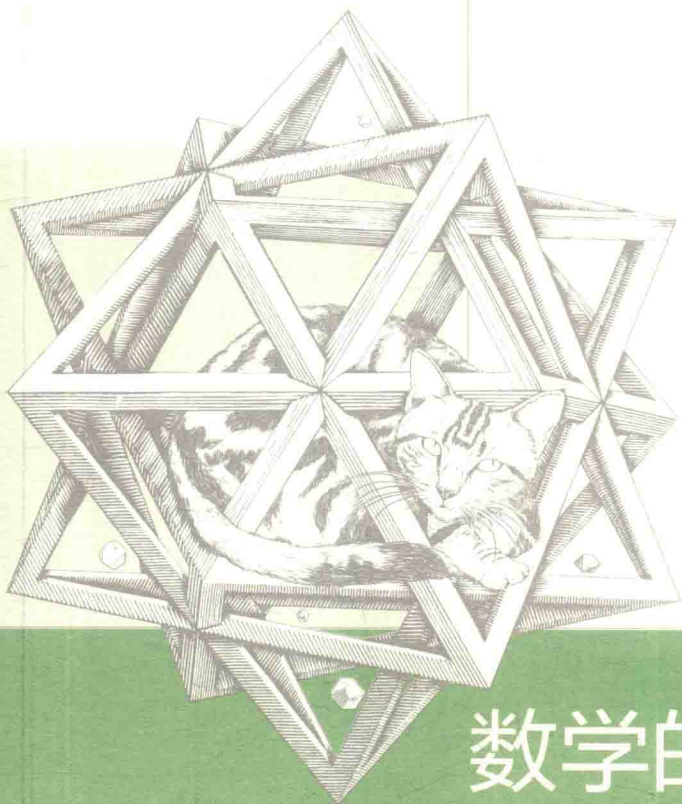


$$e^{\pi i} + 1 = 0$$

Panorama of Mathematics

数 学 概 览

10.5



数学的世界 V

从阿默士到爱因斯坦
数学文献小型图书馆

— J.R. 纽曼 编

— 李培廉 译

高等教育出版社

Panorama of Mathematics

数 学 概 览

10.5

SHUXUE DE SHIJI E V

数学的世界 V

从阿默士到爱因斯坦
数学文献小型图书馆

— J.R. 纽曼 编

— 李培廉 译

高等教育出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

数学的世界. 5 / (美) 纽曼 (Newman, J. R.) 编 ;
李培廉译. -- 北京 : 高等教育出版社, 2018. 7
书名原文 : The World of Mathematics
ISBN 978-7-04-049364-1

I. ①数… II. ①纽… ②李… III. ①数学 - 普及读
物 IV. ①O1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 018468 号

策划编辑 王丽萍
版式设计 杜微言

责任编辑 李 鹏 李华英
责任校对 刘 莉

封面设计 王 琰
责任印制 韩 刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 唐山市润丰印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 28.25
字 数 440千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2018年7月第1版
印 次 2018年7月第1次印刷
定 价 79.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 49364-00

《数学概览》编委会

主编： 严加安 季理真

编委： 丁 玖 李文林

林开亮 曲安京

王善平 徐 佩

姚一隽

《数学概览》序言

当你使用卫星定位系统 (GPS) 引导汽车在城市中行驶, 或对医院的计算机层析成像深信不疑时, 你是否意识到其中用到什么数学? 当你兴致勃勃地在网上购物时, 你是否意识到是数学保证了网上交易的安全性? 数学从来就没有像现在这样与我们日常生活有如此密切的联系。的确, 数学无处不在, 但什么是数学, 一个貌似简单的问题, 却不易回答。伽利略说: “数学是上帝用来描述宇宙的语言。” 伽利略的话并没有解释什么是数学, 但他告诉我们, 解释自然界纷繁复杂的现象就要依赖数学。因此, 数学是人类文化的重要组成部分, 对数学本身以及对数学在人类文明发展中的角色的理解, 是我们每一个人应该接受的基本教育。

到 19 世纪中叶, 数学已经发展成为一门高深的理论。如今数学更是一门大学科, 每门子学科又包括很多分支。例如, 现代几何学就包括解析几何、微分几何、代数几何、射影几何、仿射几何、算术几何、谱几何、非交换几何、双曲几何、辛几何、复几何等众多分支。老的学科融入新学科, 新理论用来解决老问题。例如, 经典的费马大定理就是利用现代伽罗瓦表示论和自守形式得以攻破; 拓扑学领域中著名的庞加莱猜想就是用微分几何和硬分析得以证明。不同学科越来越相互交融, 2010 年国际数学家大会 4 个菲尔兹奖获得者的工作就是明证。

现代数学及其未来是那么神秘, 吸引我们不断地探索。借用希尔伯特的一句话: “有谁不想揭开数学未来的面纱, 探索新世纪里我们这门科学发展的前景和奥秘呢? 我们下一代的主要数学思潮将追求什么样的特殊目标? 在广阔而丰富的数学思想领域, 新世纪将会带来什么样的新方法和新成就?”

中国有句古话：老马识途。为了探索这个复杂而又迷人的神秘数学世界，我们需要数学大师们的经典论著来指点迷津。想象一下，如果有机会倾听像希尔伯特或克莱因这些大师们的报告是多么激动人心的事情。这样的机会当然不多，但是我们可以通过阅读数学大师们的高端科普读物来提升自己的数学素养。

作为本丛书的前几卷，我们精心挑选了一些数学大师写的经典著作。例如，希尔伯特的《直观几何》成书于他正给数学建立现代公理化系统的时期；克莱因的《数学讲座》是他在 19 世纪末访问美国芝加哥世界博览会时在西北大学所做的系列通俗报告基础上整理而成的，他的报告与当时的数学前沿密切相关，对美国数学的发展起了巨大的推动作用；李特尔伍德的《数学随笔集》收集了他对数学的精辟见解；拉普拉斯不仅对天体力学有很大的贡献，而且还是分析概率论的奠基人，他的《概率哲学随笔》讲述了他对概率论的哲学思考。这些著作历久弥新，写作风格堪称一流。我们希望这些著作能够传递这样一个重要观点，良好的表述和沟通在数学上如同在人文学科中一样重要。

数学是一个整体，数学的各个领域从来就是不可分割的，我们要以整体的眼光看待数学的各个分支，这样我们才能更好地理解数学的起源、发展和未来。除了大师们的经典的数学著作之外，我们还将有计划地选择在数学重要领域有影响的现代数学专著翻译出版，希望本译丛能够尽可能覆盖数学的各个领域。我们选书的唯一标准就是：该书必须是对一些重要的理论或问题进行深入浅出的讨论，具有历史价值，有趣且易懂，它们应当能够激励读者学习更多的数学。

作为人类文化一部分的数学，它不仅具有科学性，并且也具有艺术性。罗素说：“数学，如果正确地看，不但拥有真理，而且也具有至高无上的美。”数学家维纳认为“数学是一门精美的艺术”。数学的美主要在于它的抽象性、简洁性、对称性和雅致性，数学的美还表现在它内部的和谐和统一。最基本的数学美是和谐美、对称美和简洁美，它应该可以而且能够被我们理解和欣赏。怎么来培养数学的美感？阅读数学大师们的经典论著和现代数学精品是一个有效途径。我们希望这套数学概览译丛能够成为在我们学习和欣赏数学的旅途中的良师益友。

严加安、季理真

2012 年秋于北京

在这个古代与现代研究相冲突的时期,对某一个研究必定会有一些事情要谈论,它不是从毕达哥拉斯开始,也不是以爱因斯坦结束,而是包括了所有最年老的和最年轻的.

哈代(一个数学家的辩白)

引 言

引言既是问候,也是告别.我致力于本书如此之久,以致难以割舍.从我搜集选集的素材开始至今已经十五载有余,这些素材要使人领略到数学的多样性、实用性和优美.起初似乎感到任务不会太艰巨,耗时也不会过分漫长,因为我对本书所涉主题的一般文献还算熟悉,再说我也不打算编纂一部庞大的原始资料集.不久我发现我的估计错了.关于数学的本质、用途和历史的通俗读物并没有带来我所期望的多样性.于是我必须在浩如烟海的技术和学术文献中搜寻数学思想的范例,使普通读者能够理解和喜欢.关于数学的基础和哲学、数学同艺术和音乐的关系以及数学对于社会和经济问题的应用等容易理解的短文难以发现.还有,我并未计划对选集的每篇文章写引言,但在工作的进展过程中,显现出许多文章在结合其背景阅读时是发人深省的,但是当单独阅读时却意味锐减.因此必须对相关文章提供背景资料,解释写它的动机以及它在数学思想的发展中的地位.于是我原本打算两年完成的工作却延续了二十年中的大部分时光;所设想的适度大小的篇幅最终呈现的规模即使是不够自我约束的作者也不得不承认是大大膨胀了.

我试图在本书中体现数学的广博、数学思想的丰富以及其层面的复杂.数学是一个工具,一种语言和一幅图像;它是一件艺术作品,是自身的终结;它是对于完美的酷爱的实现过程.它似乎被视为讽刺的对象,或是幽默的元素和辩论的话题;又似激发聪明才智的马刺和启发说书人想象力的酵母;它使人们狂热并给大家带来愉悦.普遍认为它是由人类所创建的但独立于人类单独存在的知识体.我希望在这部选集中你能找到适合各种品位和接受力的素材.

选入本书的文章有许多篇幅较长,这源于我厌恶残缺不全或支离破碎.理解数学逻辑或相对论,并不是有教养的人所必需的特质.但是如果一个人希望了解这些科目的某些方面,他就必须学习一些内容.精通基本的语言,掌握一项技术,一步步地跟踪一个典型的推理序列,以及理解一个问题的来龙去脉,付出这种努力的读者将不会失望.固然本选集中有些文章是难懂的,但是令人感兴趣的是有多少文章即使没有超常才能或特殊训练也能够被理解.自然,那些有足够勇气挑战更加艰难主题的人将会赢得特殊的回报,这有点像理解了某个论证和得到了证明后所获得的满足感.对于每一个人这都是一种创造性活动,就像他做出了此前从未有过的发现;从而陶冶了人们的情操.

选集是颇具个人偏见的一类著作,即使主题是数学,也不见得比诗歌或小说这种个人偏见来得少.例如我厌烦幻方,但我从不厌烦概率论.我更喜欢几何而非代数,喜欢物理而非化学,喜欢逻辑而非经济,喜欢无穷数学而非数论.我回避了某些主题,淡化一些主题,却对另外一些主题表现出了很高的热情.我不为这些偏见愧疚;我自认缺乏数学才能,但我自由地介绍我所钟爱的数学.

许多人对本书的编纂提供了帮助.对于我的朋友和过去的同事罗伯特·哈赤 (Robert Hatch) 在编辑方面的建议,我难以表达我万分的感激.这种帮助并非是无要紧要的或者仅仅是形式上的,而是本书在本质上和风格上就接受了他的意见.我的老师及朋友欧内斯特·内格尔 (Ernest Nagel) 不仅给出了不少建议和批评,还特为本书提供了关于符号逻辑的精彩随笔.萨姆·罗森堡 (Sam Rosenberg) 阅读了我所写的内容,并且发挥他的智慧改善了它.我的妻子以一如既往的聪明智慧和宽容大度鼓励我工作. Rutgers 大学文学教授和农业系的前图书馆管理员拉尔夫·肖 (Ralph Shaw) 博士,在原稿的准备中给了非常宝贵的帮助.我还感谢我的出版者——特别是杰克·古德曼 (Jack Goodman)、汤姆·托尔·贝文斯 (Tom Torre Bevans) 和彼得·施维德 (Peter Schwed) 的贡献——他们的宽容,本预定 1942 年出版的书一直等到了 1956 年,以及他们在艰难的设计和制作工作中表现出的想象力和才能.

J. R. N.

目 录

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 第 22 部分: 数学与物理世界 | 1 |
| 编者评注: 伽利略·伽利莱 | 3 |
| 1 运动的数学 伽利略·伽利莱 | 13 |
| 编者评注: 伯努利家族 | 49 |
| 2 气体动力理论 丹尼尔·伯努利 | 53 |
| 编者评注: 一项大奖、一个受长期折磨的发明家和第一台 准确的时钟 | 57 |
| 3 经度 劳埃德·A. 布朗 | 59 |
| 编者评注: 约翰·库奇·亚当斯 | 99 |
| 4 约翰·库奇·亚当斯和海王星的发现 哈罗德·斯潘塞·琼斯 | 101 |
| 编者评注: H. G. J. 莫斯利 | 119 |
| 5 原子序数 H. G. J. 莫斯利 | 123 |
| 编者评注: 地球上的小东西 | 133 |
| 6 伦琴射线 威廉·布拉格爵士 | 137 |
| 7 晶体和物理学的未来 菲利普·勒·柯拜勒 | 153 |
| 编者评注: 王后迪多、肥皂泡和一个盲数学家 | 165 |
| 8 什么是变分学, 它有什么用? 卡尔·门格 | 169 |
| 9 肥皂泡 C. 维农·博伊斯 | 175 |
| 10 普拉托问题 理查德·库朗, 赫伯特·罗宾斯 | 185 |
| 编者评注: 周期律和门捷列夫 | 195 |
| 11 化学元素的周期律 德米特里·门捷列夫 | 199 |
| 12 门捷列夫 伯纳德·贾菲 | 205 |
| 编者评注: 格列哥尔·孟德尔 | 219 |
| 13 遗传的数学 格列哥尔·孟德尔 | 225 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 编者评注: J. B. S. 海登 | 237 |
| 14 论取得正确的大小 J. B. S. 海登 | 239 |
| 15 自然选择的数学 J. B. S. 海登 | 245 |
| 编者评注: 埃尔温·薛定谔 | 259 |
| 16 遗传和量子理论 埃尔温·薛定谔 | 261 |
| 编者评注: 达西·文特渥斯·汤普逊 | 283 |
| 17 论大小 达西·文特渥斯·汤普逊 | 289 |
| 编者评注: 不确定性原理 | 337 |
| 18 不确定性原理 维尔纳·海森伯 | 341 |
| 19 因果性和波动力学 埃尔温·薛定谔 | 347 |
| 编者评注: 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士 | 361 |
| 20 自然的常数 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士 | 367 |
| 21 引力的新定律和老定律 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士 | 387 |
| 编者评注: 关于相对论 | 397 |
| 22 相对论 克莱门特 V. 迪雷尔 | 401 |

第 22 部分*

数学与物理世界

编者评注: 伽利略·伽利莱

1 运动的数学

伽利略·伽利莱

编者评注: 伯努利家族

2 气体动力理论

丹尼尔·伯努利

编者评注: 一项大奖、一个受长期折磨的发明家和第一台准确的时钟

3 经度

劳埃德·A. 布朗

编者评注: 约翰·库奇·亚当斯

4 约翰·库奇·亚当斯和海王星的发现

哈罗德·斯潘塞·琼斯

编者评注: H. G. J. 莫斯利

5 原子序数

H. G. J. 莫斯利

编者评注: 地球上的小东西

6 伦琴射线

威廉·布拉格爵士

7 晶体和物理学的未来

菲利普·勒·柯拜勒

编者评注: 王后迪多、肥皂泡和一个盲数学家

8 什么是变分学, 它有什么用?

卡尔·门格

9 肥皂泡

C. 维农·博伊斯

10 普拉托问题

理查德·库朗, 赫伯特·罗宾斯

编者评注: 周期律和门捷列夫

11 化学元素的周期律

德米特里·门捷列夫

12 门捷列夫

伯纳德·贾菲

*原书第 V 部分。

- 编者评注: 格列哥尔·孟德尔
- 13 遗传的数学 格列哥尔·孟德尔
编者评注: J. B. S. 海登
- 14 论取得正确的大小 J. B. S. 海登
- 15 自然选择的数学 J. B. S. 海登
编者评注: 埃尔温·薛定谔
- 16 遗传和量子理论 埃尔温·薛定谔
编者评注: 达西·文特渥斯·汤普逊
- 17 论大小 达西·文特渥斯·汤普逊
编者评注: 不确定性原理
- 18 不确定性原理 维尔纳·海森伯
- 19 因果性和波动力学 埃尔温·薛定谔
编者评注: 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士
- 20 自然的常数 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士
- 21 引力的新定律和老定律 亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士
编者评注: 关于相对论
- 22 相对论 克莱门特 V. 迪雷尔

编者评注

伽利略·伽利莱

现代科学是那些比他们的前人提出了更多的探索性问题的人所奠基的。16和17世纪科学革命的本质与其说是一连串的发明，不如说是人类精神面貌的改变，伽利略对这一改变所做的贡献比任何其他单个思想家都大。

伽利略被认为是现代科学的第一人。“当我们阅读他的著作的时候，我们本能地感到自由自在；我们知道我们已经学会物理科学仍然还在使用的方法。”¹⁾ 伽利略的主要兴趣是在发掘事物是如何(how)，而不是为何(why)，工作的。他并不轻视理论的作用，他自己在构建大胆的假设上就是无与伦比的。但是他认识到理论必须与观察的结果相一致，认识到自然的模式不是为了易于为我们理解而构造成的。“自然全不在意，”他说，“它的运作的深奥的理由和方法是否能为人们能力所完全理解。”他坚持主张“不肯让步又顽固不化的事实”的至高无上权力，不论它们看起来是如何“不可理喻”。²⁾ “我十分了解，”伽利略在其所著的《关于两大世界体系的对话》(*Dialogues Concerning the Two Principal Systems of the World*)一书中，借助于一个代表他本人的假想人物萨尔维亚蒂(Salviati)这样说道，“只要一个实验，或者决定性的演示，产生了反面的结果，就足以把……一千个……可能的论点，打倒在地。”

当然，现代科学的源头还可以向以前追寻得更远——至少可以追寻到13和14世纪的哲学家，罗伯特·葛洛瑟特斯特(Robert Grosseteste)，亚当·马尔希(Adam Marsh)，尼可耳·奥瑞斯姆(Nicole Oresme)，阿尔贝特斯·马努斯

¹⁾ Sir William Dampier, *A History of Science, and Its Relations with Philosophy and Religion* (科学史及其与哲学和宗教的关系), Fourth Edition, Cambridge (England), 1949, p. 129.

²⁾ 正如怀特黑德(Whitehead)所指出的，“认为这一历史性的革命是诉诸理性的结果，是一个大大的错误，相反，它自始至终都是一个反理性主义者的运动。它是向深思无情的事实回归；它是以对中世纪僵化理性思维的反叛为基础的。” *Science and the Modern World* (科学与现代世界)，第一章。

(Albertus Magnus), 奥卡姆的威廉 (William of Occam).³⁾ 新近的历史研究加深了我们对科学思想进化的认识, 并且有助于推翻正在摇摇欲坠的神话, 即中世纪的科学无非是一些评注和枯燥无味的解说。⁴⁾ 然而这一扩大了视野一点也不会降低我们对伽利略所获得的巨大成就的赞美。他那丰富的想象力就是在他处理运动的问题的方法中得到了最惊人的体现。让我们来简短地考察一下, 为了创造一个理性的力学他所颠覆的观念以及他所创始的体系。按照亚里士多德, 所有重的物体都有一个趋向宇宙中心的“自然的”运动, 对于中世纪的思想家们来说它就是地球的中心。所有其他的运动都是“由暴力所致的”运动, 因为它需要有持续的推动力, 而且也因为它违反了物体向其自然位置下沉的趋势。下落物体的加速是用这样的理由来解释的, 有点儿好像一匹马——越来越靠近家时就跑得越来越“欢快”。行星球体, 看起来不受这种“自然”趋势的约束, 是受到一个伟大的智者 (sublime Intelligence), 或者原始推动者 (Prime Mover) 的推力才保持在它们的大圆弧上不停地转动。除了下落物体之外, 物体只有在消耗外力以保持运动期间才会运动。当推动者使劲推时, 它们就跑得快; 它们的运动会受到摩擦力的阻碍; 推动者停止推动它们就会停下来。对于天体的运动亚里士多德脑子里是以马拉车为例的; 他的力学在天体领域内“已经为灵魂打开了半扇门”。

总的来说亚里士多德的运动理论与日常经验非常符合, 他的教导盛行了 15 个世纪还多。然而人们逐渐开始发现亚里士多德的教条与实验数据之间有一些小小的、但是令人困惑的不合。射出去的箭头运动就有反常, 因为按照马拉车的运动观念, 当箭头刚一脱离与弓弦的接触就会掉到地上来。落体加速度的传统解释也不是永远受到轻信而不会遭遇到反对。在每次遇到这种矛盾的情况时人们就用对被接受体系的一种巧妙的修正来对付 (用柏拉图的一句著名的话来说, 这叫作“挽救现象”); 可是每一次这种修剪, 不论

³⁾例如, 参阅 Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science* (现代科学的源头), London, 1949; A. C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science*, Oxford, 1953; A. C. Crombie, *Augustine to Galileo, the History of Science, A. D. 400—1650* (从奥古斯丁到伽利略, 从公元 400 年至 1650 年科学的历史), London, 1952; A. R. Hall, *The Scientific Revolution, 1500—1800* (从 1500 年到 1800 年的科学革命), London, 1954.

⁴⁾在这个讨论中我利用了我发表在《科学美国人》(*Scientific American*) 杂志上的一些文章中的材料; 特别是对上面附注中所引用的柏特菲尔德 (Butterfield) 的书的评述文章 (*Scientific American*, 1950 年 7 月, p. 56 及以后)。我从《现代科学的源头》(*The Origins of Modern Science*) 一书对在上述时期内所做的充分的陈述获益匪浅, 对此我深表谢意。

如何巧妙,总是引起争议之源,并且会对亚里士多德的所有教导的正确性引起新的怀疑。

在14世纪巴黎大学的让·布日丹(Jean Buridan)及其他学者发展了一种“冲击理论”,它被证明是推翻亚里士多德力学宝座的主要力量。这个理论,后来被列奥纳多·达·芬奇重新拾起,认为抛物体能保持运动是靠“物体本身内部的”某种东西,这是它一开始时就获得的。落体的被加速是因为“冲击”在不断地叠加到由原来的重量所产生的持续的下落上所致。这一理论的重要性就在于这样的事实,即人们由此第一次面对了运动作为由初始冲击产生的持续后效的观念。这是抵达由伽利略所清楚地提出的运动的现代观点的中途站,这就是,物体“继续保持在原有直线上运动,直至某种外物介入迫使它停止,或减慢,或使之偏转”。

要完成这一旅程需要我们的思想做一个非比寻常的转换,从实在到想象的转换。柏拉图和毕达哥拉斯的幽灵胜利地返回来指点出路。现代力学成功地描述了在真实的世界中真实的物体如何行动;然而它的原理和定律是得自一个纯粹的、干净的、空洞的、无界的欧氏空间这个并不存在的概念世界,完美的几何物体在其中画出完美的几何图形。直到那些伟大的思想家,用柏特菲尔德的话来说,那些“在当代思想的边缘上”操作的思想家,能够得以建立这个理想的柏拉图世界的数学假设并推导出其数学结论之前,对他们来说,不可能构造一个能够应用于经验的物理世界的理性的力学科学。这要求想象的一个向前大跃进——以不平常的眼光观察平常的事物,去观察那些实际上所看到的东​​西,而不是去看某个经典作家和中世纪作家所写过应该看到的东​​西。布日丹、尼可耳·奥瑞斯姆和萨克森的阿尔伯特(Albert of Saxony)以他们的冲击理论;伽利略以其对日常的力学现象所做的漂亮的系统总结和他描绘完美的球体在完全光滑水平平面上运动情形的能力;第谷·布拉赫(Tycho Brahe)以其在天文中大量极有价值的观测劳作;哥白尼以其《天体运行论》(*De Revolutionibus Orbium*)和他的日心学说;开普勒以其行星运动定律以及对天体运行的和谐和“球状结构”的激情探索;笛卡儿以其在方法上的谈话,以其要求所有的科学像数学一样地紧密地连接在一起的决定,以其将几何与代数相联姻;惠更斯以其对圆周运动和离心力所做的数学分析;吉伯特(Gilbert)以其地磁学(*terella*),以其在磁性和引力上的理论;韦达(Viète)、斯蒂文(Stevin)和纳皮尔(Napier)以他们在协助简化数学记

号和运算方面的工作: 每一个人都在这场不仅是对物理科学, 而且也是对整个外部世界的思考方式的伟大革新中各有一份贡献. 他们使得 17 世纪的智力创造终于有可能达到其顶峰, 于是在像钟表一样地工作的牛顿宇宙中, 大理石和行星的滚动都是由于万有引力有次序地相互作用的结果, 在其中运动和静止一样地“自然”, 在其中上帝只要一次把发条上紧, 就没有别的事要做了.

在这场思想变革的大剧中, 伽利略是一个主要角色.⁵⁾ 他是理解了加速度概念在动力学中的重要性的第一人. 加速度意味着速度的改变, 包括大小和方向的改变. 伽利略不同意亚里士多德认为运动需要力来维持的观点, 提出需要外力作用的不是运动, 而是运动的“创始和消灭”, 或者是运动方向的改变——即, 加速度. 他发现了落体运动的定律. 这个定律, 正如罗素 (Bertrand Russell) 所指出的, 在有了“加速度”概念的情况下, 是属于“最简单的一种.”⁶⁾ 如果没有空气的阻力, 落体就将以恒定的加速度运动. 在开始时伽利略设想落体的速度与它下落中所经过的距离成正比. 当发现这个假设不能令人满意时, 他把它修正为速度与下落的时间成正比. 他能够部分地用实验来证实这个假设的数学结论.

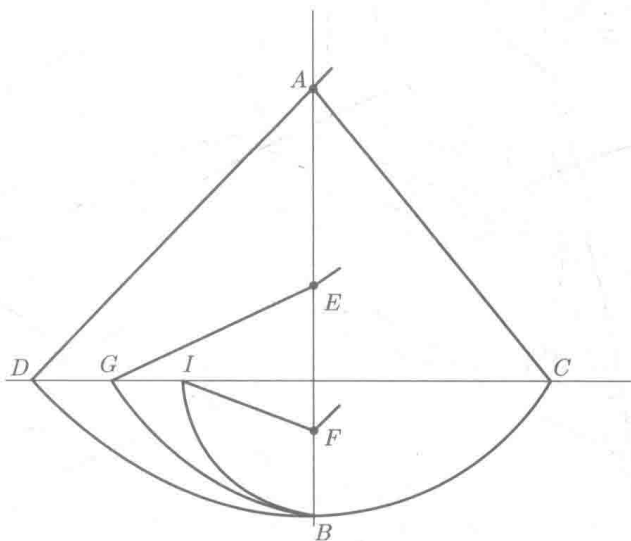
由于自由落体所获得的速度已超出了那时所能得到的测量仪器的能力, 伽利略就用“稀释”重力的作用的实验来解决这个检验问题. 他证明了, 从已给定高度的斜面上滑下的物体所获得的速度与斜面的倾斜角无关, 它到达终点时的速度与从相同垂直高度落下时所获得的速度是一样的. 就这样在斜面上的实验证实了他的定律. 有关他从比萨塔上扔下不同重量的物体以证实亚里士多德的、认为重的物体较轻的物体下落得更快的论点是错误的故事, 可能不是真有其事; 但是从伽利略的定律可以推知, 所有物体, 不论是重的还是轻的, 都得到相同的加速度. 他本人对此深信不疑——不论他是否真的用实验去验证过这个原理——不过还是一直要等到他去世、在发明了

⁵⁾ “就其在整个力学中的成就而言, 我们必须承认, 在从前伽利略时代到后牛顿时代的整个进步旅程中, 伽利略的贡献绝非仅止步于中途. 而且必须牢记, 他是先驱. 牛顿说得好, 当他宣称他看得比别人更远, 那是因为他站在巨人的肩上. 在这方面伽利略可没有巨人的肩膀好攀登; 他唯一遇到的巨人, 就是那些在任何观点成为可能前就给毁灭了的那些人.” Herbert Dingle, *The Scientific Adventure* (科学的奇遇) (“Galileo Galilei (1564—1642)”), London, 1952, p. 106.

⁶⁾ Bertrand Russell, *A History of Western Philosophy* (西方哲学史), New York, 1945, p. 532.

空气泵之后, 依靠让物体在真空中下落才给出了一个对此的完全验证。

通过用摆的实验伽利略还得到了支持“运动的持续性”原理的进一步的证据。吊在摆上来回摆动的小球好比是一个从斜面上滑下的物体。从一个斜面上滚下的球, 假设摩擦可以忽略不计, 就会爬上另一个斜面达到等于它在原来起点的高度。正如伽利略所发现的, 吊在摆上的小球也是这样。如果将它从某一水平高度 C 释放 (见图), 它就会升到同样的高度 DC , 不论它是沿弧线 BD 运动, 还是, 当吊线钉住在 E 或 F 点时, 沿更陡的弧线 BG 或 BI 。⁷⁾ 从他在运动的持续性上的工作到牛顿的第一运动定律, 也叫作运动惯性定律, 只是短短的一小步。



伽利略在动力学上的另一个重要的方向来自他对抛物体运动轨迹的研究。炮弹向前运动, 显然也在往下掉。但这两个运动如何组合一直不清楚。伽利略证明了, 抛物体的运动轨迹可以分解为两个同时的运动: 一个为水平的运动, 其运动速度 (在忽略很小的空气阻力下) 保持不变, 另一个为垂直方向的运动, 它遵守落体运动的规律, 即, 在第一秒内下降 16 英尺, 在第二秒内下降 48 英尺, 在第三秒内下降 80 英尺, 如此等等。这两个运动的合成造成一条抛物线。伽利略的运动持续性原理和他的分解复合运动的方法令人兴奋地解决了由那些反对哥白尼体系的人提出来的表观反常现象。现在可以解释了, 为什么从船的桅杆上释放下一个物体会落在桅杆的脚下, 而不会因为

⁷⁾ 见 Crombie (*Augustine to Galileo* (从奥古斯丁到伽利略)), 前引文献, pp. 299-300.