

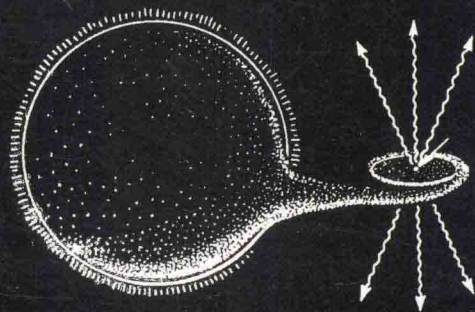


科普
名家
经典

寻找时间的边缘

黑洞、白洞和虫洞

(英国) 约翰·格里宾 (John Gribbin) / 著 王大明 李斌 / 译



《时间简史》之后读什么

穿越时空，如果你回到过去谋杀了你年轻的祖母……
瑰丽的想象，大胆的猜测，缜密的推理——
在时间的边缘寻找 过去与未来

IN SEARCH OF THE EDGE OF TIME:
BLACK HOLES, WHITE HOLES, WORMHOLES

海南出版社
HAINAN PUBLISHING HOUSE

寻找时间的边缘：

黑洞、白洞和虫洞

（英国）约翰·格里宾（John Gribbin）/ 著

王大明 李斌 / 译

IN SEARCH OF THE EDGE OF TIME: Black Holes, White Holes, Wormholes

by John Gribbin

© John and Mary Gribbin, 1992, 1998

All rights reserved.

版权所有 不得翻印

版权合同登记号：图字：30-2014-051 号

图书在版编目 (CIP) 数据

寻找时间的边缘：黑洞、白洞和虫洞 / (英) 格里宾 (Gribbin, J.) 著；王大明，李斌译. — 海口：海南出版社，2014.6

书名原文：In search of the edge of time: black holes, white holes, wormholes

ISBN 978-7-5443-5381-6

I. ①寻… II. ①格… ②王… ③李… III. ①时空—通俗读物 IV. ①O412.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 107847 号

寻找时间的边缘：黑洞、白洞和虫洞

作 者：(英国) 约翰·格里宾 (John Gribbin)

译 者：王大明 李 斌

责任编辑：孙 芳

特约编辑：李继勇

装帧设计：黎花莉

责任印制：杨 程

印刷装订：三河市祥达印刷包装有限公司

读者服务：蔡爱霞

海南出版社 出版发行

地址：海口市金盘开发区建设三横路 2 号

邮编：570216

电话：0898-66830929

E-mail: hnbook@263.net

经销：全国新华书店经销

出版日期：2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：16

字 数：207 千

书 号：ISBN 978-7-5443-5381-6

定 价：32.00 元

【版权所有 请勿翻印、转载，违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

致 谢

本书的最初构想来自莫斯科国立大学的伊戈尔·诺维科夫，源于他1989年在苏塞克斯大学的一次关于时间机器的讨论课。那时候，我一直深深地沉浸在撰写一本关于全球变暖的书中（《温室地球》，1990年分别由英国的矮脚鸡出版社和美国的格鲁夫·韦登费尔德出版社出版）。然而诺维科夫的言论以及之后与他的讨论重新唤起了我心中由来已久的对广义相对论中更为奇异的含义的兴趣。于是接下来的几个月里，在关于气候变化的写作之中，我找到了关于时空虫洞和时间旅行的数学探究方面最新发展方向的专家建议，也更新了关于黑洞研究史的观念。

最后要说的是，1990年11月在日内瓦举行的世界气候大会之后，我觉得在温室效应方面，暂时没有太多可以加以讨论的内容了，我也可以暂时把对地球命运的关注放到一边，开始撰写现在你手中的这本书。从对全球环境问题中的焦虑中解脱出来，此书写起来很有趣，还能帮我保持理智。我也希望你能享受它，尽管这本书中的一切对于现在生活在地球上的人来说一点可能的实际用途都没有（除非，你是一个时间旅行者，用第七章中描述的某种设备穿越而来）。

除诺维科夫之外，还有很多专家帮助过我，他们提醒我科学是有趣的（这是我进入这个领域的原因），在讨论中帮助我，为我提供自己的论文，建设性地批判我的一些错误概念。他们是（顺序不是按功绩大小）：密苏里圣路易斯华盛顿大学的伊恩·雷德蒙特、克利福德·威尔和马特·维瑟；加州理工学院的麦克·莫里斯和基普·索恩；泰恩河上的纽卡斯尔大学的费莉希蒂·梅洛尔和伊恩·摩斯；南澳大利亚阿德莱德大学的保罗·戴维斯；埃德蒙顿市亚伯达大学的沃



纳·伊斯雷尔；新奥尔良的杜兰大学的弗兰克·蒂普勒；牛津大学的罗杰·彭罗斯；剑桥大学的史蒂芬·霍金；哈佛大学的西德尼·科尔曼；苏塞克斯大学的威廉·麦克雷（绝不是贡献最小的），他没有直接体现在这本书中，但他是在25年前为我打开基础理论大门的人。

同样幸运的是我的书到了一位好编辑——和谐出版社的约翰·米歇尔的手中。他懂物理，而且他的建议直接使我的思想在表达上得到明显的提升。这一点也是我所感谢的，尽管他很固执地拒绝了在他姓氏的拼写上加一个“l”。

对于你在书中可能找到的任何精妙见解，他们都有功劳；而书中存在的任何错误，则完全是我的责任。

目 录

致 谢	1
第一章 古代历史.....	1
让牛顿生！；站在巨人的肩膀上；三条定律和一个引力理论； 测量时间；穿越太阳系；黑洞探索先驱；波动与粒子：奔向21 世纪科学	
第二章 扭曲的空间与时间	31
从欧几里得到笛卡儿；超越欧几里得；几何学时代的来临；相 对论几何学；爱因斯坦引力论窥探；几何学的相对论；史瓦西 奇异解	
第三章 致密的恒星	61
矮伴星；简并星；白矮星极限；物质的终极密度；在中子星内 部；超越中子星；脉冲星之谜；兹威基是对的：中子星揭秘	
第四章 黑洞很多	97
红移与相对论；射电星系；类星体；宇宙能量站；X射线星； 天体能量站；最初的候选者；大量的可能性	
第五章 时间边缘的黑暗	121
新时空地图；旋转的黑洞；奇点规则；击败宇宙检查员；黑洞 是冷的；暴涨的视域；离心困惑；单程时间机器	



第六章	超空间连接.....	155
	爱因斯坦连接；突破超空间；连接各个宇宙；蓝移块；分割蓝移墙；超空间旅行；虫洞工程；制造反引力；弦驱动飞船：一个可行的建议？	
第七章	建造时间机器的两种路径.....	187
	悖论和可能性；时间循环和其他扭曲；超光速时间旅行者；哥德尔的宇宙；提普勒的时间机器；虫洞和时间旅行；化解悖论	
第八章	宇宙连接.....	217
	吹泡泡；爱因斯坦常数的消失；一个振荡的宇宙？；黑洞反弹	
专业术语		233
参考文献		245

第一章 古代历史

我们迎来了艾萨克·牛顿，见识了茫然无望的群盲如何发明引力理论，并在学术的旷野上撒欢。我们向第五种力告别，找到测量光速的方法，撞见18世纪的教主如何运用引力把光捕捉到黑洞的陷阱里去。

黑洞是引力的产物。现代科学起始于艾萨克·牛顿，除了其他各项贡献，特别值得一提的就是他在300多年前第一个发展了关于引力的科学理论。通过牛顿定律，科学家们从此可以用描述地面物体运行的原理，来解释天体的运动。一个著名的类比就是，无论从树上下坠的苹果，还是沿其轨道围绕地球运动的月亮，两者都能通过同样的方程来加以描述。当然，牛顿对于引力的表述，后来被爱因斯坦的广义相对论整合，所以黑洞一般被认为是相对论的产物。但在被普遍认为是物理学中最重要的专著、牛顿的划时代巨著《自然哲学的数学原理》出版后不到100年，它一直被认为是牛顿理论自身力量的某种象征。如同《原理》那样的简洁明了和普遍适用，牛顿式的引力理论曾被应用于描述我们今天称之为黑洞的东西。的确，令人惊异的是，牛顿本人也曾考察过光 and 引力的本性，但没意识到他的方程中包含了宇宙中暗物质的存在，光也不能从这种物质中逃逸出去，因为引力会阻止它。

让牛顿生！

牛顿于1642年的圣诞节出生于林肯郡的伍尔索普村，就在这年，



伽利略去世了（奇妙的是，两个多世纪后，19世纪最伟大的物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦去世的同一年——1879年，阿尔伯特·爱因斯坦出生了）。他是个瘦小体弱的婴孩，连他的母亲都对他能在出生之日活下来而感到吃惊（他的父亲也叫艾萨克，在小艾萨克出生前三个月就去世了），但他不但生存了下来，而且生存了84年。他为包括他自己在内的18世纪早期同时代人所敬畏的物质世界提供了最佳的描述，从而成就了自己在科学和科学方法上的贡献。这被反映在亚历山大·蒲伯的著名双行体诗中：

自然和自然律隐藏在黑暗当中；
上帝说，让牛顿生！于是一切大白于天下。

但是，如同我们将会看到的，事情也并非那么简单明了。

在牛顿还不满两岁的时候，他的母亲再婚了，并移居到附近的一个村子里。牛顿由他的祖母抚养，一直到九岁时他的继父去世为止。这次分离所造成的心灵创伤，可能是牛顿直到长大成人后都行为怪异的原因，其中包括他在后来研究工作中的神秘主义倾向，对自己的著作发表后别人会怎么看待的问题深深的忧虑，以及对来自其同时代人批评意见的粗暴和非理性的反应等。继父去世后，艾萨克重新和母亲在一起生活，母亲对他的希望是将来接手管理自家的农场，但他对此表现得令人失望，宁可读书而绝不放牧，最后母亲不得不让他回到格兰瑟姆的中学读书，然后（在一位与剑桥三一学院有关系的叔父的帮助下）进入了大学。他于1661年到达剑桥，因为中学途中的这个插曲，牛顿的入学年龄比其他大学新生略微大了一点。

牛顿的笔记显示，即使在大学低年级时，他就对各种新观念很感兴趣，其中包括伽利略和法国哲学家笛卡儿等人的思想。他们的思想，标志着把宇宙看作一架机器观念的开端，但当时还不是统治大部分欧洲大学的官方主流观念。牛顿自己在吸取这些观念的同时，也对

官方主流的各种（建立在亚里士多德学说基础之上）旧式课程进行了刻苦的学习，并在1665年获得了学士学位。在教师们眼里，牛顿不过是个中规中矩的好学生，但不是个杰出的人才。就在这一年，伦敦暴发了瘟疫，结果大学被关闭，牛顿回到了林肯郡的家，在家里待了将近两年，直到正常学业得到恢复。

正是在这两年当中，牛顿推导出引力的平方反比定律——或许是受到苹果下落的启发。为了进行这一工作，他发明了一种新的数学工具：微积分，这使得整个计算工作更加直截了当。他并不满足于这项工作，还开始着手对光的性质进行探索，发现并命名了光谱，即当白色光通过棱镜时所产生的彩虹式色彩排列。但所有这些工作都没有对当时的科学界产生任何影响，因为牛顿没有告诉任何人他所进行的事情。当大学在1667年重新开学时，他被选为三一学院的职员，到1669年，牛顿已经把自己的一些数学思想发展到开始在学术圈里流传的程度。此时，剑桥大学的一些教授们开始注意到他的能力，1669年，当艾萨克·布朗的任期期满时，他没有续签卢卡斯数学讲座教授职位（以便腾出更多时间用于神学），而推荐了牛顿作为其继任者。牛顿以26岁的年龄成为卢卡斯数学讲座教授——这是个可以终生担任的职位（如果他自己愿意的话），没有指导学生的职责，但要求每年提供一个讲座。顺便说一下，如今的卢卡斯数学讲座教授是斯蒂芬·霍金。

在1670年到1672年间，牛顿利用这些讲座把自己关于光学的研究进行了扩展，这些扩展最后成为他的不朽名著《光学》中的第一部分内容。但这本书直到1704年才出版，这也显示了牛顿冲突激烈的学术生涯中的个性矛盾。问题肇始于牛顿在皇家学会报告其观点的时候——该学会创办于1660年，并已成为英国科学交流的主要渠道——牛顿记录了他与罗伯特·胡克的争论，最新的研究表明，这个著名的争执记录被误读了300年。



站在巨人的肩膀上

皇家学会最早了解到牛顿，是因为他在光学方面的研究兴趣，但并非是关于光的颜色是如何形成的新理论，而是关于他利用反射镜取代透镜系统来聚焦光线，从而发明反射式望远镜的实用技术。这个设计现在仍然被广泛应用，今天被称为牛顿式反射望远镜。1671年，皇家学会那些第一次看到这种望远镜的绅士们非常喜爱它，于是在翌年，即1672年，牛顿被选为该学会的会员。这种认可鼓舞了牛顿，他在同一年向学会提交了一篇关于光和颜色的论文。作为皇家学会第一个“实验掌门人”的罗伯特·胡克——以其名字命名的弹性定律至今还为人所津津乐道——被当时的人们（特别是他自己）认为是皇家学会（如果不是全世界的话）的光学专家。他对牛顿论文的反应是以某种居高临下的方式加以批评，这种姿态足以使任何年轻的研究者恼怒。从来就没能够也没学会善意对待批评意见的牛顿，被胡克的评论深深地刺激了自尊。在成为皇家学会会员的头一年，并第一次尝试将自己的思想通过正常的渠道传播出去之后，牛顿又退缩回了自己在剑桥的安全港湾，把自己的观念深藏在内心，而不再与当时的科技界接触。

1675年初，在一次访问伦敦期间，如同他所期望的那样，牛顿听说胡克现在已经接受了自己的颜色理论，于是他鼓足勇气向学会提交了第二篇论述光学的论文，其中涉及当把透镜组用含有微小空气缝隙的平板玻璃分离开来时，形成色散光环（如今称之为牛顿环）的方法描述。胡克立刻开始在公共和私人两种场合都发出怨言，说牛顿1675年在学会所陈述的这些想法，其大部分都不是原创的，而是直接偷窃自他（胡克）的工作。在与学会秘书的多封通信中，牛顿不但否认了这个指控，而且反驳说，胡克自己的工作从根本上说无非就是对于笛

卡儿工作的推论而已。

似乎是在学会的压力下，事态正在发酵成为一场历史大争论。当时，胡克给牛顿写了一封信，这在某种程度上可理解为一种缓和关系的举动（如果收信者是个宽厚仁慈之辈的话），但在信中，他依然试图重复以前的观点，并隐含着这个意思，即便是在最好的情况下，牛顿也必须准备好迎接失败的结局。正是这封信，引发牛顿写下了那个著名的箴言：如果他能够比别人看得更远，那是因为他站在巨人肩膀上的缘故。

这段话，传统上被解释为展示了牛顿的谦逊，以及对之前的诸如约翰内斯·开普勒、伽利略和笛卡儿等科学家的认可，因为正是这些人为他自己的运动定律和引力理论奠定了基础。但这种解释是很奇怪的，因为在1675年的时候牛顿还未将自己关于引力和运动方面的思考公之于众。毫无疑问，像牛顿这样极具自负甚至自傲个性的人，不太可能会说出这种谦逊的言辞，而且，这个故事对后代的影响也是显而易见的。那么，这段话的来龙去脉到底是怎样的呢？

1987年，作为纪念《原理》出版300周年活动的组成部分，剑桥大学组织了一周的纪念会，来自全世界的一批顶尖科学家回顾了引力理论诞生以来的历史过程。此次会议中，在美国加州利克天文台工作的英国研究者约翰·福克纳（John Faulkner），基于对牛顿和胡克长期争论的相关文献研究，对牛顿那段箴言的含义做出了一个有说服力的新解释。他认为，牛顿在记下那段话的时候，非但不是谦逊的，而且还很自负的，他所说的巨人不是指开普勒和伽利略，甚或是做出引力理论的他自己，而是做出了光学方面工作的他自己。

实际上，对于巨人的类似表达在牛顿时代很普遍，经常用于表示对古代人特别是古希腊人的感恩。17世纪的科学家（特别是牛顿本人）普遍认为，他们自己的所作所为，充其量不过是在一些细节方面重新发现古代人早已知道的法则而已。牛顿在1675年2月5日给胡克信中的遣词用句，无疑是十分谨慎小心的，他们之前的分歧，以及胡克



本人对他的明显反感这个现实也会不时浮现在他的心头。

通过引证牛顿和胡克同时代的人，包括胡克朋友的材料，福克纳为胡克画了一幅肖像，完全就是类似于威廉·莎士比亚滑稽剧里的理查德三世的形象——极度扭曲，甚至矮小。即使这个说法有点夸张，胡克是个小矮人也应该没有什么疑问。

在这个背景下，福克纳认为，牛顿信中提到巨人之前的那些句子，就展现了非常不同的意味。总之，请记住这不是朋友之间的私下便条，而是代表着皇家学会名誉的两个会员，为解决彼此间具有公共影响争执事件的正式信件；牛顿也是经过了仔细的文字推敲来表达自己的意思；按照他之前和之后的行为看，福克纳认为，他对信中的潜台词给予了同等的重视。下面是福克纳对牛顿的意思进行解读的相关句子：

“笛卡儿所做是一个好台阶。”（解读：他在你之前就做过了）
“你已经在若干途径上做了很多，特别是将薄板色散加以哲学式的考虑。”（解读：你所做的全部都是遵循着笛卡儿的指引）“如果我能看得更远，那是因为站在巨人的肩膀上。”（解读：特别注意牛顿使用巨人这个词汇时首字母G是大写的，我的研究除了古人，不借助任何人，至少不用借助如你这般的侏儒矮子）

从这些来往信件的表面价值看，它们实现了学会的客观性，没有引发公众的异议，保留了处理其成员之间争议时的尊严。但其结果是，牛顿在此次遭遇后，进一步退缩回了自己的甲壳里面，耐心地等待着，直到胡克1703年去世，最终得到了安全的环境后，才在1704年出版了自己的《光学》一书。也仅仅是其朋友埃德蒙·哈雷因彗星问题的介入，牛顿才在第二次与胡克发生争执12年之后的1687年，被动地出版了自己的伟大著作《原理》。此时，该著作的核心内容已经有20多岁了。

三条定律和一个引力理论

牛顿的《原理》包含了世人所知的经典力学最核心的内容，即运动的三条定律和一个引力理论。这的确是些使他能够牢牢站立的肩膀。潜在地看，发展这些思想的是一名德国天文学家约翰斯·开普勒，他在1609年发表了如今以他名字命名的行星运动前两条定律。开普勒使用丹·第谷·布拉赫精心汇集的行星位置表发展了这些定律，当第谷落脚布拉格的时候，开普勒成为他的助手，而第谷本人于1601年去世了。

开普勒第一和第二定律表明，行星绕太阳运转的轨道是个椭圆而不是圆，并且，无论行星处于轨道的任何位置，行星与太阳之间的连线，在相同的时间内扫过相同的面积（图1.1）。

换言之，每个行星在最接近太阳时运动得最快，在椭圆的一端形成一个短而宽的扇形角。当远离太阳时运动速度最慢，在椭圆轨道的另一端形成一个长而窄的扇形角。几年之后发表的第三定律，用数学公式将每个行星的轨道周期与其轨道的直径联系在一起。

这些描述使17世纪的科学家们既感兴趣又迷惑不解，但他们没能

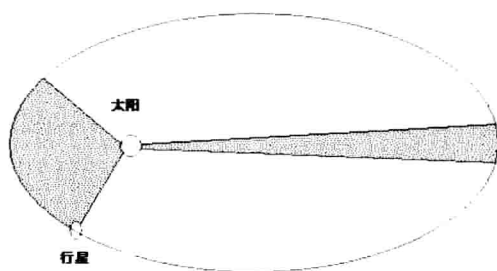


图1.1 一个沿椭圆形轨道绕太阳运动的行星，当接近太阳时运动速度加快，使得在给定的时间内总是扫过同样的面积。



成功地为开普勒定律找到可靠的解释。牛顿自己并不是个科学隐士，即使在17世纪70年代晚期到80年代早期，他在与胡克的通信中也论及了物体在引力影响下的下落行为——这些通信在后来无可避免地引发了胡克对牛顿的指责，说他偷窃了自己关于平方反比定律的思想。前文已经提及，哈雷对轨道运动很感兴趣，而当他在1684年到剑桥访问牛顿时，牛顿告诉他说自己已经在数年之前就解决了那个谜团，我们现在只能猜测他当时会感到多大的惊喜了。无论这个惊喜多么强烈，哈雷依然保持着清醒的头脑。他说服牛顿这是个意义重大的发现，必须公开发表。仅仅三个月后，牛顿就给哈雷送去了有关这个问题的一篇简短文章。但这是不够的，当牛顿决定公开自己的思想时，他便开始修改和重写了这篇短文，直到它成为一部伟大的著作（主要是在哈雷的资助下）。该书于1687年用拉丁文出版——直到1729年才用英文出版，而此时牛顿已经去世两年了。

即便到此时，牛顿依然守护着自己的一些秘密。虽然他的文章中显示出他实际上是使用了自己发明的数学工具才获得了其著名的引力定律，但在《原理》中他却使用基本的几何算法重新进行了表述，这样才更符合亚里士多德式的智慧。也许，这只是因为他的神秘主义；也许，这是因为他回忆起了自己的大学时代只获得了较低的学术评价，所以他认为如果使用老式的路径会更符合评价者的口味。无论原因何在，这个做法导致了另一个更加激烈的论争，这一次争执的对方是德国数学家威尔海姆·莱布尼兹。后者独立地发展了微积分，并在1684年发表了自己的工作成果。今天，关于牛顿首先获得了观念上的突破已经没有任何疑问，而关于莱布尼兹是在对牛顿的工作毫不知晓的情况下，独立地得到自己的结果也没有任何怀疑，所以他们应该被赋予平等的发明权。但在当时，这个问题却引起了牛顿的另一个巨大烦恼。

然而，在本文对此的叙述当中，有意义的是《原理》中说了什么，而不是牛顿为什么选择不提及微积分。在牛顿之前，科学家们接

受的是亚里士多德的观念，即物体的“自然”状态是静止的，只有当外力作用时才会运动。牛顿意识到，这个状况是因为我们生活在行星的表面，此处物体被引力所掌控。他的第一定律说，任何物体（科学家通常使用术语“物体”）除非受到外力的作用，将持续处于静止或匀速直线运动状态。他的第二定律说，物体的加速度（即速度的变化率，包含速度在大小和方向两方面的变化）与加诸在其上的外力成正比。他的第三定律是，无论何时对某物体加诸一个作用力，此物体必存在着一个与此大小相等但方向相反的反作用力。例如，当我推着铅笔横过书桌，或者向下摁压桌面，我都会在指尖感受到一个反作用力的存在。按照第二定律，你可能会想到，在引力的作用下，会使我们朝着地心做加速运动，但由于我们站立在坚实的地面上，我们向下的重力会遭遇到大小相等方向相反的反作用力的抵抗。这两个力相互抵消了，因此我们不会有加速地心运动发生——除非失足跌落或者主动从窗户跳出去。如果这个情况发生了，当人跌落地面时所遭受的伤害不是因为地心引力，而是因为地面的反作用力，它抵消了地心引力，并停止了人的跌落运动。

运用其三定律和开普勒定律，牛顿解释了行星绕日运动，以及木星卫星的运动，都是引力的结果，其大小与太阳和行星之间或木星和其卫星之间距离平方的倒数成正比。这就是著名的平方反比定律。因此，当一个行星接近太阳时，它所感受到的引力将更强，结果它的运动将更快。更进一步地，牛顿说道，这不是一个仅仅适用于绕日进行轨道运行的行星的特殊定律，而是一个普适于描述宇宙万物引力效应的定律。一个简洁的案例就是由牛顿自己提供的。

我在前述的例子中已经假定，引力以作用于轨道运行行星的方式，作用于地球表面下落的物体，其所使用的相似符号表述也使我们今天对此十分清晰。但在牛顿时代，这却是一个新颖的甚至革命性的观念。我也提及了作用于地球表面下落物体的地心引力，其作用方式似乎是将所有地球质量都集中到了地球中心点一样。平方反比定律中



的距离，实际上是两个相关物体中心之间的距离，无论这俩物体是太阳和行星，还是地球和落体，如此等等。事实上，牛顿证明了这是其引力理论的关键点，也是数学上最艰巨的工作，特别是他在《原理》中不采用微积分，而用传统几何学进行证明的时候，更是如此。牛顿也知道，在地球表面由引力所导致的加速度将使任何物体（比如苹果）在下落的第一秒内通过16英尺的距离（我在此处使用老式的英尺和英寸，是因为牛顿当时也使用着这些单位）。月亮距地心的距离60倍于地心到地表的距离，按照牛顿第一定律，月亮应该“类似”匀速直线运动，即是说，以恒定的速度在运动。即使速度保持不变，但若有外力作用，月亮也会发生直线方向上的偏离。按照反平方定律，地球作用于月亮的引力，就比地球作用于地表物体的引力小得多，小的倍数是60的平方，即3600倍。因此，每秒时间内，地球引力能够让月亮偏离原来运行直线一个给定的距离，即16英尺除以3600。计算一下，这个距离大约比1/20英寸略长。对于一个距离地球如同月亮那么远，并以月亮的速度运动着的物体而言，如果每秒所受到的微小偏离作用也恰好是这个力度的话，就能使它沿着封闭的轨道围绕地球运行，并且每月完成一次循环。

牛顿运用一组定律，实实在在地做到了对苹果下落和月亮运行的解释。在这个过程中，他揭开了天界物体运行的神秘面纱，让科学家们认识到恒星和行星运行，乃至整个宇宙运行的事实真相，是可以用物理定律来加以解释的，而这些定律是在地球上的实验室里进行研究时获得的。今天，许多物理学家相信，他们或许很快就能找到一组独立的方程，用它就可以统一地描述所有的自然粒子和作用力，即所谓大统一理论（Theory of Everything，简称TOE）。如果他们实现了这个目标，那将是一个由牛顿所开启的、超过300年的进步路径的终结，在某种意义上，也将是牛顿式物理学的最后终结。但是，正如我们将会看到的那样，这不一定是彻底理解宇宙所有事物的必需途径。

甚至在牛顿时代也已经清楚，需要从其他层面的理解来支撑著名