪20年代初开始，他就经常提到：经验告诉他，为达到他的主要目标（也就是发现大自然的基础定律），数学策略是最有希望取得进展的方法。他在1925年对年轻的学生埃丝特·萨拉曼（Esther Salaman）说：“我想知道上帝是怎么创造这个世界的。单纯的某个现象或某个元素（的性质）都不能提起我的兴趣。我感兴趣的是上帝的总体构思，其余的都只是细节。”²在他看来，“物理学家的最终任务”就是理解潜藏在整个宇宙运作机制之下的内在秩序——从原子内部微粒的急速振动到外太空星系的剧烈活动。³爱因斯坦认为，在如此多样、复杂的宇宙之下潜藏着一种相对简单的秩序，这个事实本身就是“一个奇迹，或者一个永恒的谜团”。⁴

数学为表达这种潜藏的秩序提供了一个十分精确的方式。物理学家和他们的先辈已经掌握了从数学语言出发发现普适定律的能力。这些定律不仅适用于地球上的事物，也适用于宇宙各处的所有事物，从时间的开始一直到最遥远的未来。在这个领域耕耘的理论学家，包括爱因斯坦在内，可能会被认为过分自大（这也在情理之中），但一定不会被认为缺少雄心壮志。

借助数学的潜力发现大自然的新定律成了爱因斯坦的执念。1933年春天，爱因斯坦在牛津大学向公众做特别演讲时首次公开提出了把数学方法应用到物理研究中去的想法。他的声音不大，却充满自信，他敦促理论学家们不要再通过解释新的实验发现的途径来发现基本定律（传统方法），而要多从数学中汲取灵感。这个方法实在太偏激了，很可能

吓到了听众中的物理学家，但如我们所想，当时没人敢站起来公开反对他。爱因斯坦还告诉听众，他已经把刚才说的方法付诸实践了：他正运用数学方法把引力理论和电磁理论结合起来。爱因斯坦相信，他可以通过预测新理论的数学结构来实现这个目标——这两个理论涉及的数学内容可以把它们统一起来。

爱因斯坦很清楚，这种通过数学方法解决问题的策略在很多科学学科中是行不通的，因为那些学科的理论框架通常不是通过数学搭建的。例如，查尔斯·达尔文在用自然选择阐述他的进化论时，根本就没用到数学。同样，当阿尔弗雷德·魏格纳首次描述板块漂移理论时也只是用语言表述的。这类理论的一大潜在缺陷是：语言并不太牢靠——它们的含义模糊不清且容易被误解，而数学概念定义清晰、含义准确，适合用来做逻辑推演和创造性演绎。爱因斯坦认为，数学具有的这些性质是理论物理学家的福音，他们应该充分加以利用。然而，当时他的同僚中鲜有人认可这个观点，哪怕是爱因斯坦最狂热的崇拜者也对此嗤之以鼻。他的毒舌朋友沃尔夫冈·泡利甚至指责他抛弃了物理学：“我应该恭喜你（或者应该表达哀悼？）成功转向了纯数学领域……为了能让你（现在的）这个理论准时步入坟墓，我就不再刺激你，并让你浪费时间来反驳了。”⁵对于这类评论，爱因斯坦一概置之不理，他只是沿着自己的小径孤独前行，他也没能拿出什么成果来证明这番努力有所收获：他成了现代物理学的堂吉诃德。⁶爱因斯坦于1955年逝世后，顶尖物理学家们达成了一个共识：爱因斯坦的这个方法彻底失败了，这表明大家对他的批评并没有错。然而，后来理论物理学的发展证明，这个结论下得太早了。

虽然爱因斯坦不应该忽略亚原子层面物质理论的进展，但在某一方面，他还是要比许多批评者更有远见。20世纪70年代中期，也就是爱