

汉译世界学术名著丛书

自然哲学的 数学原理

〔英〕牛顿 著



汉译世界学术名著丛书

自然哲学的数学原理

〔英〕牛顿 著

赵振江 译



商务印书馆

2006年·北京

图书在版编目(CIP)数据

自然哲学的数学原理/(英)牛顿著;赵振江译.
北京:商务印书馆,2006
(汉译世界学术名著丛书)
ISBN 7-100-04513-4

I. 自… II. ①牛…②赵… III. 物理学
IV.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 057438 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

汉译世界学术名著丛书
自然哲学的数学原理
〔英〕牛顿 著
赵振江 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
北京民族印刷厂印刷
ISBN 7-100-04513-4/B·650

2006 年 7 月第 1 版 开本 850×1168 1/32
2006 年 7 月北京第 1 次印刷 印张 22 7/8
印数 5 000 册

定价: 38.00 元

Isaac Newton

**PHILOSOPHIÆ NATURALIS
PRINCIPIA MATHEMATICA**

Apud Guil. & Joh. Innys, Regiæ Societatis typographos

MDCCXXVI

本书根据《原理》第三版原文译出



伊萨克·牛顿爵士, 83岁

I. 范德班克 1725年绘, Geo. 文图 1726年刻

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore *J* S. NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc. Mathematicos*
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc. PRÆSES.*
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

《原理》第一版(1687年)书名页

致 人 杰

伊萨克·牛顿

我们的时代和民族的伟大荣耀以及
这本数学 - 物理学著作

请看天空的布局,神圣物质的平衡,
请看朱庇特的计算,和造物主的规则
他在初创万物时制订
连他也不会违反,这是他工作的基础。
天空最深处的秘密被揭示,
使最外面的天球旋转的力不再隐藏。
太阳坐在他的宝座上命令万物
向他降落,但天体不在直线上奔跑,
当他们穿过无际的虚空;
他催促他们,以他为中心在不动的轨道上环绕。
现在已知骇人的彗星走过的弯曲路径;
扫帚星的天象不再令人惊奇。
由此书我们终于知道,皎洁的月神
以不等的步子前进的原因;为何到目前

她未曾向众多的天文学家低首；
交点为何退行，拱点前移又何为。
我们又知道，漫游的狄安娜用多大的力
推动海潮退去，倦了的海洋在身后
留下海草，水手怀疑赤裸的海岸；
高高的浪头轮流拍打岸边。
所有这些，让古代的贤人苦恼，
学派之间徒然地争吵，
我们看到，数学驱散云雾。
错误和怀疑不再将我们缠绕；
因为借自天才的羽翼，我们能进入神的居室
并且升入高高的天空。

凡夫俗子啊，起来！抛掉俗念；
并由此认识天赐的智力，
它更远离畜群的生活。
那个人用写在石板上的律令戒除谋杀，
偷盗，私通和作伪证的罪恶；
教游牧的人筑墙建城的
是他，谷物女神的礼物使这些民族免于匮乏，
他压榨葡萄让人欢乐，
又显示怎样连合尼罗河的芦苇

在眼前写下表示声音的符号；
人的命运的提高，和他们悲惨的生活
所得的关怀一样少。
可现在我们被允许进入诸神的宴会，能
研究高天的规律，我们也有开启
大地隐秘的钥匙，知道事物不变的秩序，
和过去难以索解的东西。

你们，啊！饮天神美酒的人，
来与我一起歌唱牛顿的名字，
他打开了隐藏真理的宝匣，
牛顿，缪斯垂青的人，阿波罗
居住在他纯洁的心中，他充满了神力；
比任何一个凡人更接近神。

埃德蒙·哈雷

致 读 者

作者的序言

由于古代人(正如帕普斯所说)在自然事物的研究中极重视力学;而现代人,抛开实体的形式和隐藏的性质(*qualitates occultae*),努力使自然现象从属于数学的定律:因此这一专著的目的是发展数学,直到它关系到哲学时为止。而古代人按两个部分组织力学,理性的,它通过精确的证明进行,和实践的。所有的手工技艺属于实践的力学,力学之名也取自于此。但由于工匠习惯于较不精确的工作,使得整个力学与几何学分离,凡精确的归于几何学,凡较不精确的归于力学。但是错误不在技艺,而在工匠。工作较不精确,则力学是较不完善的;且如果能有最精确的工作,就有完全的完善无比的力学。因为画直线和圆,在其上几何学被建立,属于力学。几何学不教导画这些线,但需要这些线。即要求新手也画得如同他早先受过指导那样精确,由此他进入几何学的门槛;然后教他何以问题被这些做法解决。画直线和圆是问题,但不是几何学的问题。这些解的要求来自力学,在几何学中教导应用这些解。且几何学以从它处得来的如此少的原理得出如此多的东西为荣。所以几何学以力学的实践为基础,且它不是别的,而是普遍的力学的那个部分,它提出和证明精确的测量的技艺。但是由于手工工

艺习惯用于移动物体,致使通常物体的大小从属于几何学,运动从属于力学。在这种意义上理性的力学是运动的科学,它精确地提出并证明来自无论任何种类的力的结果,以及产生任意运动所需要的力。力学的这个部分,就它的从属于手工工艺的五种能力(*potentae quinque*)而言,已被古代人发展过,他们考虑重力(它不是手工的能力)不过是移动重物的那些能力。但是我们讨论的是哲学而非工艺,并陈述自然的而不是手工的能力,且极力深究与重力、轻力(*levitas*)、弹性力、流体的阻力以及无论是吸引的或者是推动的那类力有关的事项;所以我奉献这一著作作为哲学的数学原理。因为哲学的整个困难看起来在于:从运动的现象我们研究自然界的力,然后从这些力我们证明其他的现象。为此目的,对于普遍的命题,我在第一卷和第二卷中详加研究。但在第三卷中我提出这类事情的一个例子,通过它说明宇宙的系统。因为在那里,由天体的现象,通过在前两卷中用数学证明的命题,导出重力,由它物体趋向太阳和每一个行星。然后由这些力通过也是数学上的命题,导出行星的、彗星的、月球的和海洋的运动。我期望其余的自然现象能由力学的原理用同类的论证导出。因为许多理由使我怀疑它们可能都依赖某些力,由它们物体的小部分⁽¹⁾(*particula*),由一些至今尚不知道的原因,彼此相互碰撞并按规则的图形凝结,或彼此驱赶并退离;由于这些力未知,哲学家迄今对自然的尝试是徒劳的。但是我希望这里建立的原理会使这一或其他更真实的哲学方法更清楚。

在本书的出版中,极聪慧且精通所有学科的杰出人士埃德蒙·哈雷勤奋工作,他不仅校正样张并监督雕刻几何图形,而且他是我

走向此书出版的发起者。事实上,在他获得我对天体的轨道的证明后,他不断催促我将此呈送皇家学会,此后承蒙他的劝勉和好意,我开始计划将它公之于众。但我既已着手月球的运动的均差,而后我也开始尝试其他问题,它们属于重力和其他力的定律和度量,以及物体按照任意给定的吸引定律画出的图形,多个物体彼此之间的运动,在阻力介质中物体的运动,介质的力,密度和运动,彗星的轨道,等等,出版的时间比我预想的推迟了,以便我能探究其余问题并把它们一起刊行。属于月球的运动(它虽然不完备)的内容,我把它们都放在命题 LXVI 的诸系理中,避免用与主题不适当的一个冗长方法分别证明包含在这里的问题,而且打断其余命题的顺序。后来发现的一些结果,我宁愿把它们插在一些不大合适的地方,而不改变命题和参见的序号。我恳求读者坦诚对待他所读到的一切,在研究时不过于苛求我在如此困难的题材上的错误,而以新的努力善意地加以补充。

1686年5月8日

剑桥,圣三一学院

伊·牛顿

第 二 版

作者的序言

在《原理》的这个第二版中,多处被修正且有一些增添。在第一卷第 II 部分,求力,由此力物体能在给定的轨道上运行,被呈现得更容易且更丰富。在第二卷第 VII 部分,流体的阻力的理论被精确地加以研究,且被新的实验所证实。在第三卷中,月球的理论和岁差由它们自身的原理更完满地导出,且彗星的理论被更多且更精确的轨道计算的例子所证实。

1713 年 3 月 28 日

伦敦

伊·牛顿

第 二 版

编 者 的 序 言

我们把长期期待的新版牛顿的哲学奉献给您,善意的读者,它含有许多修订和增补。这一无与伦比的著作的主要内容,可从所附的目录中得知;增补和改动的内容在作者的序言中已给予指示。剩下要我们增加的是关于这一哲学的方法这方面的东西。

从事物理学研究的人大致可分为三类。其中的一些人给每一类事物赋予特别的且隐蔽的质,然后由此宣称每个物体的行为属于人所不知不识的方式。源自亚里士多德和逍遥学派的经院学派的整个教义基于此。的确他们断言每一种效果起源于物体的特别的性质;但他们没有教我们那些性质从何而来,因此他们什么也没有教。且因为他们全都关心事物的名称而不是事物本身,他们应被认为是发明了哲学谈论,而并未传习哲学。

所以,其他人希望通过抛弃这些无用的混杂的词汇,以辛勤的努力获得称誉。且因此他们以为所有的物质是同质的,在物体上被辨别出来的各种变形起源于构成它们的小部分的非常简单的和极容易理解的相互关系。如果他们不把小部分的原始的相互关系归之于自然所赋予的关系之外的关系,他们建立的从简单事物到更复杂的事物的进程是正确的。但当他们利用自由,随意想象人

们所不知道的部分的形状和大小,以及不确定的位置和运动,且甚至虚构隐蔽的流体,它们能非常自由地流入物体的小孔,因为它们具有全能的细微性,且由隐蔽的运动所推动;当他们这样做时,便陷入梦想,忽视了事物的真正构造;当它甚至由最确定无疑的观察也难于发现时,由虚假的猜想寻求更是徒然。那些把假设作为他们推测的基础的人,即使他们之后按照力学的定律极精确地发展,也只是一出传奇,也许优雅而动人,然而不过是认真准备的传奇。

现在剩下的是第三类,也就是那些坦率地承认实验哲学的人。的确可能存在从最简单的原理导出一切事物的原因,但他们不把尚未由现象确定的东西作为原理。在物理学中他们既不虚构,也不接受假设,除非是为了讨论问题的真理性。所以他们发展了双重的方法:分析和综合的方法。从某些选择的现象用分析法导出自然界的力和更单纯的力的定律,然后由它们通过综合法给出其他现象的构造。这是最佳的哲学方法,是我们无与伦比的作者认滩应优先采用的方法。且独自认为这值得用他的劳作耕耘和点缀。所以对此他给出了最有名的一个例子,即是极幸运地从重力的理论导出了宇宙的系统解释。其他一些人曾怀疑或想象重力属于物体的普遍特性,但他是第一个且惟一的一个人,他能从现象证明它且把他的出色的研究建立在最牢固的基础之上。

我确实知道有些人,他们甚至还享有声誉,被一些偏见影响甚深,不易赞同这个新的原理,且宁愿选择不确定的概念甚于确定的概念。我的本意并不是挑剔他们的名声,而是想给您,善意的读者,一个简要的说明,使您能在这场辩论中作出不偏不倚的判断。

所以,为了从最简单和最近的东西开始我们的讨论,让我们稍

微考虑一下地球上的物体的重力的本性是什么,然后当我们考虑天体时,它们离我们极为遥远,能进行得更稳妥。现在在所有的哲学家中间一致同意,地球附近的所有物体有向着地球的重力。多重的经验久已证明,没有真正轻的物体。所谓的轻是相对的,不是真正的轻,而只是表面上的;且这起源于附近物体的重力占优势。

此外,由于所有物体的重力向着地球,因此地球反过来有向着物体的相等的重力;因为重力的作用是相互的且在两个方向上相等,这可如此证明。假设整块地球被分成任意的两个部分,或者相等或者无论如何地不相等;现在如果向着对方的部分的重量彼此不相等,较小的重量退让较大的重量,且部分联合起来朝着较大的重量趋向的方向,沿直线运动无限地运动;这与经验完全矛盾。因此必须说,部分的重量处于平衡,这就是,重力的作用是相互的且在两个方向上相等。

物体的重量,在离地球的中心相等的距离,如同在物体中的物质的量。这从所有物体从静止由它们的重力下落,加速度相等推得;因为力,由它不相等的物体被相等地加速,必须与被移动的物体的物质的量成比例。现在,所有的下落物体被相等地加速,因此在波义耳的真空中,它们在下落中在相等的时间画出相等的空间,是显然的,那里空气的阻力被除去;且这由摆的实验可以更精确地证明。

物体的吸引力,在相等的距离,如同在物体中的物质的量。因为,由于物体向着地球的重力,且反过来地球向着物体以相等的势有重力;地球的重力向着任何一个物体,或者力,由它物体牵引地球,等于向着地球的物体的重量。但这个重量如同在物体中的物

质的量,且因此,力,由它每个物体牵引地球,或者物体的绝对力,如同同一物体的物质的量。

所以,整个物体的吸引力起源于且由部分的吸引力复合而成,因为物质的块被增大或者减小,由已证明的,它的力成比例地增大或者减小。因此地球的作用必定是它的部分的作用联合起来的结果;因此地球上的所有物体必须以绝对的力相互吸引,此力按照吸引的物质的比。这是地球上重力的性质,现在让我们看看它在天上的情形如何。

每一个物体都保持它自身的或者静止或者一直均匀地运动的状态,除非被施加于它的力迫使它改变那种状态为止;这是被所有的哲学家所接受的自然界的一条定律。由此得出,物体,它们在曲线上运动,不断地从与它们的轨道相切的直线上离开,被某个持续作用的力保持在曲线的路径上。所以行星在曲线轨道上运行,必须有某个力,由它的反复作用它们不停地从切线偏转。

现在承认某些事情是适宜的,它们被用数学方法推得且以极大的确定性被证明;即是,所有物体,它们在一个平面上画出的曲线上运动,由它们向一个静止的或者以任何方式运动的点引半径,[此半径]围绕那个点画出的面积与时间成比例,则它们被趋向同一个点的力所推动。所以,由于在天文学家中都承认一等行星⁽²⁾(*planeta primarius*)围绕太阳,二等行星⁽³⁾(*planeta secundus*)围绕它们自己的一等行星,画出的面积与时间成比例;因此那个力,由此力它们被持续从切线上拉离并被迫在曲线轨道上运行,指向位于轨道的中心的物体。所以这个力,相对于运行的物体,被称为向心力是合适的,无论最终如何想象它起源的原因。