



当今世界级科学家与知识精英
诺贝尔物理学奖得主倾力呈献

TO EXPLAIN THE
WORLD
The Discovery of Modern Science

给世界的答案

发现现代科学

从神话、宗教到科学，人类在认识自己的道路上走了多远？
如何走向无限可能的未来？

Steven Weinberg

【美】斯蒂芬·温伯格
凌复华 彭婧璐 译



中信出版集团 CHINA CITIC PRESS

TO EXPLAIN THE WORLD

The Discovery of Modern Science

给世界的答案

发现现代科学

Stevan Weinberg
[美] 斯蒂芬·温伯格 著
凌复华 彭婧璐 译



图书在版编目 (CIP) 数据

给世界的答案 / (美) 温伯格著; 凌复华, 彭婧珺

译. -- 北京: 中信出版社, 2016.7

书名原文: To Explain the World

ISBN 978-7-5086-6292-3

I. ①给… II. ①温… ②凌… ③彭… III. ①社会发展史 - 通俗读物 IV. ① K02-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 127177 号

TO EXPLAIN THE WORLD. Copyright © 2015 by Steven Weinberg
Simplified Chinese translation copyright © 2016 by CITIC Press Corporation
All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form
本书仅限中国大陆地区发行销售

给世界的答案

著 者: [美] 斯蒂芬·温伯格

译 者: 凌复华 彭婧珺

策划推广: 中信出版社 (China CITIC Press)

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)

(CITIC Publishing Group)

承 印 者: 北京楠萍印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 23 字 数: 260 千字

版 次: 2016 年 7 月第 1 版

印 次: 2016 年 7 月第 1 次印刷

京权图字: 01-2015-7314

广告经营许可证: 京朝工商广字第 8087 号

书 号: ISBN 978-7-5086-6292-3

定 价: 59.00 元

版权所有·侵权必究

凡购本社图书, 如有缺页、倒页、脱页, 由销售部门负责退换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

我们在此散步已经三个小时，
陪伴我们的是两个影子，
这影子本产自我们自己，
而现在太阳已恰好照着头顶，
我们踩着自己的影，
一切东西都显得美丽、清晰。

约翰·多恩 (John Donne), 《影子的一课》, 飞白译

献给路易丝、伊丽莎白和加布丽埃勒

TO EXPLAIN
THE WORLD

前言 | The Discovery
of Modern Science

我是一名物理学家，不是历史学家，但多年来我对科学史的兴趣与日俱增。科学史的发展可以说是一个特别的故事，是人类历史上最有趣的故事之一。而对于像我本人这样的科学家来说，这个故事也与我们息息相关。了解过去能够辅助并启发今天的研究，科学史的知识也有助于激发科学家当前的工作。希望我们的研究能够为自然科学的伟大历史传统做出贡献，不管这一贡献是多么微不足道。

我在自己过去的写作中所涉及的历史，主要是物理学和天文学的现代史，时间大约从 19 世纪末到现在。虽然在这段时间里我们掌握了许多新知识，但物理科学的目标和标准并无实质性的改变。假设让 20 世纪初的物理学家们学习关于宇宙学或基本粒子物理学的当代标准模型，他们一定会惊叹不已，但寻找能够解释各种现象的数学模型和经过实验验证的客观原则，对他们来说却并不陌生。

若干年前，我决定展开更深层次的发掘，进一步了解科学史的早期时代——那时科学的目标和标准尚不具备现在的形式。很自然地，作为一名大学教师，当我打算进行某方面的研究时，便会自告奋勇承担一门相关课程的教学工作。在过去的10年里，我在得克萨斯大学先后多次为本科生开设有关物理学和天文学历史的课程，授课对象都是完全没有科学、数学或历史等方面专业背景的学生。本书正是由这些课程的讲稿发展而来。

但正如本书所呈现的，我在书中提供的或许并不仅仅是简单的叙述：这是一位活跃于现代的科学家对过去的科学的看法。借此机会，我阐述了自己对物理科学本质的观点，以及它与宗教、技术、哲学、数学和美学之间延续至今、错综复杂的关系。

在出现有记载的历史之前，存在着一定程度的科学。自然界随时向我们展现各式各样令人困惑的现象：火、雷雨、瘟疫、行星运动、闪电、潮汐等。通过观察世界，人们得出有用的结论：火是热的，打雷预示着快要下雨，满月或新月时潮位最高……这些都成为人类常识的一部分。但在世界各地，总有一些人不满足于只搜集事实，他们想要解释世界。

然而，这并非易事。不仅因为我们的先辈不知道我们现在对世界已知的一切，更重要的是，他们没有类似于我们的思维方法，不知道世界还有哪些未知尚待发现，也不知道如何去发现未知。每一次准备课程讲稿时，我都深深感受到过去几个世纪的科学工作与当代科学之间的巨大差异。正如L·P·哈特利(L. P. Hartley)小说中广为流传的那句话所说，“过往即他乡，彼处行事不一样”。希望在本书中，我不仅能够让读者了解精密科学的历史上都发生了什么，也能让读者感受到这一切来之不易。

因此，本书所论述的并不仅仅是我们如何探索世界的万千奥秘——这自然是所有科学史的关注点。本书的侧重点有些许不同——主要论述我们如何寻求

探索世界的方法。

我并非不知道本书标题中“解释”一词会使一些科学哲学家产生疑问。他们指出，在“解释”和“描述”之间难以做出精确的区分。^①（我在第八章中会对此稍作提及。）但这本书讲的是历史，而不是科学哲学。我用“解释”一词，意味着承认其不尽精确，就像在日常生活中，我们试图解释一匹马为什么赢得比赛或者一架飞机为什么坠毁一样。

副标题中的“发现”一词也存在问题。^②我想过用“发明现代科学”作为副标题。毕竟如果无人实践，科学很难存在。但我之所以选用“发现”而不是“发明”，是想表明，科学发展至今，不是因为各种偶然的历史性发明，而是由于自然之道。尽管有各种缺陷，现代科学仍然是一种经过调节达到与大自然高度一致的技术，并因此而发挥作用——它是一种实践，使我们能够学习关于世界的可靠知识。从这种意义上说，科学是一种等待人们去发现的技术。

因此，人们可以谈论科学的发现，正如历史学家谈论农业的发现一样。尽管农业的种类繁多且不尽完美，但它之所以存在，正是因为农业实践经过调节达到与生物学实际情况的高度一致，因而得以发挥作用——使我们能够种植庄稼。

我也想用这个副标题，让自己同那些所剩无几的社会建构主义者（**social constructivists**）划清界限。他们是一些社会学家、哲学家和历史学家，试图将科学的过程乃至科学的结果都解释为特定文化环境下的产物。

在科学的各个分支中，这本书所强调的将是物理学和天文学。在物理学中，

^① 本书原标题为“To Explain the World”，直译为“解释世界”。正文中提及“描述”一词的原文是“description”。——译者注

^② 本书原副题为“The Discovery of Modern Science”，直译为“发现现代科学”。正文中提及“发明”一词的原文是“invention”。——译者注

尤其是它在天文学的应用中，科学第一次采取了现代的形式。当然，对类似于生物这种其原理的发现高度依赖于历史偶发事件的科学来说，是否能够或者应当采用物理学来建模，是会受到一定程度的限制的。尽管如此，我们有这样一种感觉，生物科学和化学科学在 19 世纪和 20 世纪的发展，沿袭了 17 世纪物理学革命的模式。

当今世界，科学具有国际性，它或许是人类文明中最国际化的方面。然而，现代科学诞生于广义上的西方。现代科学从欧洲的科学革命期间所做的研究中学习了方法论，欧洲科学革命又是由中世纪欧洲及阿拉伯国家所取得的成就演变而来，而这些成就均可追溯到希腊的早期科学。西方从别处借用了许多科学知识，比如来自埃及的几何，来自巴比伦的天文数据，来自巴比伦和印度的算术，来自中国的指南针，等等，但据我所知，西方并未引进现代科学的方法。因此，这本书将以奥斯瓦尔德·斯宾格勒（Oswald Spengler）和阿诺尔德·汤因比（Arnold Toynbee）强烈反对的方式强调西方（包括中世纪的伊斯兰世界）：我将很少提及西方以外的科学，且完全不涉及前哥伦布时期美洲大陆有趣但与外界隔绝的科学进展。

在讲述这个故事时，我会接近一个被当代历史学家谨慎回避的雷区，这就是用现代的标准评判过去。这是一部有失恭敬的历史。我愿意用现代的观点批评过去的方法和理论；我会披露科学英雄未曾被历史学家提及的一些错误，甚至以此为乐。

长年研究过去某位伟人著作的历史学家可能会夸大这位英雄所取得的成就。在关于柏拉图、亚里士多德、阿维森纳（Avicenna）、格罗斯泰特（Grosseteste）和笛卡儿的著作中，这种现象尤为明显。但我在这里的目的，并不是指责过去的一些自然哲学家是多么愚蠢。恰恰相反，通过展示这些非常聪明的人离我们目前的科学概念有多远，我想说明现代科学的发现是何等的困难，它的规范和

标准是何等的难以发现。同时这这也是一个警示，提醒我们现代科学可能仍有待进一步发展。在本书的某几处我会指出，尽管在科学方法上我们已经取得巨大进展，但今天的我们可能依旧在重复过去的错误。

一些科学史家认为，在研究过去的科学时不应参照当代的科学知识。这种观点是过时的。与之相反，我要强调的做法是利用现有的知识来澄清过去的科学。例如，古希腊天文学家阿波罗尼奥斯（Apollonius）和喜帕恰斯（Hipparchus），仅仅利用他们当时可获取的有限数据，就提出了行星环绕地球在本轮上循环做圆周运动的理论。尝试解密这个过程，大概会是个有趣的智力测试。然而，这种尝试是不可能的，因为他们当时使用的许多数据已经丢失。但我们能确定的是，在古代，地球和其他行星也环绕太阳在近圆形轨道上运行，就像今天这样。通过应用这些知识，我们将能够理解古代天文学家如何利用当时可获得的数据提出了本轮理论^①。无论如何，任何今人在阅读有关古天文学的内容时，都不会忘记“太阳系里究竟是谁绕着谁转”这一当代常识。

若有读者想要更为详细地了解过去科学家的研究对自然界现实的反映情况，可参阅书末的“技术札记”。这些札记对理解本书正文并非必需，但有些读者或许能够从中学到一些有关物理学和天文学的知识，因此我准备了这些资料。

科学发展至今，早已不是当初的样子。科学的结果是客观的。灵感和审美判断在科学理论的发展中固然重要，但这些理论的验证最终都依赖于用公正的实验检验理论预测。尽管数学被用来建构物理理论并提供后续结果，但科学并不是数学的一个分支，科学理论也不能通过纯粹的数学推理导出。科学与技术相辅相成，但在其最基本的层面上，科学并不服务于任何实际原因。科学无意讨论神或来世是否存在的问题，它的目标是要找出对自然现象的纯自然主义的

① 本轮理论可以定性地解释行星为什么会逆行。——译者注

解释。科学是渐进性的，每一种新理论都整合了先前的成功理论，并将其变为近似理论，而在近似理论起作用时，新理论甚至还能解释其原因。

对古代或中世纪的科学家而言，所有这一切并非显而易见，一切都是在 16 世纪和 17 世纪的科学革命中披荆斩棘的结果。发展之初，并无类似于现代科学这样的目标。那么我们是如何进行科学革命，并进一步发展到当今水平的呢？在探索现代科学的发现过程时，这是我们必须努力探明的要点。

TO EXPLAIN
THE WORLD

目录 | The Discovery
of Modern Science

前 言 VII

第一部分 希腊物理学

- 第一章 物质与诗歌 003
第二章 音乐与数学 015
第三章 运动与哲学 021
第四章 希腊化时期的物理与技术 029
第五章 古代科学与宗教 041

第二部分 希腊天文学

- 第六章 天文学的应用 051
第七章 测量太阳、月球与地球 057
第八章 行星的问题 069

第三部分 中世纪

- 第九章 阿拉伯人 091
第十章 中世纪的欧洲 111

第四部分 科学革命

- 第十一章 破解太阳系 133
第十二章 实验开始 169
第十三章 研究方法之再思考 181
第十四章 牛顿综合 193
第十五章 尾声：大一统 227

- 致 谢 239
技术札记 241
尾 注 321
参考书目 339
译后记 349

TO EXPLAIN THE WORLD

The Discovery of
Modern Science

第一部分 希腊物理学

在希腊科学的全盛时期，或在此之前的一段时间，巴比伦、中国、埃及、印度和其他国家的人们在技术、数学和天文学等领域做着显著的贡献。尽管如此，希腊是欧洲文明的开端和灵感源泉，而欧洲又是现代科学的诞生之地，因此，在科学的发现中，希腊人发挥了特殊的作用。

人们可以无休止地争论，为何是希腊人取得了如此卓越的成就。值得注意的是，希腊科学始于以民主小国为主要特征的希腊城邦时期。但正如之后我们所看到的，希腊人最令人瞩目的科学成就，出现在这些城邦被征服统一为大国之后：先是古希腊王国，随后是罗马帝国。希腊人在古希腊和罗马时期在科学和数学方面的建树长期处于世界领先水平，直到 16 世纪和 17 世纪出现欧洲科学革命后才被超越。

这一部分对希腊科学的记述主要涉及物理学，希腊天文学将在第二部分中讨论。第一部分分为 5 章，大致按照时间顺序讨论了与科学密切相关的 5 种思维模式，分别为诗歌、数学、哲学、技术和宗教。科学与上述 5 个要素之间的关系这一主题将贯穿全书。

第一章

物质与诗歌

首先介绍背景：公元前 6 世纪以前，在现在的土耳其西海岸，有一段时间居住着主要讲爱奥尼亚方言的希腊人。在爱奥尼亚地区的城市中，最富有、最强大的是米利都，它是一个天然良港，位于米安得尔河汇入爱琴海的入海口旁。在苏格拉底时代的一个多世纪之前，米利都的希腊人开始思考什么是构成世界的基本物质。

我第一次听说米利都人，是在康奈尔大学就读本科时。在科学史与科学哲学这门课的课堂上，我听说了被称为“物理学家”的米利都人。与此同时，我也在物理课上学习了物质的现代原子理论。在我看来，米利都人与现代物理学之间相差甚远。这并不完全因为米利都人关于物质性质的认识是错误的，而是不明白他们如何能够得出其结论。前柏拉图时期的希腊思想在历史上仅有零碎记录，但我相当肯定的是，在古风时期（约公元前 600 年～前 450 年）和古典希腊时期（约公元前 450 年～前 300 年），无论是米利都人还是任何其他希腊自然学学者，都完全不具备类似于当今科学家这样的推理方式。

第一位有史可查的米利都人是泰勒斯 (Thales)，他生活的时代先于柏拉图大约两个世纪。据说他预测了发生于公元前 585 年的一场可在米利都观测到的日食。然而，即便是借助巴比伦的日食记录，泰勒斯也不大可能做出这一预测，因为任何日食都只能在有限的地理区域内被观测，但人们公认泰勒斯做出了这一预测，这表明他可能在公元前 6 世纪早期就已经声名显赫。我们不知道泰勒斯是否曾把他的任何想法诉诸文字，只知道他没有任何文字资料留存于世，甚至也找不到任何后人对其著作的引述。他是一位传奇人物，在柏拉图时代被世人誉为“希腊七贤”[其中包括与他同时代的、创立了雅典宪法的索隆 (Solon)] 之一。例如，泰勒斯被认为证明了或从埃及引入了一条著名的几何定理 (见技术札记 1)。重要的是，据说泰勒斯认为所有物质都由单一物质本原构成。亚里士多德的《形而上学》中提到：“初期哲学家大都认为万物唯一的原则就在物质本性……这类学说的创始者泰勒斯说‘水为万物本原’。”¹ 多年以后，记录希腊哲学家的传记作家第欧根尼·拉尔修 (Diogenes Laertius) (活跃于公元 230 年左右) 写道：“他的信条是水是万物本原，世间万物皆有灵性。”²

泰勒斯的“万物本原”是否意味着所有物质都是由水组成的呢？如果是这样，我们无从了解他是如何得出这一结论的，但如果有人相信世间万物都是由单一的物质本原组成的，那么水倒是个不错的备选答案。水不仅以液体方式存在，也很容易通过冷冻变成固体或通过煮沸变成蒸气。同时，水对于生命来说显然也是必不可少的。但我们不知道泰勒斯是否认为岩石真的是由普通的水所构成，又或者他只是觉得，岩石和所有其他固体与结成冰的水之间有着某种深奥莫测的共同点。

泰勒斯有一名学生或同事名叫阿那克西曼德 (Anaximander)，他得出了不同的结论。虽然他同样认为存在单一物质本原，但他没有将其与任何普通材料相关联，而是把这一神秘物质叫作“无限定” (unlimited/infinite)。大约 1 000 年