

科学元典丛书 / 彩图珍藏版

自然哲学之数学原理

Mathematical Principles of Natural Philosophy

[英] 牛顿◎著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

科学元典丛书 / 彩图珍藏版

自然哲学之数学原理

Mathematical Principles of Natural Philosophy

[英] 牛 顿◎著
王克迪◎译
袁江洋◎校



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

科学元典丛书



The Series of the Great Classics in Science

主 编 任定成

执行主编 周雁翎

策 划 周雁翎

丛书主持 陈 静

科学元典是科学史和人类文明史上划时代的丰碑，是人类文化的优秀遗产，是历经时间考验的不朽之作。它们不仅是伟大的科学创造的结晶，而且是科学精神、科学思想和科学方法的载体，具有永恒的意义和价值。

弁言

Preface to the Series of the Great Classics in Science

任定成

这套丛书中收入的著作，是自古希腊以来，主要是自文艺复兴时期现代科学诞生以来，经过足够长的历史检验的科学经典。为了区别于时下被广泛使用的“经典”一词，我们称之为“科学元典”。

我们这里所说的“经典”，不同于歌迷们所说的“经典”，也不同于表演艺术家们朗诵的“科学经典名篇”。受歌迷欢迎的流行歌曲属于“当代经典”，实际上是时尚的东西，其含义与我们所说的代表传统的经典恰恰相反。表演艺术家们朗诵的“科学经典名篇”多是表现科学家们的感情和生活态度的散文，甚至反映科学家生活的话剧台词，它们可能脍炙人口，是否属于人文领域里的经典姑且不论，但基本上没有科学内容。并非著名科学大师的一切言论或者是广为流传的作品都是科学经典。

这里所谓的科学元典，是指科学经典中最基本、最重要的著作，是在人类智识史和人类文明史上划时代的丰碑，是理性精神的载体，具有永恒的价值。

—

科学元典或者是一场深刻的科学革命的丰碑，或者是一个严密的科学体系的构架，或者是一个生机勃勃的科学领域的基石。它们既是昔日科学成就的创造性总结，又是未来科学探索的理性依托。

哥白尼的《天体运行论》是人类历史上最具革命性的震撼心灵的著作，它向统治西方思想千余年的地心说发出了挑战，动摇了“正统宗教”学说的天文学基础。伽利略《关于托勒密与哥白尼两大世界体系的对话》以确凿的证据进一步论证了哥白尼学说，更直接地动摇了教会所庇护的托勒密学说。

哈维的《心血运动论》以对人类躯体和心灵的双重关怀，满怀真挚的宗教情感，阐述了血液循环理论，推翻了同样统治西方思想千余年、被“正统宗教”所庇护的盖伦学说。笛卡儿的《几何》不仅创立了为后来诞生的微积分提供了工具的解析几何，而且折射出影响万世的思想方法论。牛顿的《自然哲学之数学原理》标志着17世纪科学革命的顶点，为后来的工业革命奠定了科学基础。分别以惠更斯的《光论》与牛顿的《光学》为代表的波动说与微粒说之间展开了长达200余年的论战。拉瓦锡在《化学基础论》中详尽论述了氧化理论，推翻了统治化学百余年之久的燃素理论，这一智识壮举被公认为历史上最自觉的科学革命。道尔顿的《化学哲学新体系》奠定了物质结构理论的基础，开创了科学中的新时代，使19世纪的化学家们有计划地向未知领域前进。傅立叶的《热的解析理论》以其对热传导问题的精湛处理，突破了牛顿《原理》所规定的理论力学范围，开创了数学物理学的崭新领域。达尔文《物种起源》中的进化论思想不仅在生物学发展到分子水平的今天仍然是科学家们阐释的对象，而且100多年来几乎在科学、社会和人文的所有领域都在施展它有形和无形的影响。《基因论》揭示了孟德尔式遗传性状传递机理的物质基础，把生命科学推进到基因水平。爱因斯坦的《狭义与广义相对论浅说》和薛定谔的《关于波动力学的四次演讲》分别阐述了物质世界在高速和微观领域的运动规律，完全改变了自牛顿以来的世界观。魏格纳的《海陆的起源》提出了大陆漂移的猜想，为当代地球科学提供了新的发展基点。维纳的《控制论》揭示了控制系统的反馈过程，普里戈金的《从存在到演化》发现了系统可能从原来无序向新的有序态转化的机制，二者的思想在今天的影 响已经远远超越了自然科学领域，影响到经济学、社会学、政治学等领域。

科学元典的永恒魅力令后人特别是后来的思想家为之倾倒。欧几里得的《几何原本》以手抄本形式流传了1800余年，又以印刷本用各种文字出了1000版以上。阿基米德写了大量的科学著作，达·芬奇把他当作偶像崇拜，热切搜求他的手稿。伽利略以他的继承人自居。莱布尼兹则说，了解他的人对后代杰出人物的成就就不会那么赞赏了。为捍卫《天体运行论》中的学说，布鲁诺被教会处以火刑。伽利略因为其《关于托勒密与哥白尼两大世界体系的对话》一书，遭到教会的终身监禁，备受折磨。伽利略说吉尔伯特的《论磁》一书伟大得令人嫉妒。拉普拉斯说，牛顿的《自然哲学之数学原理》揭示了宇宙的最伟大定律，它将永远成为深邃智慧的纪念碑。拉瓦锡在他的《化学基础论》出版后5年被法国革命法庭处死，传说拉格朗日悲愤地说，砍掉这颗头颅只要一瞬间，再长出这样的头颅一百年也不够。《化学哲学新体系》的作者道尔顿应邀访法，当他走进法国科学院会议厅时，院长和全体院士起立致敬，得到拿破仑未曾享有的殊荣。傅立叶在《热的解析理论》中阐述的强有力的数学工具深深影响了整个现代物理学，推动数学分析的发展达一个多世纪，麦克斯韦称赞该书是“一首美妙的诗”。当人们咒骂《物种起源》是“魔鬼的经典”“禽兽的哲学”的时候，赫胥黎甘做“达尔文的斗犬”，挺身捍卫进化论，撰写了《进化论与伦理学》和《人类在自然界的位置》，阐发达尔文的学说。经过严复的译述，赫胥黎的著作成为维新领袖、辛亥精英、“五四”斗士改造中国的思想武器。爱因斯坦

说法拉第在《电学实验研究》中论证的磁场和电场的思想是自牛顿以来物理学基础所经历的最深刻变化。

在科学元典里，有讲述不完的传奇故事，有颠覆思想的心智波涛，有激动人心的理性思考，有万世不竭的精神甘泉。

二

按照科学计量学先驱普赖斯等人的研究，现代科学文献在多数时间里呈指数增长趋势。现代科学界，相当多的科学文献发表之后，并没有任何人引用。就是一时被引用过的科学文献，很多没过多久就被新的文献所淹没了。科学注重的是创造出新的实在知识。从这个意义上说，科学是向前看的。但是，我们也可以看到，这么多文献被淹没，也表明划时代的科学文献数量是很少的。大多数科学元典不被现代科学文献所引用，那是因为其中的知识早已成为科学中无须证明的常识了。即使这样，科学经典也会因为其中思想的恒久意义，而像人文领域里的经典一样，具有永恒的阅读价值。于是，科学经典就被一编再编、一印再印。

早期诺贝尔奖得主奥斯特瓦尔德编的物理学和化学经典丛书“精密自然科学经典”从1889年开始出版，后来以“奥斯特瓦尔德经典著作”为名一直在编辑出版，有资料说目前已经出版了250余卷。祖德霍夫编辑的“医学经典”丛书从1910年就开始陆续出版了。也是这一年，蒸馏器俱乐部编辑出版了20卷“蒸馏器俱乐部再版本”丛书，丛书中全是化学经典，这个版本甚至被化学家在20世纪的科学刊物上发表的论文所引用。一般把1789年拉瓦锡的化学革命当作现代化学诞生的标志，把1914年爆发的第一次世界大战称为化学家之战。奈特把反映这个时期化学的重大进展的文章编成一卷，把这个时期的其他9部总结性化学著作各编为一卷，辑为10卷“1789—1914年的化学发展”丛书，于1998年出版。像这样的某一科学领域的经典丛书还有很多很多。

科学领域里的经典，与人文领域里的经典一样，是经得起反复咀嚼的。两个领域里的经典一起，就可以勾勒出人类智识的发展轨迹。正因为如此，在发达国家出版的很多经典丛书中，就包含了这两个领域的重要著作。1924年起，沃尔科特开始主编一套包括人文与科学两个领域的原始文献丛书。这个计划先后得到了美国哲学协会、美国科学促进会、科学史学会、美国人类学协会、美国数学协会、美国数学学会以及美国天文学学会的支持。1925年，这套丛书中的《天文学原始文献》和《数学原始文献》出版，这两本书出版后的25年内市场情况一直很好。1950年，他把这套丛书中的科学经典部分发展成为“科学史原始文献”丛书出版。其中有《希腊科学原始文献》《中世纪科学原始文献》和《20世纪（1900—1950年）科学原始文献》，文艺复兴至19世纪则按科学学科（天文学、数学、物理学、地质学、动物生物学以及化学诸卷）编辑出版。约翰逊、米利肯和威瑟斯庞三人主编的“大师杰

作丛书”中，包括了小尼德勒编的3卷“科学大师杰作”，后者于1947年初版，后来多次重印。

在综合性的经典丛书中，影响最为广泛的当推哈钦斯和艾德勒1943年开始主持编译的“西方世界伟大著作丛书”。这套书耗资200万美元，于1952年完成。丛书根据独创性、文献价值、历史地位和现存意义等标准，选择出74位西方历史文化巨人的443部作品，加上丛书导言和综合索引，辑为54卷，篇幅2 500万单词，共32 000页。丛书中收入不少科学著作。购买丛书的不仅有“大款”和学者，而且还有屠夫、面包师和烛台匠。迄1965年，丛书已重印30次左右，此后还多次重印，任何国家稍微像样的大学图书馆都将其列入必藏图书之列。这套丛书是20世纪上半叶在美国大学兴起而后扩展到全社会的经典著作研读运动的产物。这个时期，美国一些大学的寓所、校园和酒吧里都能听到学生讨论古典佳作的声音。有的大学要求学生必须深研100多部名著，甚至在教学中不得使用最新的实验设备而是借助历史上的科学大师所使用的方法和仪器复制品去再现划时代的著名实验。至20世纪40年代末，美国举办古典名著学习班的城市达300个，学员约50 000余众。

相比之下，国人眼中的经典，往往多指人文而少有科学。一部公元前300年左右古希腊人写就的《几何原本》，从1592年到1605年的13年间先后3次汉译而未果，经17世纪初和19世纪50年代的两次努力才分别译刊出全书来。近几百年来移译的西学典籍中，成系统者甚多，但皆系人文领域。汉译科学著作，多为应景之需，所见典籍寥若晨星。借20世纪70年代末举国欢庆“科学春天”到来之良机，有好尚者发出组译出版“自然科学世界名著丛书”的呼声，但最终结果却是好尚者抱憾而终。20世纪90年代初出版的“科学名著文库”，虽使科学元典的汉译初见系统，但以10卷之小的容量投放于偌大的中国读书界，与具有悠久文化传统的泱泱大国实不相称。

我们不得不问：一个民族只重视人文经典而忽视科学经典，何以自立于当代世界民族之林呢？

三

科学元典是科学进一步发展的灯塔和坐标。它们标识的重大突破，往往导致的是常规科学的快速发展。在常规科学时期，人们发现的多数现象和提出的多数理论，都要用科学元典中的思想来解释。而在常规科学中发现的旧范型中看似不能得到解释的现象，其重要性往往也要通过与科学元典中的思想的比较显示出来。

在常规科学时期，不仅有专注于狭窄领域常规研究的科学家，也有一些从事着常规研究但又关注着科学基础、科学思想以及科学划时代变化的科学家。随着科学发展中发现的新现象，这些科学家的头脑里自然而然地就会浮现历史上相应的划时代成就。他们会对科学元典中的相应思想，重新加以诠释，以期从中得出对新现象的说明，并有可能产生新的理念。百余年来，达尔文在《物种起源》中提出的思想，被不同的人解读出不同的信息。古脊椎动物学、古人类学、进化生物学、遗传学、动物

行为学、社会生物学等领域的几乎所有重大发现，都要拿出来与《物种起源》中的思想进行比较和说明。玻尔在揭示氢光谱的结构时，提出的原子结构就类似于哥白尼等人的太阳系模型。现代量子力学揭示的微观物质的波粒二象性，就是对光的波粒二象性的拓展，而爱因斯坦揭示的光的波粒二象性就是在光的波动说和粒子说的基础上，针对光电效应，提出的全新理论。而正是与光的波动说和粒子说二者的困难的比较，我们才可以看出光的波粒二象性说的意义。可以说，科学元典是时读时新的。

除了具体的科学思想之外，科学元典还以其方法学上的创造性而彪炳史册。这些方法学思想，永远值得后人学习和研究。当代研究人的创造性的诸多前沿领域，如认知心理学、科学哲学、人工智能、认知科学等，都涉及对科学大师的研究方法的研究。一些科学史学家以科学元典为基点，把触角延伸到科学家的信件、实验室记录、所属机构的档案等原始材料中去，揭示出许多新的历史现象。近二十多年兴起的机器发现，首先就是对科学史学家提供的材料，编制程序，在机器中重新做出历史上的伟大发现。借助于人工智能手段，人们已经在机器上重新发现了波义耳定律、开普勒行星运动第三定律，提出了燃素理论。萨伽德甚至用机器研究科学理论的竞争与接受，系统研究了拉瓦锡氧化理论、达尔文进化学说、魏格纳大陆漂移说、哥白尼日心说、牛顿力学、爱因斯坦相对论、量子论以及心理学中的行为主义和认知主义形成的革命过程和接受过程。

除了这些对于科学元典标识的重大科学成就中的创造力的研究之外，人们还曾经大规模地把这些成就的创造过程运用于基础教育之中。美国兴起的发现法教学，就是几十年前在这方面的尝试。近二十多年来，兴起了基础教育改革的全球浪潮，其目标就是提高学生的科学素养，改变片面灌输科学知识的状况。其中的一个重要举措，就是在教学中加强科学探究过程的理解和训练。因为，单就科学本身而言，它不仅外化为工艺、流程、技术及其产物等器物形态、直接表现为概念、定律和理论等知识形态，更深蕴于其特有的思想、观念和方法等精神形态之中。没有人怀疑，我们通过阅读今天的教科书就可以方便地学到科学元典著作中的科学知识，而且由于科学的进步，我们从现代教科书上所学的知识甚至比经典著作中的更完善。但是，教科书所提供的只是结晶状态的凝固知识，而科学本是历史的、创造的、流动的，在这历史、创造和流动过程之中，一些东西蒸发了，另一些东西积淀了，只有科学思想、科学观念和科学方法保持着永恒的活力。

然而，遗憾的是，我们的基础教育课本和不少科普读物中讲的许多科学史故事都是误讹相传的东西。比如，把血液循环的发现归于哈维，指责道尔顿提出二元化合物的元素原子数最简比是当时的错误，讲伽利略在比萨斜塔上做过落体实验，宣称牛顿提出了牛顿定律的诸数学表达式，等等。好像科学史就像网络上传播的八卦那样简单和耸人听闻。为避免这样的误讹，我们不妨读一读科学元典，看看历史上的伟人当时到底是如何思考的。

现在，我们的大学正处在席卷全球的通识教育浪潮之中。就我的理解，通识教育固然要对理工农医专业的学生开设一些人文社会科学的导论性课程，要对人文社会科学专业的学生开设一些理工农医

的导论性课程，但是，我们也可以考虑适当跳出专与博、文与理的关系的思考路数，对所有专业的学生开设一些真正通而识之的综合性课程，或者倡导这样的阅读活动、讨论活动、交流活动甚至跨学科的研究活动，发掘文化遗产、分享古典智慧、继承高雅传统，把经典与前沿、传统与现代、创造与继承、现实与永恒等事关全民素质、民族命运和世界使命的问题联合起来进行思索。


我们面对不朽的理性群碑，也就是面对永恒的科学灵魂。在这些灵魂面前，我们不是要顶礼膜拜，而是要认真研习解读，读出历史的价值，读出时代的精神，把握科学的灵魂。我们要不断吸取深蕴其中的科学精神、科学思想和科学方法，并使之成为推动我们前进的伟大精神力量。

导 读

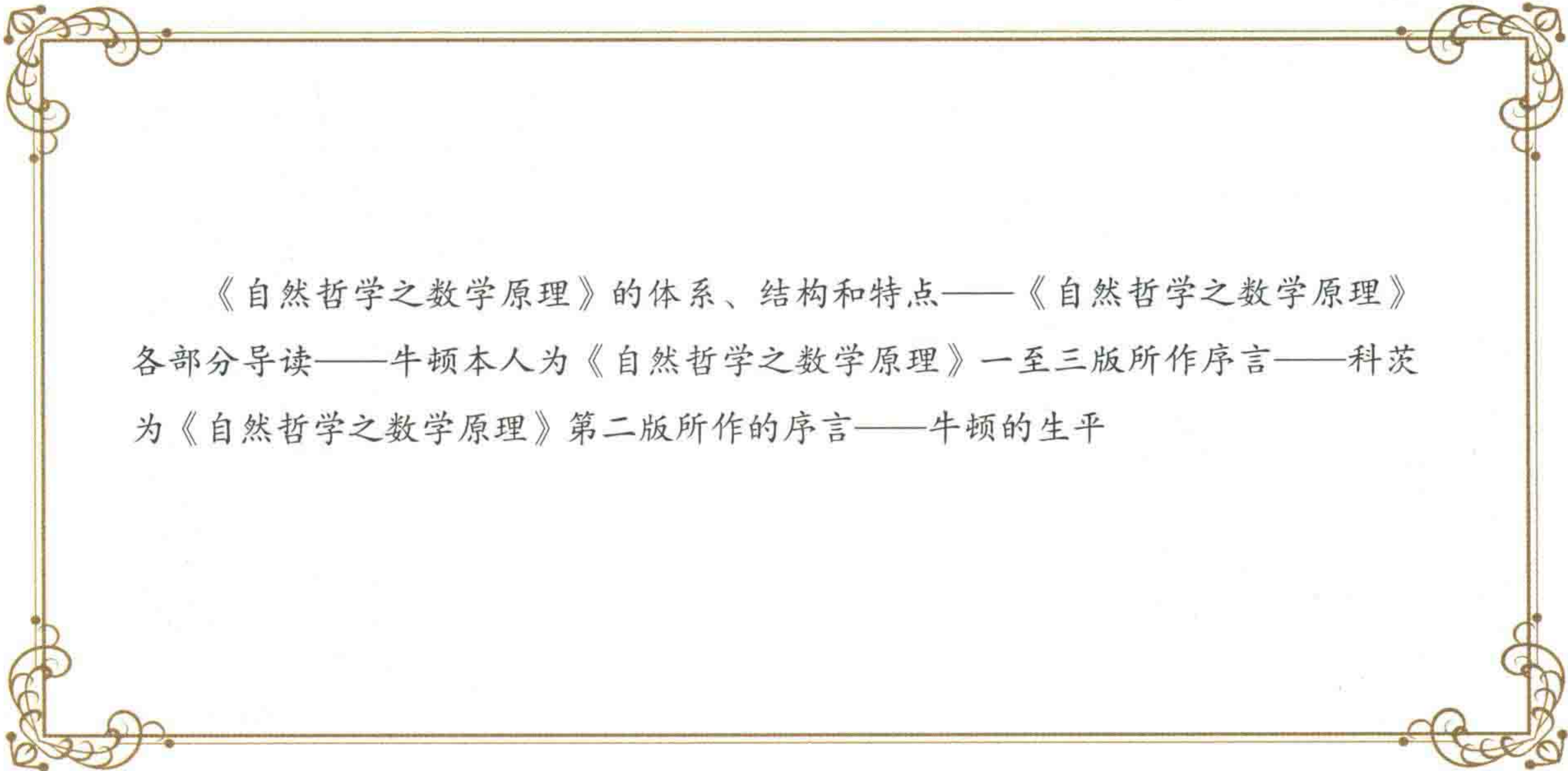
· *Chinese Version Introduction* ·

王克迪

(中央党校 教授)



《自然哲学之数学原理》的体系、结构和特点——《自然哲学之数学原理》
各部分导读——牛顿本人为《自然哲学之数学原理》一至三版所作序言——科茨
为《自然哲学之数学原理》第二版所作的序言——牛顿的生平





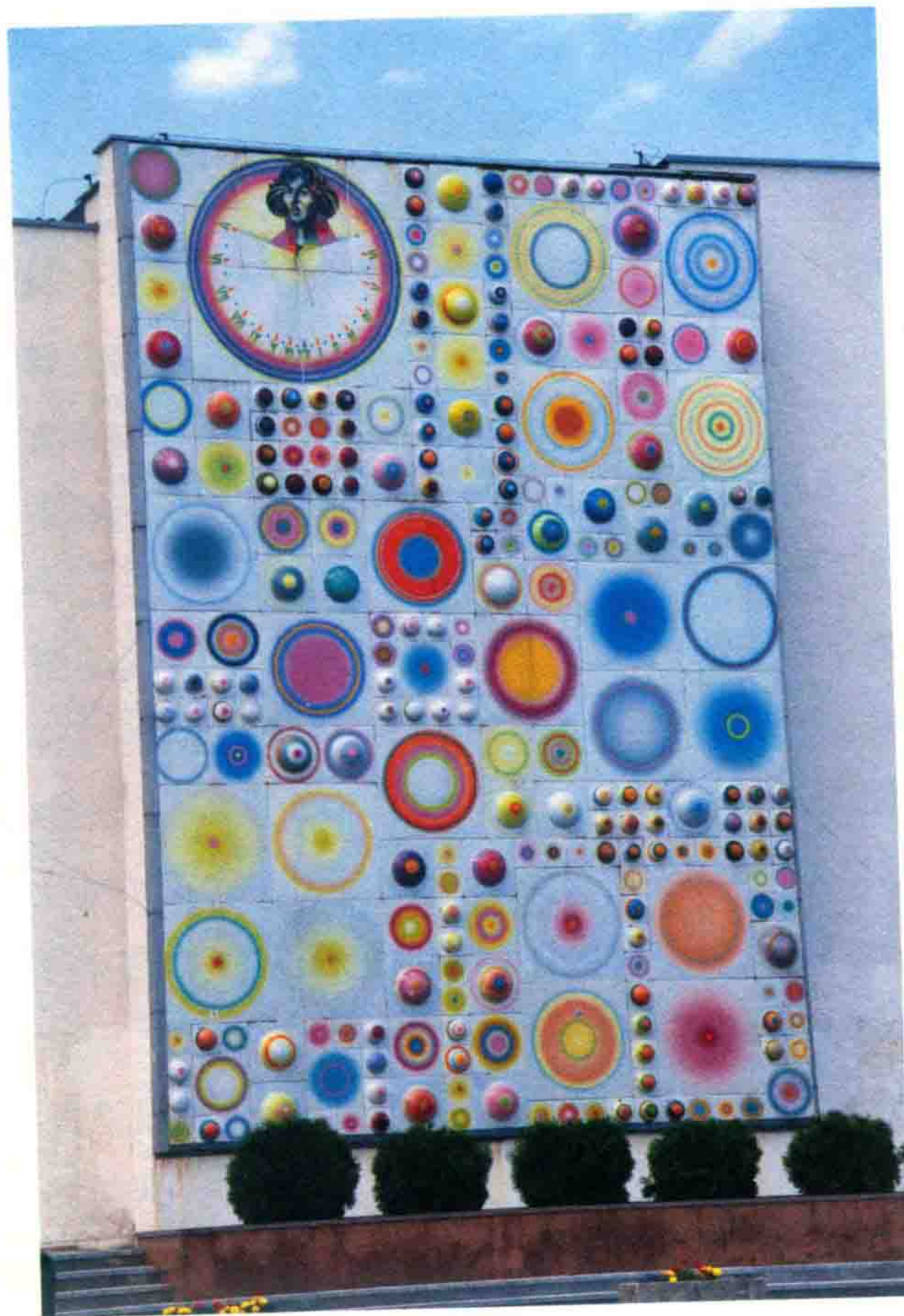
陈列在剑桥大学三一学院门厅里的牛顿大理石雕像。

《自然哲学之数学原理》是牛顿一生中最重要的科学著作。

《原理》（第一版）成书于1687年，是牛顿经过20年的思考、实验研究、大量的天文观测和无数次数学演算的结晶。这20年，以及这之前的几十年里，欧洲的许多先进思想家和科学家在研究自然和数学方面取得了许多成就。其中直接或间接影响牛顿的思想体系以及《原理》的主要有：

哥白尼（Nicholas Copernicus, 1473—1543）提出了日心说。在哥白尼以前，欧洲占统治地位的宇宙学说是亚里士多德—托勒密（Aristotle—Ptolemy）地心说体系。地心说本来是许多种宇宙学说中的一种，与纪元前后人们的天文观测水平相适应，它认为地球处于宇宙的中心，行星和太阳、月亮围绕着地球旋转，宇宙的最外层是不动的恒星，上帝住在遥远的恒星天注视着人类活动的地球，主宰着整个宇宙。由于这一学说符合上帝创造世界和人的基督教教义，后来在政教合一的欧洲成为占统治地位的意识形态，长期禁锢欧洲的思想界达千年之久。它的影响所及，既包括人们对于世界的基本看法，也影响人们对于天文历法编制、普通物体运动，甚至人类的生老病死的具体看法、解释和态度，可谓无所不包。但是，到中世纪中后期，随着人们天文观测精度的提高和观测资料的大量积累，地心说越来越不能自圆其说，不能满足实际需要。例如编制历法，到中世纪后期，天文现象与历法之间的误差越来越大，不仅天象（如日月食）无法预报和解释，连季节变换和每年的元旦都定不准，误差竟达几个月。

波兰的天主教神父和天文学家哥白尼对地心



波兰哥白尼大学校园内的马赛克墙面，上有哥白尼头像。

说体系发起了挑战，他用神学的语言和毕生天文观测的数据写成了《天体运行论》一书。他指出，更合理的宇宙结构应当是太阳为宇宙中心，地球和其他行星绕太阳旋转，旋转的轨道是完美的圆形。但哥白尼预计到自己的学说会被当做宗教异端对待，他直到临死前才发表了这部著作。

哥白尼的著作和学说赢得了有独立思考能力的思想家和科学家的赏识。意大利哲学家布鲁诺（Giordano Bruno, 1548—1600）就到处宣传日



伽利略最早对木星卫星的记载。随后在他出版的《星际使者》一书中公布了他的这一发现。

心说，遭到教会的迫害，他在备受酷刑摧残之后，被烧死在火刑柱上。

意大利科学家伽利略也相信日心说。他进一步认为，自然的语言是数学，观察和研究自然要通过科学的实验，而要表达自然的运动规律，应当使用数学和实验数据。伽利略发明了折射望远镜，并且用望远镜发现了木星的卫星，伽利略认为木星的卫星围绕木星旋转充分说明了哥白尼原理的正确性。伽利略还发现了惯性原理，他用数学关系精确表达了运动物体的距离与时间的关系（如自由落体），

他研究过单摆的运动，他还研究了力的合成及抛体运动。伽利略写下了两本著名的书：《关于托勒密和哥白尼两大世界宇宙体系的对话》和《关于两种科学的对话》，集中表达了他的科学（主要是物理学和天文学）成就，以及他对于宇宙和新的实验科学的看法。他被宗教法庭判为异端。他屈服了，写下了“悔过书”，但他被押离法庭时还是喃喃自语：“但是地球毕竟是在动的！”伽利略死于1642年，10天之后，牛顿出生了。

从伽利略以后，新的实验科学获得了地位，数学语言取代哲学思辨语言用于表达自然的规律，成为时尚。但是宇宙体系问题还远远没有解决。哥白尼日心说简洁优美，但在天文计算中却十分繁杂，比起托勒密地心体系甚至有过之而无不及。于是德国天文学家第谷（Tycho Brahe, 1546—1601）提出了折中方案，认为太阳和月亮围绕地球旋转，行星围绕太阳旋转，但是这并没有使问题变得简单些。第谷的学生开普勒认识到需要作更加精密的天文观测，然后才有可能回答宇宙体系的问题。他一生孜孜不倦地观测天象，用大量数据总结出天体（行星）运动三定律，其核心是发现行星的运行轨道是椭圆，而不是哥白尼所说的正圆，太阳或地球位于椭圆的两个焦点之一。开普勒的行星运动定律是牛顿之前人类所取得的最高天文学成就。

与伽利略的实验科学传统略有不同的是法国哲学家和数学家笛卡儿（René du Perron Descartes, 1596—1650）。以今天的眼光看来，笛卡尔有些奇怪，他在数学上很有建树，对于代数和几何学都有很大贡献，他发明了我们今天



美国格里菲斯天文台收藏的伽利略最早使用的望远镜的复制品。

十分熟悉的坐标系，以及把几何问题转化为代数问题的解析几何。马克思（Karl Marx, 1818—1883）评价笛卡尔，说从他开始，运动被引入了几何学。在哲学世界观上，笛卡尔坚持用自然的原因来解释自然，但是他在认识论上却又是不可知论者，他的名言是“我思故我在”。

笛卡尔的哲学学说有极大影响，从他年轻时直到死后统治整个欧洲长达一个世纪。这影响波及科学领域，特别是天文学和物理学。在物理学上，笛卡尔及其追随者强调有某种特殊的物质“以太”（牛顿所说的“隐秘的质”），它们充满空间，因为“自然厌恶真空”，以太传递物体之间的相互作用，使物体的运动得以持续。“以太”是一种想象中的物质存在，一种纯思辨的产物，它排除了物质世界里和物体运动关系中神的作用，但为探究自然规律设置了新的障碍。

困难在于它既无法测量，又难以想象。笛卡尔学说的最大成就和最大失败都集中体现在它的

宇宙论中。它承认日心说体系。因为它必须否认真空的存在，他设想宇宙中充满以太，太阳的转动在以太中形成宇宙涡旋，涡旋运动带动各个行星运动，从而有我们所见到的天象奇观。这一解释从哲学思辨上来说，其成功是前所未有的，它首次提出了一个不诉诸神力的宇宙动力学模型，很有想象力，满足了人们解释天象的思辨需要。

但是，笛卡尔学派的涡旋说在具体的天文现象的解释上却遭遇到重重困难，例如，地球和各行星的自转，这要求在整个宇宙的大涡旋中有局部的方向和速度都不相同的小涡旋，而且因为各个行星围绕太阳的公转速度不同，大涡旋的到太阳距离不同的部分的旋转速度也不相同，这很难与人们的日常经验相符；更糟的是，某些行星，如火星，有时会出现天文学中常见的“逆行”现象，似乎宇宙大涡旋中的某些层次有时会随心所欲地发生“逆转”，这对于以自然解释自然的信条构成了严重障碍。还有，涡旋说无法说明行星发光现象，只能暗示天体实际上是某种与地面物体很不相同的“精英”物质，这就又请回了亚里士多德的宇宙论。最后，涡旋说对于具体的天文现象的解释与实际观测数据相矛盾，在《原理》第二编的末尾，牛顿指出涡旋的速度与它到涡旋中心的距离成正比，然而天文观测数据表明行星的速度与它到太阳距离的 $3/2$ 方成正比，这对涡旋说来说是致命的。

笛卡尔宇宙体系是牛顿出世时面对的最的宇宙体系，英国和整个欧洲大陆的大学都讲授它，以它为标准的宇宙学说。牛顿在大鼠疫时期就已经看出笛卡尔体系的问题，摧毁这一体系，成为



加拿大纽芬兰发行的纪念培根邮票。



罗伯特·波义耳 (Robert Boyle, 1627—1691), 英国化学家。

牛顿研究生涯的首要直接目标。而要建立起一个全新的体系, 则要经过长达 20 年的思考和研究, 直到完成《原理》的写作。

牛顿在思想上还受到英国的思想家培根 (Francis Bacon, 1561—1626)、洛克 (John Locke, 1632—1704) 和摩尔 (Henry More, 1614—1687) 等人的影响, 他们都强调经验论的作用。在科学思想和神学思想上, 牛顿又受到同时代的英国化学家波义耳 (Robert Boyle, 1627—1691) 的影响, 认为每一个哲学家的最崇高的职责是认识并证明上帝的存在和完美, 自然界是上帝创造的, 它只是上帝的神性的外在形式, 它可以为人类所认识和想象, 人类只能通过自然哲学去研究自然才能最终认识上帝。在此意义上, 牛顿毕生所从事的各种研究, 包括数学、物理学、天文学、炼金术、圣经考古学和圣经年代学以及神学等, 都是服务于他心目中的上帝的。

此外, 当牛顿进入学术研究时, 与他同时代的一些科学家也做出了一些重要的工作, 如荷兰物理学家和天文学家惠更斯发明了发条钟和摆钟, 这为准确的科学计时准备了条件; 荷兰工程师贝克曼 (Isaac Beeckman, 1588—1677) 提出一切运动都要找出其力学原因的思想, 为机械唯物主义做好了铺垫; 地理大发现已经过去了一个多世纪, 欧洲人早已有能力在地图上画满经度和纬度线, 以准确定位地球上的每一点。

牛顿的《原理》正是在这样的背景下写作出来的。

《自然哲学之数学原理》的体系、结构和特点

牛顿并没有声称自己要构造一个体系。牛顿在《原理》第一版的序言一开始就指出, 他要“致力于发展与哲学相关的数学”, 这本书是几何学与力学的结合, 是一种“理性的力学”, 一种“精确地提出问题并加以演示的科学, 旨在研

究某种力所产生的运动，以及某种运动所需要的力”。他的任务是“由运动现象去研究自然力，再由这些力去推演其他运动现象”。

然而牛顿实际上构建了一个人类有史以来最为宏伟的体系。他所说的力，主要是重力（我们今天称之为引力，或万有引力），以及由重力所派生出来的摩擦力、阻力和海洋的潮汐力等，而运动则包括落体、抛体、球体滚动、单摆与复摆、流体、行星自转与公转、回归点、轨道章动等，简而言之，包括当时已知的一切运动形式和现象。也就是说，牛顿是要用统一的力学原因去解释从地面物体到天体的所有运动和现象。



威斯敏斯特教堂内的牛顿纪念碑。雕像中牛顿肘下压着四本书，分别是《数学》《年代学》《光学》《自然哲学之数学原理》，代表了他在这些领域的成就。

在结构上，《原理》是一种标准的公理化体系。它从最基本的定义和公理出发，“在第一编和第二编中推导出若干普适命题”。第一编题为“物体的运动”，把各种运动的形式加以分类，详细考察每一种运动形式与力的关系，为全书的讨论做了数学工具上的准备；第二编讨论“物体（在阻滞介质中）的运动”，进一步考察了各种形式的阻力对于运动的影响，讨论地面上各种实际存在的力与运动的情况。牛顿在第三编中“示范了把它们应用于宇宙体系，用前两编中数学证明的命题通过天文现象推演出使物体倾向于太阳和行星的重力，再运用其他数学命题由这些力推算出行星、彗星、月球和海洋的运动”。在全书（我们选用的这个第三版）的最后，牛顿写下了一段著名的“总释”，集中表述了牛顿对于宇宙间万事万物的运动的根本原因——万有引力——以及我们的宇宙为什么是一个这样优美的体系的总原因的看法，集中表达了他对于上帝的存在和本质的见解。

在写作手法上，牛顿是个十分专注的人，他在搭建自己的体系时，虽然仿照欧几里得（Euclid，约公元前3世纪）的《几何原本》，但从没有忘记自己的使命是解释自然现象和运动的原因，没有把自己迷失在纯粹形式化的推理中。

他是极为出色的数学家，在数学上有一系列一流的发明，但他严格地把数学当做工具，只是在有需要时才带领读者稍微作一点数学上的远足。另一方面，牛顿也丝毫没有沉醉于纯粹的哲学思辨。

《原理》中所有的命题都来自于现实世界，或是数学的，或是天文学的，或是物理学的，即牛顿所理解的自然哲学的。《原理》中全部的论述都以命题形式给出，每一个命题都给出证明或求解，所有的求证求解都是完全数学化的，必要时附加推论，而每一个推论又都有证明或求解。只是在牛顿认为某个问题在哲学上有特殊意义时，他才加上一个附注，对问题加以解释或进一步推广。

大多数读者在阅读《原理》时感到困惑和困难的是牛顿的对于命题的解决方式。首先，牛顿大量使用作图，采用几何学的证明方法；其次，牛顿大

量运用比例关系式，这一点令读者感到繁杂，但却正是牛顿论证的有力之处。它在思想上符合牛顿的可测度空间和时间以及重量等物理概念只是相对性的见解，运算中回避了拘泥于单位制的麻烦并且使牛顿极为方便地引入了他发明的极大极小比方法。此外，我们应当理解到，在牛顿写作《原理》时，用来解决物体运动的动力学问题的有力工具微积分（牛顿称为流数法）还处于发明的初期，远远没有成熟到今天的样子，而牛顿本人正是这种技术的主要发明人之一。有证据表明，书中的许多论述，牛顿是通过自己发明的流数法或反流数法得到的，但在写作《原理》时，牛顿换成了当时人们较为熟悉的几何作图与代数运算相结合的形式。实际上，《原理》发表后，许多读者根本读不懂，以至于有人认为牛顿写了一本“连他自己也看不懂的书”，牛顿



炼金术士在展示成果。