

汉译世界学术名著丛书

docsriver.com
商家本本店

自然哲学的 数学原理

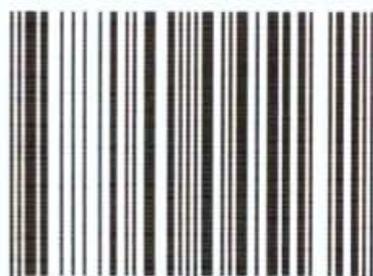
[英] 牛顿 著





网 址：[www. cp. com. cn](http://www.cp.com.cn)

ISBN 7-100-04513-4



9 787100 045131 >

ISBN 7-100-04513-4/B·650

定价：38.00 元

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

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

.

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



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(*potentiae 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,由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。

也必须承认这些结论,且它们在数学上已被证明;如果一些物体以相同的运动在同中心的圆上运行,且如果循环时间的平方如同离公共的中心的距离的立方,则运行的物体的向心力与距离的平方成反比。或者,如果物体在轨道上运行,轨道与圆相近,且轨道的拱点静止,则运动的物体的向心力与距离的平方成反比。天文学家承认对所有的行星,其中的一种情形成立。因此所有行星的向心力与它们离轨道的中心的距离的平方成反比。如果有人反对说,行星的,而且尤其是月球的拱点,不是完全的静止,而是被一种缓慢的运动携带着前行,对此可以这样回答,即使我们承认这一极缓慢的运动起源于与二次比略有偏差的一种向心力,由数学能发现那个偏差但全然感觉不到,因为月球的向心力的比,它在行星之中最不规则,实际上稍微超过二次;但它对二次的接近几乎是它对三次接近的六十倍。如果我们说拱点的这种前进,不是起源于它与二次比的偏差,而是起源于另外的完全不同的原因,这是更正确的答复,正如在这一哲学中令人敬佩地显示的。所以存在向心力,由它一等行星朝向太阳,以及二等行星朝向它们自己的一等行星,精确地与距离的平方成反比。

由到目前为止所说的,行星由某一持续作用于它们之上的力而被保持在自己的轨道上是显然的,那个力总是指向轨道的中心也是显然的,很清楚它的效力在靠近中心时增大,在远离中心时减小,且实际上增大按照与距离的平方减小相同的比,减小按照与距离的平方增大相同的比。现在让我们比较行星的向心力和重力,看它们是否碰巧是同类。如果在此一种力中和彼一种力中发现相同的定律,以及相同的特性,它们应属于相同的类。所以,让我们

首先考虑月球的向心力,它离我们最近。

直线的空间,它由自静止下落的物体,且在任意力的作用下在运动刚开始时在给定的时间画出,与力本身成比例;这是用数学推理得到的。所以,月球在它自己的轨道上运行的向心力比在地球的表面上的重力,如同空间,它由月球由向着地球的向心力在极短的时间画出,如果设想它失去整个圆周运动;比一个空间,它由在地球附近的一个重物由它自身的重力下落,在同样短的时间画出。这些空间中的前一个等于月球在相同的时间画出的一段弧的正矢,因为这个正矢是月球由于向心力从切线离开的度量,因此能由给定的月球的循环时间,以及给定的它离地球的中心距离计算。后一个空间由摆的实验被发现,正如惠更斯所指示的。由此运行计算,前一个空间比后一个空间,或月球在它自己的轨道上运行的向心力比在地球的表面上的重力,如同地球的半直径的平方比[月球的]轨道的半直径的平方。由上面所证明的,月球在它自己轨道上运行的向心力比月球临近地球的表面时的向心力有相同的比。所以这个临近地球的表面上的向心力等于重力。因此它们不是不同的力,而是一种并且是相同的力;因为如果它们是不同的,物体由联合的力作用将以两倍于物体单独由重力作用的速度向地球下落。所以那个向心力,由它月球持续被从切线拉离或者推开,并被保持在轨道上,与地球的一直延伸到月球上的重力是相同的。且实际上这种力能延伸到遥远的距离是合理的,因为即使在最高的山顶也感觉不到它的减小。因此月球受向着地球的重力作用;当处理海洋的潮汐和岁差时,它们起源于月球和太阳对地球的作用,这个事实在这一哲学中被充分地证实了。因此我们最终得知在离

地球更大的距离上重力减小的定律。因为由于重力与月球的向心力不是不同的,这个力按距离的平方减小,因此重力按相同的比减小。

现在让我们论及其余的行星。因为一等行星围绕太阳运行且二等行星围绕木星和土星运行的现象与月球围绕地球运行的现象属于同一种类,此外因为已经证明一等行星的向心力指向太阳的中心,二等行星指向木星的或者土星的中心,如同月球的向心力指向地球的中心,再者,因为所有这些力与离中心的距离的平方成反比,如同月球的力与离地球的距离的平方成反比;必须做出这样的结论:所有行星的本性是相同的。因此,正如月球受向着地球的重力作用,且反过来地球受向着月球的重力作用,所以所有的二等行星受向着它们自己的一等行星的重力作用,且反之一等行星受向着二等行星的重力作用;且所有的一等行星受着太阳的重力作用,且反过来太阳受向着二等行星的重力作用。

所以,太阳受向着所有的行星的重力作用且所有的行星受向着太阳的重力作用。因为二等行星伴随它们自己的一等行星,与一等行星一起围绕太阳运行。由此由同样的论证,两种行星中的任何一种受向着太阳的重力作用,且太阳受向着它们的重力作用。此外,二等行星受向着太阳的重力作用,由月球的均差非常显然;与此有关的极精密的理论,以惊人的敏锐在我们拥有的这部著作的第三卷中阐明。

太阳的吸引力向各个方向传播到极远的距离且扩散到周围空间的各个部分,由彗星的运动这非常明显;因为彗星,从极远的间隔出发跑到太阳的附近,而且有时如此接近太阳,以至它们的近日

点似乎与太阳的球相接触。以前的天文学家徒劳地寻找这些彗星的理论,最终在我们的时代,我们的最杰出的作者成功地发现了此理论且它由观测以极大的确定性得到了证明。所以,彗星显然在焦点在太阳的中心的圆锥截线上运动,且向太阳所引的半径画出的面积与时间成比例。由这些现象很清楚且在数学上被证明,那些力,由它们彗星被保持在它们自己的轨道上,指向太阳且与离太阳的中心的距离的平方成反比。因此彗星受向着太阳的重力作用,且由此太阳的吸引力到达行星的本体,它们以给定的距离且几乎在相同的平面上,而且也到达彗星,它们以极不相同的距离处在天空中极不相同的区域。这是有重力的物体的本性,所以,它们向所有的距离,向所有的有重力的物体传播它们自身的力。由此得出,所有的行星和彗星彼此相互吸引,且彼此相互有重量;这也由天文学家所知道的木星和土星的摄动所证实,这起源于这些行星彼此的相互作用;这又由拱点的那些极缓慢的运动所证实,正如上面提到的,它起源于完全相似的原因。

最终我们到达了这种地步,我们必须承认,地球和太阳,以及一切天体,它们伴随太阳,是相互吸引的。所以它们之中每一个中的每一个极小的小部分按照物质的量有它们自己的吸引力;正如上面对地球上的物体所指明的。且在不同的距离,它们的力是距离的二次反比;因为在数学上已经证明,由按照这一定律相吸引的小部分构成的球必定按照相同的定律相吸引。

以上的结论依赖一个公理,它为所有哲学家接受,即是,同一种类的效果,亦即它们的已知性质的效果是同样的,有同样的原因,且那些尚未知道的性质也相同。因为如果重力是石块在欧洲

下落的原因,谁会怀疑在美洲下落的石块的原因是相同的呢?如果在欧洲,重力在石块和地球之间是相互的,谁会否认它在美洲是相互的呢?如果在欧洲,石块的和地球的吸引力由部分的吸引力合成,谁会否认在美洲此力有类似的合成呢?如果在欧洲,地球的吸引被传播到各类物体和所有的距离,为何我们不说在美洲它按同样的方式传播呢?所有的哲学都建立在这条规则上,因为,如果它被取消,我们对于事物不能普遍地下断言。个别事物的构造通过观察和实验可以知道;由此其实我们不能断定事物的普遍性质,除非通过这条规则。

现在,由于所有物体,它们或者在地球上或者在天上被发现,允许对它们进行实验或观察,都是有重量的,必须完全承认重力普遍地属于所有物体。且正如我们不应想象物体不是广延的、不可运动的和不可入的;因此我们不应想象它是没有重量的。物体的广延性、可运动性和不可入性不能被知道,除非通过实验;重力由完全相同的方式被知道。所有的物体,对于它们我们做过观察,是广延的、可运动的和不可入的;且由此我们得出结论,所有的物体,即使那些我们没有做过观察的,是广延的、可运动的和不可入的。因此所有的物体,对它们我们做过观察,是有重量的,且因此我们得出结论,所有的物体,即使我们没有做过观察的,是有重量的。如果有人恒说恒星上的物体是没有重量的,因为尚未观察到它们的重力;则由同样的论证它们既不是广延的,又不是可运动的,也不是不可入的,因为恒星的这些性质尚未被观察到。在所有物体的根本性质中,或者重力有一个位置,或者广延性、可运动性和不可入性没有位置,且事物的本性或者能正确地由物体的重力解释,或

者不能由物体的广延性、可运动性和不可入性解释。说话有什么用？

我听说有些人不赞成这些结论，并且对隐蔽的性质自言自语。他们习惯不断地争论重力是隐蔽的，而隐蔽的原因应完全地逐出哲学。但对此的问答是容易的，隐蔽的原因，不是那些它们的存在性通过观察被非常清楚的证明了的原因，而是那些它们的存在性是隐蔽的和想象的，而是尚未证实的。所以重力不是天体运动的一个隐蔽的原因，因为从现象已经证明这种力确实是存在的。毋宁说隐蔽的原因是那些人的庇护所，他们把这些运动的主导赋予一种涡漩(vortex)，涡漩的物质完全是虚构的且全然不能被感觉所认识的东西。

但是因为重力的原因是隐蔽的且尚未被发现，因此能把重力称为隐蔽的原因并从哲学中抛弃吗？那些如果相信的人应当心不要相信一种谬论，它最终可能颠覆整个哲学的基础。因为原因通常是沿着一条连续的链从复合的原因发展到较为简单的原因，当到达最简单的原因时，就不能继续前进。所以不可能给出最简单的原因以力学的解释，如果能给出解释，则这个原因尚不是最简单的。因此你称这个最简单的原因是隐蔽的，并抛弃它们？但同时最直接依赖它们的原因，以及依赖这些原因的原因，也应被抛弃，直到哲学被掏空且所有的原因被清除为止。

有些人说重力是超自然的，并称之为一种永恒的奇迹。因此它们主张抛弃它，由于在物理学中没有超自然的原因的位置。几乎不值得占用时间驳斥这一完全荒谬的反对意见，它自身颠覆哲学的一切。因为他们或者否认重力存在于所有物体中，但不能这

么说;或者他们断言重力是超自然的,因为它不起源于物体的其他作用,因此也不起源于力学的原因。毫无疑问存在物体的原始状况(*primariae affectiones*),因为是原始的,所以不依赖其他的状况。所以让他们考虑所有这些是否同样是超自然的,且因此应同样地被抛弃;让他们考虑接下来的哲学是个什么样子。

有些人之所以不喜欢这整个的天体物理学,是因为它与笛卡儿的学说相矛盾,而且似乎不能被调和。这些人自由享有他们自己的意见;但应该公平行事,不要否认别人有同样的自由,这种自由是他们为自己要求的。所以牛顿的哲学,我们认为它更真实。应该允许我们保持和接受,宁可追随被现象证实的原因而不是想象的尚未被证实的原因。从真实存在的原因导出事物的本性,并寻找那些定律,由它们最高的创造者建立了这个最美丽的世界的秩序,而不是那些当他认为它们正确时他能造成这个世界的那些规律,属于真正的哲学。因为同样的结果起源于多种原因,它们彼此有些不同,是合乎理性的,但是真正的原因是那个原因,由它那个结果真正地且实际上被产生,其他的原因在真正的哲学中没有位置。在自动的时钟中,时针的相同运动或者起源于悬挂的重物或者内置的弹簧的作用。但是如果出现的时钟确由重物推动,那么一个人会被嘲笑,如果他想象一条弹簧,并且以这样仓促的一个假设去解释时针的运动,因为他应该更深入地检查机器的内部机制,以便找到对象的运动的真正的原理。对那些哲学家应作出同样的或者类似的判断,他们认为天空充满某种极精致的物质,它在涡漩中无休止地运动。因为即使他们从他们自己的假设能以极大的精确性满足现象,仍然不能说他们已把真正的哲学交付给我们

并已经发现了天体运动的真正的原因,除非他们证明这些原因确实存在,或者至少证明其他的原因不存在。所以,如果能证明所有物体的吸引在事物的本性中占有一个真正的位置,由此能进一步证明一切天体的运动是如何由那种吸引解决的,则任何人说同样的运动应通过涡漩来解释,就是空虚的和可笑的反对意见,即使我们完全承认这种解释的可能性。但是我们不予承认,因为现象不能通过利用涡漩来解释,它被我们的作者用最清楚的理由完全地证明了;那些用他们的不结果实的努力修补最拙劣的杜撰,又饰以新的评注的人,定是沉迷于他们的梦幻。

如果行星的和彗星的本体被涡漩携带着围绕太阳,被携带的本体与直接包围它们的涡漩的部分应以相同的速度和方向运动,且按照物质的大小,应有相同的密度或相同的固有的力。的确行星和彗星,当它们出现在天空中的相同的区域,以变化的速度和变化的方向运动。因此必须使得天空中的流体的那些部分,它们离太阳的距离相等,在相同的循环时间沿不同的方向以不同的速度运行;因为对穿过的行星,必须一个速度和一个方向;对穿过的彗星,需要另一个速度和另一个方向。由于这不能被说明,或者必须承认所有的天体不是被一个涡漩的物质所携带。或者必须说它们的运动不是从一个且同一个涡漩而来,而来自多个彼此不同的涡漩,它们遍布太阳周围的同一空间。

如果在同一空间包含几个涡漩,它们彼此相互渗透且以不同的运动旋转;因为这些运动必须与携带的物体的运动相适应,它们是极为规则的,且在圆锥截线上进行,有时偏心率极大且有时形状很接近圆;询问经过这么多世纪,在相遇物质的作用下,何以这些

涡漩能保持它们的完整性而不受扰动,是正当的。无疑,如果这些想象的运动比行星的和彗星的那些真实的运动更复杂且更难于解释;我认为接受它们进入哲学是无益的,因为所有的原因应比结果简单。允许幻想的自由,如果有人断言所有的行星和彗星被大气层所包围,这个假设似乎比涡漩的假设更合理。其次,他断言这些大气,由于它们自身的本性,环绕太阳运动并画出圆锥截线;无疑这种运动比彼此渗透的涡漩的相似的运动更容易想象。最终,他断定行星和彗星被它们自己的大气携带着环绕太阳;且由于发现了天体运动的原因,他庆祝自己的胜利。凡是以为这一虚构应被抛弃的人也会认为应抛弃另一虚构,因为一堆土丘中的两只貉之间也不比大气层的假设和涡漩的假设更为相似。

伽利略曾经证明,当一个石块被抛射时,它在一条抛物线上运动,它从直线路径的偏折起源于石块向下的重力,亦即,起源于一种隐蔽的性质。然而可能有某个人,他甚至更聪明,找到了其他的哲学上的原因。因此他想象那种精致的物质,它既不能被看到,也不能被摸到,也不能被其他感官感觉到,出现在紧挨着地球的表面区域。此外,这种物质,在不同的方向,被各种且大多是相反的运动携带着,并画出抛物线。然后他优雅地讲解石块的偏折,并赢得众人的喝彩。他说,石块漂浮在那精致的流体中,遵循流体的路径,不可能画出别的而只画出与流体相同的路径。但是流体在抛物线上运动,所以石块必须在抛物线上运动。现在这个哲学家从力学的原因,即物质和运动,在甚至常人也能理解的水平上绝妙地导出了自然界的现象,谁会不惊奇他的绝顶天才呢?那个新伽利略,他以数学上的很大的努力,搬回了幸喜从哲学中被排除的隐蔽

的性质,谁会不讥笑他呢?但我羞于在这些琐事上浪费更多的时间。

事情的概要归结于此:彗星的数目是巨大的,它们的运动极为规则,且服从与行星的运动相同的定律。它们在圆锥截线的轨道上运动,这些轨道是极为偏心的。它们从四面八方出现在天空的各个部分,且极为自由地穿过行星的区域,而大多按逆[黄道十二]宫⁽⁴⁾的方向前进。这些现象由天文观测已被确定无疑地证实了,而且不能由涡漩解释。再者,这些现象与行星的涡漩不能并存。天空中全然没有彗星运动的地方,除非那些虚构的物质完全地从天上被驱除。

因为,如果行星被涡漩运载着环绕太阳,涡漩的部分,它们紧挨在行星的周围,它们的密度与行星的密度相同,正如上面所说的。所以,所有的那些物质,它们贴着大轨道⁽⁵⁾(*orbis mangus*)的边缘,与地球的密度一样;同时位于大轨道和土星的轨道之间的物质,或者有相等的或者有较大的比重。因为,为了使涡漩的结构能持续,密度较小的部分应占据中心,较重的部分离开中心较远。因为行星的循环时间如同按照离太阳的距离的二分之三次比,涡漩的部分的循环应保持相同的比。由此得出,这些部分的离心力与距离的平方成反比。所以那些离中心间隔较远的部分,以较小的力努力远离同一中心;因此,如果它们的密度较小,则必然退让较大的力,由这个力靠近中心的物质努力上升。所以较致密的部分上升,密度较小的部分下降,且发生位置彼此的交换,直到在整个涡漩中的流体物质如此排列和调整,使得流体处于平衡而静止的状态。如果两种流体,它们的密度不同,被盛在同一容器中,无疑

使密度较大的流体由于较大的重力前往较低的位置；由相似的理由，涡漩的较致密的部分由于较大的离心力前往最高的位置。所以那个涡漩的绝大部分，此涡漩位于地球的轨道的外侧，所具有的密度以及按物质的大小的惰性的力，不小于地球的密度和惰性的力，由此对经过的彗星产生一个巨大的阻力，且强大得能感觉得到，不用说似乎它应当完全停止并吸收它们的运动。然而由彗星的全然是规则的运动，很清楚它们没有遇到一点点能被感觉到的阻力，因此它们没有遭遇任何物质，它有某种阻力，或者由此它有某种密度或者内在的力，因为介质的阻力或者起源于流体的物质的惰性，或者起源于它缺乏润滑性。但起源于润滑性缺乏的阻力极端微小，且很难在通常的流体中观察得到，除非它像油和蜂蜜那样很黏滞。在空气、水、水银以及任何非黏滞的流体中，[物质]所受到的阻力几乎全属于前一类；且不能通过精细性达到任何更高的程度而被减小，如果流体的密度或者惰性力被保持，它总与这个阻力成比例；这被我们的作者在他卓越的阻力理论中最清楚地证明了，在这个第二版中换上了更为精彩的说明，且由下落物体的实验予以更充分的证实。

当物体在前进时，它们把自身的运动逐渐地传递给周围的流体，且由于传播它们失去运动，又由于失去运动而被迟滞。因此，迟滞与传递出去的运动成比例；且被传递的运动，当物体前进的速度被给定时，如同流体的密度，所以迟滞或者阻力如同相同的流体的密度；且不能以任何方式被除去，除非流体跑回到物体的后面部分恢复它失去的运动。但是这是不可能的，除非流体在物体的后面部分施加的压力等于流体在物体的前面部分施加的压力，这就

是,相对的速度,由它流体从后面冲撞物体,等于一个速度,由它物体冲撞流体,亦即,除非流体跑回的绝对的速度两倍于流体向前推进的绝对的速度,这是不会发生的。所以没有一种方法能除去流体的阻力,它起源与流体的密度和惰性力。由此结论是:天空中的流体没有惰性力,因为它没有阻力;它没有一种力,由它运动能被传递,因为它没有惰性力;它没有一种力,由它能引起一个或多个物体的任何变化,因为它没有能传递运动的力;它没有任何作用,由于它没有引起任何变化的能力。所以这个假设,完全缺乏根据且对解释事物的本性毫无用处,可被恰当地称之为最拙劣的假设,且对哲学家全无用处。那些认为天空中充满流体物质的人,并假设这种物质没有惰性;虽然说没有真空,但事实上假设存在真空。因为,由于无法区别这类的流体物质和虚空,整个争论是关于事物的名称而非其本性。如果有人如此专心致志于物质,以致不承认物体的真空,让我们看看这会把他们引向何处。

因为或者他们说宇宙的这种处处被充满的构造来自上帝的意志,他们如此想象道,目的是使非常精致的以太(aether)渗透并充满所有的东西以帮助自然的造化之功;但是不应这样说,因为从彗星的现象已经证明这种以太没有作用;或者他们会说宇宙的这种构造来自上帝的意志,他为了某个谁都不知道的目的;他们不应这样说,因为由同样的论证,宇宙的一种不同的构造同样能被建立。或者最后他们会说,它不是起源于上帝的意志,而是起源于自然的某种必然性。且因此最终他们必定堕入卑劣的、可耻的和最不纯洁的一类人中。他们梦想着所有事物由命运而不是由天意统治,物质由于它自身的必然性时时存在且处处存在,并且是无限的和

永恒的。由这个假设，物质到处是均匀的，因为形状的变化与必然性完全矛盾。物质也是不运动的，因为如果它必然向任意确定的方向，以任何确定的速度运动；由同等的必然性它向某一确定的方向，以不同的速度运动；但它不能以不同的速度向不同的方向运动，所以它必须是不运动的。无疑这个宇宙，其中有无比美丽的形状和运动的变化，除非来自上帝的自由意志，他化育并统治万物。

所以由这个源泉涌现出了所有那些定律，它们被称为自然的定律，在它们之中确实显示了许多最高智慧的，而不是必然性的迹象。所以我们不应当由不可信的猜想，寻求这些定律，而应该由现象和实验学习它们。一个人，他相信仅凭他的脑力和内在的理智之光，他确能发现物理学的原理和事物的定律，他应该维护或者宇宙由于必然性而存在且提出的定律来自相同的必然性；或者尽管大自然的秩序由上帝的意志建立，但像他这样一个可怜的人完全明白怎么做最好。所有健全的和真正的哲学都以现象为基础，它或者被迫且不情愿地把我们引向此类原理，在它们之中全智和全能的存在最佳谋略和最高主权最清楚地被看出；那些原理不能因为某些人不喜欢它们而不被接纳。那些人把这些他们不喜欢的原理称为奇迹或隐蔽的性质，但由恶意所给的名字无损于那些事物本身，除非那些人最后说所有的哲学应建立在无神论上。哲学不会因为这些人而崩溃，因为事物的秩序不肯改变。

所以正直和公平的法官会赞成最好的哲学方法，它建立在实验和观察的基础之上。毋庸说，这一哲学方法由我们的无与伦比的作者的杰出著作而被增光添彩；他的卓越的和幸运的天才，解开

了一些最困难的问题,并得到了被认为超越人的智力而没有希望的发现,理应被所有那些在这些事情上不是一知半解的人的尊重。大门被开启,所以,他开辟了我们到达事物的最美丽的奥秘的路径。他最终如此清楚地把宇宙的系统的最精致的结构展示给我们,即使阿方索国王复生,他也不会它的简单性和和谐性上再有所要求。且因此现在有可能更近地审视自然的奥秘,享受最甜美的沉思,并更热心地尊敬并礼拜万物的创造者和主宰,这是哲学中的最丰美的果实。他必定是盲人,如果一个人从事物的最好的和最富于智慧的结构不能马上看出全能的创造者的无限的智慧和仁慈;他必定是疯子,如果他拒绝承认它们。

所以牛顿的卓越的著作是反对无神论攻击的最坚强的堡垒,没有别处有比从这个箭筒抽出来的武器更适于对付不信神的乌合之众。这早已为人所知,且首先被理查德·本特利的博学多识的英文和拉丁文讲道出色地证明了,他是一个博学之士和学术上的卓越的保护人,是他的时代和我们学界的光荣,我们的圣三一学院的最称职和最方正的院长,我必须承认我有许多原因要感谢他,即使您,善意的读者,也不会拒绝他应得的感谢。因为,作为我们的杰出的作者多年的密友(他考虑与其由于这一友谊而受到后世的赞扬,不如让这一与众不同的著作变得有名,这是知识界的幸事),他既关心他的朋友的声誉,又关心科学的进展。因此,由于第一版的原本非常罕见且极为昂贵,他坚持劝说且几乎是责备那位非常杰出的人,此人的谦虚和他的博学一样著名,让此人在他的监督之下并用他自己的费用出版这个新的版本,全面地删改并增加了上面已标出的增补。他委托我,按照他自己的权力,承担这一并非不愉

快的校订责任,所有这些我已尽我所能。

剑桥,

1713年5月12日

罗杰·科茨

圣三一学院研究员,

普鲁姆天文学和实验哲学教授