

科学史译丛

The Birth of A New Physics

新物理学的诞生

[美] I. 伯纳德·科恩 著

张卜天 译



商务印书馆

科学史译丛

新物理学的诞生

〔美〕I. 伯纳德·科恩 著

张卜天 译



创立于1897

商务印书馆
The Commercial Press

2016年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

新物理学的诞生 / (美) I. 伯纳德·科恩著; 张卜天译. —北京: 商务印书馆, 2016

(科学史译丛)

ISBN 978-7-100-12405-8

I. ①新… II. ①I… ②张… III. ①物理学史—世界
IV. ①O4-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 170566 号

所有权利保留。

未经许可, 不得以任何方式使用。

科学史译丛

新物理学的诞生

〔美〕 I. 伯纳德·科恩 著

张卜天 译

商务印书馆出版

(北京王府井大街36号 邮政编码100710)

商务印书馆发行

北京中科印刷有限公司印刷

ISBN 978-7-100-12405-8

2016年10月第1版

开本 880×1230 1/32

2016年10月北京第1次印刷

印张 9 3/4

定价: 52.00 元

《科学史译丛》总序

现代科学的兴起堪称世界现代史上最重大的事件,对人类现代文明的塑造起着极为关键的作用,许多新观念的产生都与科学变革有着直接关系。可以说,后世建立的一切人文社会学科都蕴含着一种基本动机:要么迎合科学,要么对抗科学。在不少人眼中,科学已然成为历史的中心,是最独特、最重要的人类成就,是人类进步的唯一体现。不深入了解科学的发展,就很难看清楚人类思想发展的契机和原动力。对中国而言,现代科学的传入乃是数千年未有之大变局的中枢,它打破了中国传统学术的基本框架,彻底改变了中国思想文化的面貌,极大地冲击了中国的政治、经济、文化和社会生活,导致了中华文明全方位的重构。如今,科学作为一种新的“意识形态”和“世界观”,业已融入中国人的主流文化血脉。

科学首先是一个西方概念,脱胎于西方文明这一母体。通过科学来认识西方文明的特质、思索人类的未来,是我们这个时代的迫切需要,也是科学史研究最重要的意义。明末以降,西学东渐,西方科技著作陆续被译成汉语。20世纪80年代以来,更有一批西方传统科学哲学著作陆续得到译介。然而在此过程中,一个关键环节始终阙如,那就是对西方科学之起源的深入理解和反思。应该说直到

20 世纪末,中国学者才开始有意识地在西方文明的背景下研究科学的孕育和发展过程,着手系统译介早已蔚为大观的西方科学思想史著作。时至今日,在科学史这个重要领域,中国的学术研究依然严重滞后,以致间接制约了其他相关学术领域的发展。长期以来,我们对作为西方文化组成部分的科学缺乏深入认识,对科学的看法过于简单粗陋,比如至今仍然意识不到基督教神学对现代科学的兴起产生了莫大的推动作用,误以为科学从一开始就在寻找客观“自然规律”,等等。此外,科学史在国家学科分类体系中从属于理学,也导致这门学科难以起到沟通科学与人文的作用。

有鉴于此,在整个 20 世纪于西学传播厥功至伟的商务印书馆决定推出《科学史译丛》,继续深化这场虽已持续数百年但还远未结束的西学东渐运动。西方科学史著作汗牛充栋,限于编者对科学史价值的理解,本译丛的著作遴选会侧重于以下几个方面:

一、将科学现象置于西方文明的大背景中,从思想史和观念史角度切入,探讨人、神和自然的关系变迁背后折射出的世界观转变以及现代世界观的形成,着力揭示科学所植根的哲学、宗教及文化等思想渊源。

二、注重科学与人类终极意义和道德价值的关系。在现代以前,对人生意义和价值的思考很少脱离对宇宙本性的理解,但后来科学领域与道德、宗教领域逐渐分离。研究这种分离过程如何发生,必将启发对当代各种问题的思考。

三、注重对科学技术和现代工业文明的反思和批判。在西方历史上,科学技术绝非只受到赞美和弘扬,对其弊端的认识和警惕其实一直贯穿西方思想发展进程始终。中国对这一深厚的批判传

统仍不甚了解,它对当代中国的意义也毋庸讳言。

四、注重西方神秘学(esotericism)传统。这个鱼龙混杂的领域类似于中国的术数或玄学,包含魔法、巫术、炼金术、占星学、灵知主义、赫尔墨斯主义及其他许多内容,中国人对它十分陌生。事实上,神秘学传统可谓西方思想文化中足以与“理性”、“信仰”三足鼎立的重要传统,与科学尤其是技术传统有密切的关系。不了解神秘学传统,我们对西方科学、技术、宗教、文学、艺术等的理解就无法真正深入。

五、借西方科学史研究来促进对中国文化的理解和反思。从某种角度来说,中国的科学“思想史”研究才刚刚开始,中国“科”、“技”背后的“术”、“道”层面值得深究。在什么意义上能在中国语境下谈论和使用“科学”、“技术”、“宗教”、“自然”等一系列来自西方的概念,都是亟待界定和深思的论题。只有本着“求异存同”而非“求同存异”的精神来比较中西方的科技与文明,才能更好地认识中西方各自的特质。

在科技文明主宰一切的当代世界,人们常常悲叹人文精神的丧失。然而,口号式地呼吁人文、空洞地强调精神的重要性显得苍白无力。若非基于理解,简单地推崇或拒斥均属无益,真正需要的是深远的思考和探索。回到西方文明的母体,正本清源地揭示西方科学技术的孕育和发展过程,是中国学术研究的必由之路。愿本译丛能为此目标贡献一份力量。

张卜天

2016年4月8日

本书献给德雷克(Stillman Drake)、伽鲁齐(Paolo Galuzzi)、韦斯特福尔(Richard S. Westfall)和艾顿(Eric Aiton),他们阐明了伽利略、牛顿、开普勒和莱布尼茨的思想。

前言

《新物理学的诞生》适合普通读者、(研究科学、哲学或历史的) 大中学生、历史学家、哲学家以及任何愿意领略科学的勃勃生机和冒险经历的读者阅读。我希望,通过了解科学革命如何达到顶峰,牛顿力学和天体力学如何逐步产生,也能使科学家感到愉快和受益。 xi

本书的目的主要不是介绍通俗的科学史,也不是向一般读者展示新近的科学史研究成果,而是为了从一个侧面探讨那场发生在 16、17 世纪的伟大的科学革命,澄清近代科学的性质和发展的某些基本方面。一个重要主题是,物理科学环环相扣的结构如何影响了运动科学的形成。我们一再看到,自 17 世纪以来,物理学任何一部分的重大调整都必定会引起通盘改变;另一个结论是,孤立地或完全凭借自身去检验或证明科学命题,一般来说是不可能的,每一项检验毋宁说是对相关命题连同整个物理科学体系的确证。

近代科学一直在发生变化,这种动态性是它的主要性质或独特性质。不幸的是,初等教科书和一般科学著作都强调对它的逻辑呈现,这使得学生和读者很难真正理解这种动态性。因此,本书的另一个主要目的是试图表明,某一种观念在改变整个科学结构 xii

方面可能具有怎样的穿透力和深刻影响。

本书不是一部科学的历史,而是关于科学发展中一个重要片段的历史短论,它并没有详细讨论近代动力学或天文学兴起的所有方面。例如,我们只是顺便提及第谷对观测天文学的革新、开普勒的运动概念以及对运动原因的看法。笛卡尔的思想体系,包括基于涡旋的宇宙体系,则完全没有涉及。在许多方面,笛卡尔科学代表着 17 世纪新科学最具革命性的部分。完整的历史叙述还必须包括惠更斯、胡克等重要人物。

我要感谢巴黎高等研究实践学院和普林斯顿高等研究院的亚历山大·柯瓦雷(Alexandre Koyré)对我思想的启发,他是在学术研究中运用历史概念分析的大师。梅杰瑞·霍普·尼科尔森(Majorie Hope Nicolson,哥伦比亚大学)使我们认识到“新天文学”特别是伽利略的望远镜发现的重大思想意义。在十多年的时间里,我曾有幸与马歇尔·克拉盖特(Marshall Clagett,威斯康星大学;普林斯顿高等研究院)、约翰·默多克(John E. Murdoch,哈佛大学)和爱德华·格兰特(Edward Grant)讨论了中世纪科学的许多问题,使我受益匪浅。在近四十年的时间里,爱德华·罗森(Edward Rosen,纽约城市学院)的批评及其学术贡献使我得益甚多。后来,我又从诺埃尔·斯维尔德罗(Noel Swerdlow,芝加哥大学)那里获得了对哥白尼科学的新洞见。我还从阿尔伯特·范·海尔登(Albert Van Helden,莱斯大学)那里了解到关于望远镜历史及其早期应用的许多内容。特别要感谢斯蒂尔曼·德雷克(Stillman Drake),他多年来一直慷慨惠允我阅读他尚未发表的伽利略研究,回答我的问题,并对本书的打字稿进行了认真审读,先

是 25 年前的第一版,现在是这个修订版。

《新物理学的诞生》的第一版献给我的女儿 Frances B. Cohen 博士,当时是为一套科学研究丛书所写。这套丛书是物理科学研究委员会所倡议的,旨在以新的方式促进物理学的教学、研究和理解。委员会主席最初是麻省理工学院的 Jerrold Zacharias,后来是 Francis L. Friedman。该委员会的成员(尤其是 Bruce Kingsbury)大大方便了本书第一版的写作;编辑 John H. Durston 特别为我着想,使我在写书过程中省去了不少时间和精力。美国杰出摄影家 Berenice Abbott 专为此书拍摄了插图 6 和插图 7,对此我十分欣慰。

本书第一版已经多次重印,曾被译为丹麦文、芬兰文、法文、德文、希伯来文、意大利文、日文、波兰文、西班牙文、瑞典文和土耳其文。最近的意大利文译本又做了重大修订(包括爱德华·罗森提醒我注意的一些修正)。现在,时隔 25 年后,根据科学史特别是关于伽利略和牛顿的最新发展和发现,我又对正文作了许多修订,补充了许多新材料。但还有一些材料如果加入,可能会导致内容的严重失衡,从而打乱原书的章法节奏。因此,我们把这些材料放在带有编号的附录中(在正文中有所提及),它们对某些关键的学术议题作了扩充,对于对近代物理科学形成的某些重要阶段作出公允判断至关重要。

除了附录,这两版的最大区别体现在对伽利略的处理上。第一版问世后,我们已经得知(首先感谢托马斯·塞特尔[Thomas B. Settle]大胆再现了伽利略的一项著名实验),伽利略描述的实验实际上能够给出他所宣称的结果,学术界的观点也随之产生了重

大转变。大家不再认为伽利略描述的仅仅是“思想实验”，这些实验他既没有做过，也不可能按照他所描述的方式做，而是开始将伽利略视为实验大师。其次，由于德雷克的学术努力，我们已经认识到，实验对于伽利略表述和验证运动原理的基本思想至关重要。

我非常高兴诺顿出版公司能够出版这个新版。感谢公司的副总 Edwin Barber 对我的著作感兴趣。得知仍然有一个真正“老资格的”出版商珍爱书籍和作者，真是让人欣慰。

I. 伯纳德·科恩

哈佛大学

坎布里奇，马萨诸塞州

1984 年 9 月 18 日

目 录

前言	i
第一章 地动物理学	1
落到何处?	1
两种回答	5
需要一门新物理学	7
第二章 旧物理学	10
亚里士多德的常识物理学	10
物体的“自然”运动	12
“不朽的”天界	13
运动的因素	14
空气中的落体运动	19
地球不可能运动	21
第三章 地球和宇宙	23
哥白尼与近代科学的诞生	23
同心球体系	24
托勒密与本轮均轮体系	26
哥白尼的革新	34
哥白尼与托勒密	43
哥白尼宇宙的问题	49

第四章 探索宇宙深处	51
新物理学的演进	51
伽利略	52
望远镜:巨大的飞跃	54
月球景象	56
地球反照(earthshine)	64
繁星满天	67
木星的证据	69
新的世界	73
第五章 通向惯性物理学	81
匀速直线运动	81
火车烟囱和运动的船	83
伽利略的运动科学	86
伽利略的先驱	102
表述惯性定律	107
伽利略的困难与成就:惯性定律	116
第六章 开普勒的天体音乐	126
椭圆与开普勒的宇宙	127
三定律	136
开普勒与哥白尼派	140
开普勒的成就	143
第七章 宏伟的设计——新物理学	147
牛顿的预见	148
《自然哲学的数学原理》	151

惯性定律的最终表述	156
“宇宙体系”	158
神来之笔:万有引力	164
各方面的成就	174
关于牛顿第二定律两种形式的补充注释	183
附录 1 伽利略与望远镜	185
附录 2 伽利略“看到”天上有什么?	188
附录 3 伽利略的自由落体实验	194
附录 4 伽利略运动科学的实验基础	196
附录 5 伽利略是否认为匀加速运动的速度与距离成正比	205
附录 6 假说-演绎方法	207
附录 7 伽利略与中世纪运动科学	208
附录 8 开普勒、笛卡尔和伽桑狄论惯性	210
附录 9 伽利略对抛物线路径的发现	212
附录 10 伽利略运动科学的主要发现概述	214
附录 11 胡克对牛顿的功劳:对曲线轨道运动的分析	218
附录 12 行星与彗星的惯性	222
附录 13 对由平方反比律导出椭圆行星轨道的证明	224
附录 14 牛顿与苹果:牛顿发现 v^2/r 定律	227
附录 15 牛顿论“引力”质量与“惯性”质量	229
附录 16 牛顿提出万有引力的步骤	234
进一步阅读建议	241
索引	250

第一章 地动物理学

或许有些奇怪,大多数人对于运动的看法其实只是两千多年³前提出的物理学体系的一部分,而且这个体系至少在 1400 年以前就被实验证明是有问题的。事实上,即使是今天受过良好教育的人在思考这个物理世界时,也都倾向于把地球看成静止的,而不是运动的。我并不是说这些人“真的”相信地球静止。果真问起来,他们一定会说自己当然“知道”地球每天自转一次,同时每年绕太阳公转一周。然而,如果让他们解释某些普通的物理现象,却无法说明这些现象如何可能在地球运动的情况下发生。这些物理学方面的误解大都集中在落体问题和一般的运动概念上。这恰恰例证了那句古老的格言:“不理解运动,就不理解自然。”

落到何处?

现代人假如无法在地球运动的情况下讨论运动问题,也许会自我解嘲说,古代的大科学家对此同样束手无策。然而,这其中有着巨大的差别:古代科学家无法解决这些问题是时代所致,而现代人缺乏这种能力却是无知的表现。17 世纪对朝天炮木版画(插图⁴ 1)的描绘可说是这类问题的典型。请注意图中所提的问题:“它是

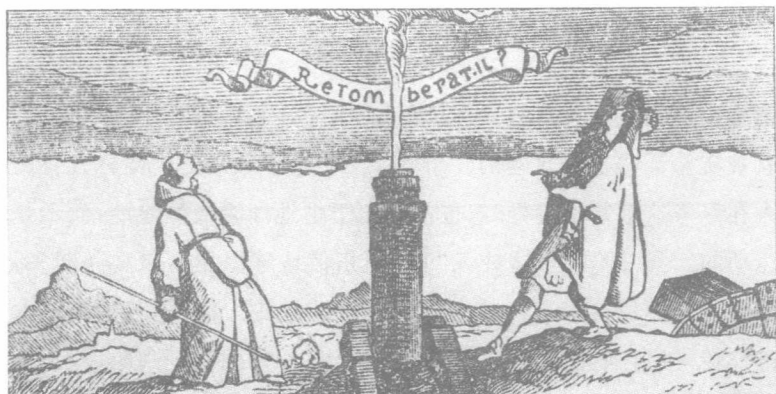


插图 1 “它还会落回来吗?”这幅取自笛卡尔通信的古老木版画,展示了伽利略的同时代人和朋友梅森神父(Father Mersenne)所提出的一个检验落体行为的实验。他问:“Retombera-t-il?”(炮弹还会落回来吗?)

否会落回原地？”假如地球是静止的，那么竖直向上射出的炮弹最后无疑会竖直落回炮膛。但倘若地球在运动，它还会落回原地吗？如果会，为什么？这幅画实际上描绘了一个更加复杂的运动问题。需要注意的是，很早以前就有人拿竖直上抛或下落的物体的轨道性质来反驳地动观念。

假设地球在运动，那么向上射出的箭在上升和下落时必定随地球一起运动，否则它将落到离弓箭手很远的地方。传统回答可以解释说：由于空气必定随地球一起运动，所以箭在上升和下落时被空气裹挟着一起运动。但反对者也是有备而来：即便假定空气在运动（这一假定其实是有问题的，因为并没有什么显然的原因规定空气必须随地球一起运动），但空气与地球在构成和性质上差异这么大，空气的运动难道不会比地球慢很多吗？那样一来，箭不就被地球甩到后面去了吗？而且，假如地球果真在空间中疾驰，站在塔顶的人当会感觉到多么猛烈的大风！

为了使这些问题更加明确，我们暂时不去考虑地球本身。毕竟，普通人也可以这样回答：至于从塔顶落下的小球在地球运动的情况下为何仍会落在塔底，我也许解释不了，但我的确知道被释放的小球竖直下落，的确知道地球在运动。所以必定存在某种解释，即使我不清楚它是什么。

现在考虑另外一种情形。假设我们能够制造某种快速行进的列车，速度可达每秒钟 20 英里。一个实验者站在列车尾部，比如 5 说最后一节车厢的平台上。当列车以每秒 20 英里的速度前进时，他从口袋里拿出一个重约 1 磅的铁球，将它竖直上抛至 16 英尺高。铁球上升和下落各需大约 1 秒。那么站在列车尾部的这个人