学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中外科学家发明家丛书

牛顿

eBOOK
内部资料 非卖品

一、科学巨人的童年

在英国东南部林肯郡格兰汉姆镇南面，有个叫沃尔斯索普的小村子。17世纪时，这里只有一座没落贵族留下的小小庄园，几家农户与10几间茅屋，河谷中潺潺的流水，犹如欢乐的歌声流经这座庄园，给小村增添了许多生气。要不是伊萨克·牛顿出生在这里，这个幽静的村庄也许会永远无声无息地隐匿在这偏僻的角落里。

公元1642年12月25日的圣诞节，一个婴儿诞生在庄园里。他非常瘦弱，所以在头几个星期，他的母亲必须在他的脖颈上系一块大围巾，以支撑他那小小的脑袋，使它不至于总是下垂。然而，正是这个小小的头颅里面，孕育着非凡的才智，它产生的思想和观点影响了以后几个世纪的科学发展。在他的一生中，充分显示了人类无以伦比的智慧，他是一位天才人物。他的名字叫伊萨克·牛顿。

牛顿出生的年代，正是欧洲的自然科学、社会科学向前跃进的变革时代。

欧洲的科学，曾经有过辉煌的过去。在爱琴海地区，在古希腊，都产生过一批批杰出的科学家，为人类的文明发展作出了巨大的贡献。然而从公元5世纪，欧洲进入中世纪后，基督教会就统治了欧洲达1000年的时间。在这漫长的岁月之中，欧洲的科学被禁锢在宗教思想之中，教会不准做任何有违《圣经》的科学研究。这时候，欧洲的科学只是教会恭顺的仆人，它不得超越宗教信仰所规定的界限，所以根本称不上是科学。

但从15世纪后叶开始，欧洲资本主义生产关系开始萌芽并发展，新兴的资产阶级以文艺复兴为号召，掀起了一场反封建、反宗教的滚滚浪潮。在以后的200年中，真正的科学也伴随着资本主义登上了新的历史舞台，以神奇的速度发展起来了。在牛顿之前，冲破桎梏的科学巨人接连不断地出现。

16世纪前期，波兰的天文学家哥白尼，创立了不朽的太阳中心说，给教会坚持的地球中心说以沉重的打击。这一学说中明确提出：地球不是宇宙的中心，它是绕着自己的地轴自转，地球和其他行星都是绕太阳公转。这个理论一经发表，就引起了极大的震撼，它把被宗教教义所颠倒了的客观规律正了过来，从而引起了人类宇宙观的巨大革命。因此，哥白尼日心说的产生，成为近代自然科学诞生的标志，古典力学创立的先声。

继哥白尼之后，意大利哲学家布鲁诺，积极宣传日心说与无神论，最后触怒了基督教会，在 1600年被教会极其野蛮地火焚于罗马百花广场。但他为科学献身的壮举，进一步激起了更多的仁人志士为悍卫科学与真理进行着不懈地奋斗。

不久，意大利科学家伽利略挺身而出。他认为：神干涉不了世界上的事物，自然界中的一切，都是按照自然规律发展的。伽利略主张应该运用科学实验和严谨的计算，去认识自然现象的原因与规律。他的观点，对后人产生了积极而深远的影响，伽利略也成为古典力学和近代实验物理学的先驱者。

17世纪初，德国天文学家开普勒，通过了长时间的研究与观测，提出了著名的行星运动三定律，对行星运动的轨迹进行了正确的理论描述。这就为后来牛顿在这方面作出的全面的科学解释而奠定了基础。

在同一时代，英国哲学家培根，对自然科学的研究方法，也进行了一场革命。他创立了唯物主义经验论，成为近代实验科学的鼻祖。培根把那些只知道搜集个别事实，却不进行总结、归纳的经验主义者，比作整日忙忙碌碌

而又无所作为的蚂蚁；把蔑视实验经验的教条主义者，比作只会从自己肚子里抽丝而没有实际能力的蜘蛛；他提倡应该如同蜜蜂，即会采集、又能整理、加工，酿出科学的“蜜”。因此，培根制订了完整的认识归纳法，这对于实验科学的发展起了重要的作用。

此外，也是在同一时期里，英国医生哈维发现了人体的血液循环；法国数学家笛卡尔创立了解析几何……

这是一个科学踊动的大时代，牛顿正好遇上了。他出生的 1642 年，正是天才的科学家——伽利略去世的那年；似乎是为了补偿这一损失，历史给了世界一个同样非凡的天才人物。他的出现，更给这个风云际会的时代，增添了光芒四射的灿烂色彩。

牛顿的祖父与父亲都是通过自己辛勤劳动，使自己的家庭较为富裕的农民。但在牛顿出生前 3 个月，父亲就去世了；3 岁时，他的母亲改嫁给了一位善良的牧师。孩童时代的牛顿便在继父的资助下，和外祖母生活在一起。他的母亲经常回娘家看望自己的母亲和儿子，使小牛顿仍然拥有着母爱。

6 岁时，牛顿进入了本地一所很小的、只有一所房子的乡村小学读书。他的舅父很喜欢这个小外甥，对他的学习严格地督促，鼓励他好好学习。此时，舅父就发现小小年纪的外甥双手灵巧、脑筋灵活并善于思考，这使他很惊异。小牛顿就在沃尔斯索普度过了他的童年时光。跳跃的野兔、美丽的小鸟、小河里的游鱼、河边绿茵的草地……都给幼年的牛顿留下了深刻的印象。

12 岁那年，牛顿进入格兰汉姆镇的皇家中学读书。可那里离家有 10 公里，小小年纪的牛顿总不能每天往返 20 公里去上学，因此母亲和舅父商量后，就决定把牛顿寄养在镇上她的朋友克拉克夫人家中。就这样，牛顿寄住在克拉克夫妇家。克拉克夫妇经营着一家药店，那里有许多东西引起了小牛顿的兴趣，特别是各种各样的药品和化学用品；克拉克夫妇待牛顿很好，常教他一些初步的化学药品知识。于是牛顿就对化学产生了最初的兴趣。

克拉克先生曾经送给牛顿一本《艺术与自然的奥秘》。在这本书中，牛顿学会了制作焰火、简单的魔术道具，以及一些有趣的玩具。这本书还讲了如何绘图、调色，配漆等技术，使牛顿学到了基础科学的许多必备知识。凡是书中提到的有趣的东西，牛顿都要自己动手去做一遍。他在家中雕刻了一个观测日影用的日圭仪；仿效村里的风车，他制造了一个依靠吹气作动力的模型；根据“滴漏”的原理，他制成了一只计时水钟；另外，他还制作过四轮自动推椅、大型风筝等许多东西。

但在这一时期，由于牛顿把精力都用在了机械制造上，从而忽略了学校的课程，成绩很差。此外，他的身体也不十分强壮，性格沉默而爱好幻想，几乎没什么冒尖之处。正因为如此，老师和同学们都不怎么喜欢他。随着年龄的增长，牛顿也逐渐认识到了学习的重要性，而且他十分渴望老师与同学们对他的尊重，所以他开始努力学习各科功课。不久，他蕴藏的聪明才智开始发挥出来，老师和同学们都惊异地发现这个差等生学习迅速进步，一跃成为皇家中学的一名优等生。

1656 年，当牛顿 14 岁时，他的继父去世了，母亲再次寡居，只得带着她与后夫所生的一儿两女回到沃尔斯托普的旧居。此时，她非常需要人手帮她料理家务，耕种土地；当然，只有把牛顿召回家来，才能解决这个家的当务之急。所以，虽然母亲和舅父都不希望他中途退学，但由于当时英国正处于内战时期，地租重、雇人困难，最后还是不得不让牛顿辍学回家，帮助母

亲料理家务、干农活。

假如牛顿能专心于耕种，那他一定会成为一名合格的农民。但事实是，他对农业没有一点兴趣，他所渴望的，是读书和实验以及制造机械。1658 年夏季的一天，刮了一场大风暴，母亲担心谷仓的门没有锁牢，就叫牛顿去检查一下，可是半个小时过去了，还不见牛顿回来。母亲很着急，赶紧顶着暴风跑向谷仓，她惊讶地发现：仓库的门已倒在地上，而牛顿却从仓库的窗口跳下来，然后又爬回去，再跳下来……每次都认真地记下落地的位置。母亲大声地问道：“孩子，你在干吗？”牛顿回答道：“我在测量大风的速度。妈妈，你看，当风很强的时候，我用同样的力气就会跳得远一点。”

母亲从这件事以及其他一些事情上，明白了牛顿的确不适宜在家干农活，经过与她的哥哥商量之后，最终决定把牛顿送回皇家中学，而且他们还商定了在孩子中学毕业后，再让他争取上剑桥大学深造，使他将来从事他喜爱的科学研究。这样，即使自己再苦再累，他们也心满意足了。

于是，牛顿高兴地重新回到格兰汉姆皇家中学，并在那里刻苦攻读了 3 年。现在保存下来的牛顿中学时代的几本笔记表明，他那时就已经对配色、几何原理、基础物理、甚至哥白尼的太阳中心说等问题，产生了浓厚的兴趣。在这期间，他的所有课程成绩都是优秀，成为学校公认的高才生。

1661 年，牛顿 19 岁时，从格兰汉姆皇家中学毕业，由于成绩优异，经校长斯托克斯的推荐，他以清寒学生的身份，进入了剑桥大学的三一学院读书。

二、冉冉升起的科学之星

剑桥大学与牛津大学齐名，创建于 12 世纪，是英国历史最悠久的大学之一。三一学院是剑桥大学中最大的一所学院，在自然科学方面享有盛誉，在当时是首屈一指的。

由于牛顿的家庭并不富裕，于是牛顿只得在学院里作为一个减费生受教师使唤和干那些有钱大学生不愿做的各种零活，以减免一些在校学习费用。牛顿学习非常勤奋，作为一名剑桥大学的年轻大学生，他与那些饱食终日、碌碌无为的贵族或富家子弟比起来，有着天壤之别。

学院的良好条件，使牛顿有机会接触到图书馆里的大量珍贵藏书和各种手稿，这使得求知欲很强的牛顿如鱼得水，在知识的海洋里畅游。刚上大学时，他的课有希腊文、拉丁文、数学和神学。不久，他的才华开始大肆发挥。他的老师们时常谈到他的进步，因为他们发现这个来自乡下的学生不仅所学的课程成绩优异，就连尚未学过的许多课程的内容也理解得很透彻。这些知识当然都来自牛顿的勤奋自学。其结果，校方同意这位刻苦勤学的学生免修某些课程。这样，牛顿有了更多的时间安心地在图书馆里阅读自己所喜好的书籍。

在大学的头两年中，牛顿的主要精力是主攻数学和物理学方面。三年级时，牛顿得到了新任数学导师巴罗教授的器重。巴罗博学多才，先后主讲过希腊文、哲学和数学，是当时公认的优秀学者之一。在给牛顿授课的过程中，他很快就发现牛顿对于当时自然科学和数学的尖端知识有着非凡的理解能力，是个不寻常的天才，于是就把自己所掌握的数学知识，全部悉心传授给牛顿。

正是在巴罗教授的帮助、指导下，再加上牛顿本人的天赋和勤奋的学习态度，还是学生的牛顿，取得了他的第一项重要科学成就——发现并证明了“二项式定理”。这是将任何次乘方的二项式展开成为一个级数的公式，这个公式在数学、物理学、天文学等学科上都有广泛的应用。它不仅能用于数字本身的乘法运算，还可以用于任何事物数字的运算，如计算银河系中星球的数字，某一物质中的原子数目等异常复杂的计算。

即使牛顿的一生只完成了二项式定理，那也足以在科学史上留下自己光荣的名字。然而，他提出这个定理时，才只有 22 岁！

1665 年 4 月，牛顿和其他 25 个同学获得了剑桥大学的学士学位。这样他的学生生涯就结束了。这时，他已经在科学之路上迈出了坚实的步伐。由于他的杰出表现，巴罗教授已为他争取了一个带薪水的选修课研究员的职务。这样，在新的学年里，牛顿就可以免费住在三一学院并有菲薄的薪水以维持生计；更重要的是，他将有足够的时间去研究他所喜爱的科学工作。

但就在牛顿即将毕业的这一年，可怕的鼠疫正在英国蔓延。这个以“黑死病”得名的恶性传染病，自 14 世纪以来多次侵袭欧洲大陆与英国。由于没有足够的医疗条件，居民大量死亡，死尸弃掷街头以至无人埋葬。1665 年 6 月至 8 月，英国首都伦敦的人口骤减 1/10；当瘟疫从英国南部向北蔓延时，剑桥大学的管理人员担心波及该校，于是决定暂时关闭学校，让学生疏散到外地躲避这场大瘟疫。因此，牛顿回到了沃尔斯索普的家里。

回家后，母亲把他安置在二楼的一间小屋里。就在这里，牛顿开始了他毕生从事的科学工作，他终日沉浸在当时科学上急待解决的问题里。他脑子

里充满了从剑桥带回的最新科学观点，在暂时的与世隔绝的生活中，他可以随心所欲、废寝忘食地思考他自己所迷恋的各种问题。

牛顿在林肯郡的这所小房子里，度过了 18 个月，他集中全部精力研究了三大问题，这些问题为牛顿一生的研究方向奠定了基础，并为数理科学的发展开拓了新的天地。这三大问题就是牛顿以后取得的三项最伟大的成就：微积分学、万有引力理论与光学。

微积分学

后来牛顿在他晚年回顾他的科学生涯中，这段最富有研究成果的时期时写道：“ 这一切都是在鼠疫流行的两年（1665～1666）中发生的，因为那是我一生中最旺盛的发明年龄，而且是我一生中最专心于数学与科学的时期。 ”

在数学研究方面，牛顿在自己的回忆录中记下了这样一段话：“ 1665 年初，我发现近似级数的方法，并得到将任何方次的二项式展开为级数的规则；同年 5 月发现了如何画曲线的切线；11 月发现流数术的直接法；次年 1 月创立色彩的理论；5 月我得到了流数术的反演法…… ”

牛顿所称的“ 流数术 ”，实际上就是现在我们所称的微分学；而“ 流数术的反演法 ”，是一种表示事物不断变化的“ 数学语言 ”。

要是没有微积分，现代数学将受到极大的阻碍。为了研究自然界的事物，人们必须处理许多不断变动着的数量。事物处在变化之中——这一点是人们对事物所能作出的最真实可信的论断之一。例如，在处理物理学热问题时，研究人员就得处理温度的变化率——冷却与加温。他们要仔细计算物体作功的变化速度或运动体的位置与变速。如果离开微积分，是根本无法进行这样的计算问题。

在数学上，数学家时常要计算两个变数，为了能更好地理解这两个变数之间的关系，他们采用坐标图解或者绘制关系曲线来表示——两坐标线交于 0 点呈 90 度。这时。数学家们就可以应用微积分算出他所要计算的两变量——不论是任何数量或任何特定位置，两者间互相关系的变化数据。

牛顿利用他的“ 流数术 ”所解决的第一个问题是“ 开口曲线 ”问题，即双曲线下平面的求积问题。在他的科学日记中，他写道：“ ……我用流数术计算双曲线的面积……到 52 位数字。 ”这就是说，为了得到精确的答案，他一直计算到小数点后的第 52 位数。在他的运算过程中，二项式定理与微积分都应用上了。

在研究“ 流数术 ”的过程中，牛顿应用了他的前辈数学家，如意大利的卡瓦利里、德国的开普勒等人提出的数学概念，并进一步发展了这些概念。正是有了前人的研究基础，牛顿才得以最终创立微积分学的理论。

牛顿在其研究的进程里发现，凡是涉及微小数量的问题，他的流数术在推理与计算上非常有用。例如计算长率、厚度、面积、体积以至涨缩等变化的时候，是不能单用静止的欧几里德几何学所能解决的。别人对于这些无限小的数量变化认为是微不足道的、虚无飘缈的。但在牛顿看来，它们正如家乡小河里的流水，无时无刻不在流动；又像家乡的花草树木，每天都有新的变化。所有这一切，都是真实的、都是充满活力的。

虽然牛顿发现了“ 流数术 ”这个价值巨大的计算方法，但出于谨慎的考虑，他没有把这一方法公诸于世，就连他最亲密的朋友也不知道。直到 30 多年后，牛顿才正式发表了自己的微积分学理论。

万有引力理论

牛顿在剑桥大学学习天文学时，就已经接受了哥白尼的日心说理论，并且深刻地领会了开普勒和伽利略工作的意义。开普勒希望能用力学原理去解释行星为什么能在自己的轨道上运行，他认为一定是有某种力在推动着它们。伽利略发现了物体的惯性原理后，认为行星运行的力量来源于太阳。牛顿根据这些线索研究了行星的运行问题。

有一个流传很广的故事，说的就是牛顿在进行引力研究时的事：1665 年秋天，当牛顿正坐在果园里沉思时，他看见一个苹果从树上掉到了地面，这一现像引起了他对地心引力和重力的许多想法。

那天在果园里，牛顿一定对自己提出了很多问题：

“ 为什么苹果会落到地上呢？对，一定是地球的力量把它拉下来的。但月亮一直绕着地球转，为什么不会掉下来呢？ ”

“ 地球的引力朝上有多远呢？像我们无论爬到多高的山上，这种引力好象一点也没有减弱，那它是不是可以一直延伸到月亮呢？是不是这种力恰到好处地把月球控制在地球周围的轨道上的呢？ ”

“ 真有意思 ”，牛顿在想：“ 这是个很有趣的理论问题，但如何证实它呢？这种论据必然构成某项定律，可以用它来解释地球引力强弱是如何变化的。当然，引力不会在离地面任何距离上都一样；地球的引力必然是随着距离的变化，越远越小。 ”

“ 那么，地心引力的大小与距离的变化关系究竟是怎样的呢？ ” 牛顿继续向自己提问。为了得到问题的答案，他用了大量时间去计算，并且深入研究了开普勒的行星运动定律。最终，他得到了引力与距离的平方成反比的引力变化规律，这就是牛顿著名的平方反比定律。这就是说，如果两个物体距地球的距离不相等，那地球对它们的引力也不相等。假如一个物体离地球的距离比另一个物体离地球的距离大 5 倍；按照平方反比定律，地球对较远物体的引力只有对较近物体的引力的 1/25。同样的道理，月球到地球中心的距离大约是地球半径的 60 倍，那么在月球上，地心吸力等于对在地球表面物体的引力的 1/3600。

“ 既然地球对月球仍然有着引力，那么，月球会不会像苹果一样落向地球呢？ ” 牛顿的答案是：月球的确是在朝地球方向掉落，但永远也不会掉到地球上。为什么呢？牛顿认为，物体是互相吸引的，当地球吸引苹果朝它落时，苹果也同样在吸引着地球。只是苹果的引力作用太小，于是看上去只是苹果在 “ 掉落到地球上 ”。同样，当地球在吸引月球的时候，月球同时也在吸引着地球。由于月球质量要比苹果大不知多少倍，离地球也远得多，所以地球对它的引力刚好能使它保持在它自己的轨道上围绕地球不停地运转。这就是月亮不会掉到地球上的基本道理。

随后，牛顿又进一步证明了太阳也是用引力的作用使行星在轨道上运行。于是，牛顿正式定义了他的万有引力定律：“ 宇宙间任意两个物体都是相互吸引的，引力的大小与两个物体的质量乘积成正比，且与它们的距离的平方成反比 ”。牛顿之所以在引力定律之前冠以 “ 万有 ” 两个字，是因为他认为这条定律适用于整个宇宙的任何地方。

光学

在牛顿之前，最初的天文望远镜已经发明了，伽利略利用望远镜首次观测到了木星的 4 颗卫星，这一轰动性的发现，使 17 世纪的自然科学家们对光学这门科学发生了很大兴趣。

牛顿一向爱好光学。在上大学期间，他就对月晕进行了观测和测量，并且在巴罗教授的指导下自学了开普勒的《光学》一书。在 1666 年初，他用一个棱镜来对光进行观察，并希望通过自己的研究，能进一步提高望远镜的效能。

在他那间与世隔绝的小房间里，牛顿开始用棱镜进行实验了。在他的日记中他写道：“ 我把自己的房间弄成黑暗，在百叶窗上开一个小洞，让适量的阳光照射进来，再把棱镜放在光线进入处，光线就通过棱镜折射到对面的墙壁上，我以为这是一件很有意义的事。 ”

通过实验，牛顿惊讶步地发现：太阳光通过棱镜发生曲折或折射；但它从棱镜中出来时已不再是进去时的白色光线了——而是一束由各种颜色光组成的光带，而且每一条色带由于折射的角度都不同，所以它们各自朝向不同的方向。就这样，牛顿在他房间的墙上造成了光谱，各种单色光的排列次序是：红色光折射最小，因而在光带的顶端，以下是橙色光、黄色光、绿色光、蓝色光、靛色光（青），最后是紫色光，它折射最大。

从这个实验中，牛顿很清楚地理解到：平时人们所看到的太阳光的白色光束并不是单色光线；它并不是一种光，而是令人惊奇的美丽的复色光，是按一定比例混合成的。用现代光学语言来讲，这一现象反映了光的复合现象，并且每种颜色的光束都有自己特定的波长。

随后，牛顿进行了进一步的实验，他将棱镜分解出来的多色光，通过位置相反的另一棱镜，结果把多色光再次还原成了白色光。因此，牛顿认为：物体所以具备颜色，是由于它反射到人们眼中的是光谱的某种成分，而不是在物体的自身上。譬如说苹果是红的，实际上是苹果仅仅将接收到的光束中的红光部分反射入人的眼睛，而吸收了其他颜色的光。雨后有时会出现彩虹，则是明显的光的折射现象。

通过以上种种实验，牛顿明白了当时的折射望远镜成像总是有些模糊不清的原因：各色光束聚焦不在一处而形成色差或色散现象。找到了原因，牛顿就在两年后设计制造了能消除色散的反射望远镜，为近代天体物理学提供了重要的工具。

总之，牛顿在沃尔斯索普避疫的 18 个月间，取得了具有划时代意义的研究成果，在近代天文学的两大分支——天体力学与天体物理学方面，以及近代数学的发展上都奠定了极为重要的基础，把人类的这些科学研究都提高到了一个新的阶段之上。

三、光学上的巨大贡献

1667 年初，在英国各地流行的鼠疫已经基本稳定，剑桥大学也复课，牛顿便又回到了三一学院。不久，他得到了选修课研究员的职务。他探索问题的天才头脑，已经在沃尔斯索普的 18 个月里磨炼得更加敏锐。正是这一年半的时间，他为自己以后的毕生工作打下了基础，他未来的成就只是在这基础上修建起的伟大而辉煌的殿宇。

从这时开始，牛顿为他的主要科学研究课题——光学、万有引力、流数术，各花费了大约 10 年功夫。从他回到剑桥到 1678 年期间，他主要从事光学研究；从 1678 年到 1688 年，他致力于万有引力理论的钻研；从 1688 年到 1700 年，他进一步发展了自己在天文学方面的研究，并完善了他的数学发明——特别是在微积分学方面。

牛顿回到剑桥之后，如他一贯所为，没有向任何人提起他在家中的发明与发现。他渴望的是更多的工作、更多的研究和实验。在这期间，牛顿表现出他具有的对科学极为认真负责的治学态度和探索精神。他认为，把自己还没有把握的东西公布出来，是不符合科学精神的。

然而，这位青年的才能已经受到了三一学院领导者的赏识。在获得选修课研究员资格后不久，他又被提升为主修课研究员。这样，他就在学院有了自己的一所房子可以专心研究问题；他的薪水也够他的日常生活费用，这样他也不必为经济困难担心了。于是，牛顿开始向更深的科学殿堂前进。

他忙着购置了罗盘、磁铁、棱镜、玻璃以及琢磨玻璃和切割金属的一切工具。不久，他又到伦敦采购了许多必需的设备，尤其是做光学实验的器材。他准备落实自己在家时所考虑的计划，制造一具实用的反射望远镜。

当时的折射望远镜的基本原理是这样的：物体所折射的光线经过透镜（物镜）成像，这个像被第二个小透镜（目镜）放大，人们的眼睛便在目镜后面观测。如果望远镜确实非常完善，那么物镜一定能聚集从被观察物体发出来的光线而使之聚焦，形成清晰的物像。但由于折射望远镜的入射线与镜轴间的角度过大，所以会使成像模糊不清，造成了“球面像差”。这使得早期的折射望远镜上的物镜成像后，被观测物周围就会出现有颜色的花纹，使得观测者感到吃力，严重地影响了观测效果。

牛顿知道，在任何镜面上的反射则不会产生彩色条纹，于是他决定不搞折射望远镜，而根据反射原理制造一架反射望远镜。实际上，牛顿并不是产生这个想法的第一个人。在几年以前，苏格兰人格里高利就装置过制造反射望远镜，但他没有亲自动手制做，而且他也不知道这种反射望远镜的主要优点——没有彩色条纹干扰。

在自己的寓所里，牛顿动手为他的反射望远镜琢磨一个金属的凹面镜。经过许多天的努力，他才磨成了理想中的如调羹那样向内凹的曲面镜。制造这个镜面的材料是牛顿自己用铜、锡和砷混炼而成的合金。他热情地工作着，但最后制成的第一台反射望远镜尺寸却很小，只有 6 英寸长，镜口的直径只有 1 英寸，然而它却能放大物像 40 倍，它的放大能力可与一架 6 英尺长的折射望远镜相媲美。

牛顿在制造反射望远镜时遇到了一个新问题，那就是目镜的位置应该在何处。格里高利曾建议用两块面对面的凹面镜组装成反射望远镜。这样，从被观测物发出的光线就会由第一块凹镜反射到另一块凹面镜前的焦点上。但

除非观测者的头伸进望远镜的镜筒内，否则是无法看到物体的影像的。按格里高利的意见，可使第二块镜子再次反射光线，并在第一块凹镜上开一个洞，使被反射的光线通过此洞到达焦点上。将目镜安置于此，观测者便能看到影像了。

牛顿认为，这种设想既笨拙而又难于制造，所以他想出了另一个办法：在镜筒旁边钻一个洞，并在镜筒内焦聚处装一个平面镜，使它的位置与入射光线成 45 度角，从而把影像反射出来。于是观测者就能在镜旁光线射出处的目镜去作观测，牛顿是使用这种装置的第一个人。

牛顿制造的反射望远镜虽然还比较粗糙，然而设计思想却是崭新的。在制成望远镜的当天夜晚——一个没有月亮的晴朗夜晚，牛顿就用它去观测天象，结果使他无比激动：他在小小的目镜里看见了耀眼的木星与它的四颗卫星。经过多次观测，他更看见了金星的盈亏现象。尤其令他高兴的是，所有的影像都是清晰明亮的，一点没有受到彩色条纹的干扰。

这台反射望远镜是牛顿在 1668 年制造成功的。后来在 1671 年，他又造了一台。反射望远镜的发明，使牛顿开始闻名全欧洲。英国皇家学会也于 1672 年 1 月选举牛顿为该会会员。此时，牛顿还不满 30 岁，就已成了知名人士；然而，这在他科学研究的漫长旅程里，仅仅是个开始。

一个月后，牛顿将自己的第一篇正式科学论文《关于光和色的新理论》，提交给皇家学会讨论审查。这篇论文总结了他以往在光学方面的实验和理论，突出了他所发现的光谱现象。这对以后的科学领域产生了巨大的影响，对于物理学、天文学、化学的发展起到了积极地推动作用。正是因为牛顿在光谱学上的开拓性工作，为从 19 世纪后期到现代的原子物理学家认识物质的结构奠定了坚实的基础。

牛顿不仅制造了反射望远镜，而且改进了显微镜，并且提出运用单色光进行观测，这种技术已经被广泛运用到现代的实验室中。

牛顿还对薄膜的透明物质上的颜色（如云母片或肥皂泡上的颜色）作了极为重要的理论研究。他把略微弯曲的凸透镜放在平玻璃板上，发现以这两块玻璃的接触点为圆心的多重同心圆的色圈出现在眼前。这种现象科学上称之为“牛顿环”，它对现代实验室的研究工作仍有着重要的意义。而牛顿用来计算这些光环的方法，至今仍然为科学家们所沿用。

这类现象促使了牛顿对光的本质进行了深入的研究。他提出了光的本质是微粒的见解。关于光的本质是什么这个问题，在牛顿之前，笛卡尔也主张微粒说（但也只是提出了假说，并非以实验为根据），而与牛顿同时代的英国科学家胡克，以及荷兰科学家惠更斯则主张波动说。“微粒说”与“波动说”长时间争论不休。以后的物理学家们又提出了更为完善的“电磁说”与“量子说”。以现代科学的眼光来评价，微粒说确实不很完善；但与现代用量子论解释光的本质，也有着相似之处——都认为光的结构基本上是原子的。同时，牛顿也从来没有自认自己的“微粒说”就是完全正确的，他始终认为，由于实验做得还不够充分，所以自己只不过是对光的本质提出了一些问题，他说过：“我将留给那些认为值得努力去进一步探求的人们自己去思考。”

1704 年，牛顿把自己研究了 30 多年的光学写成了一本关于光学的巨著《光学或光的反射、折射、弯曲与颜色的论述》。这本书共分三章。第一章，首先列举“公理”与“定义”，然后讨论了一般的折射与反射，太阳光谱与

反射望远镜；第二章，研究了薄膜的颜色，自然界里物体的颜色，光的性质；第三章，介绍了衍射现象，论述了晶体内的双折射，解答了一些一般的自然科学常识问题。

在这本书中，牛顿不仅总结了自己的研究体会，而且讨论到偏振光、电现象等远远超出他所处时代的科学现象；他已经预见到了未来世纪的科学家们以电力解释原子作用的正确途径。所以，一位著名的英国学者说过：“ 单凭他在光学上的成就，牛顿就已经可以成为科学上的头等人物。 ”

四、深入研究万有引力

1677 年，牛顿的导师和最真挚的朋友——巴罗去世了，这给牛顿带来了巨大的悲痛。

不久，牛顿在继续进行光学研究的同时，又开始进一步研究物体间引力和行星运动规律的问题。1679 年，他和当时皇家学会的秘书胡克进行了这方面的讨论。牛顿曾向胡克提出了一个问题请他共同思考：如何证明地球是绕自己的轴进行着不停地自转？这个问题不一般的地方在于以前从没有人提供过地球活动的直接证据——人们只是通过观察太阳与星星位置的变动来提出间接的证据。

牛顿当然知道，当地球自转时，所有的东西都和它一起转——人、房屋、树木、海洋等等。但是如何才能把这种认识与地面上的静止状态统一起来呢？比方说向空中抛起一个球，如果它的运动方向垂直于地面，那么被抛起的球会重新落到抛物者的手中吗？如果谁垂直向上跳起，会落在原地吗？答案都是肯定的——球落在抛出者手中，跳跃者落回起跳地。之所以这样，是因为有地球吸引力的缘故。由于地面上的万物同在一个体系里运转，因而它们好像是不动的。

但是，对于距离地面相当高的地方，即距地心相当远的物体，情况又会怎样呢？牛顿设想，在一根垂直向上延伸好几公里高的旗杆，在杆顶放一块石头，那么经过一段时间后，这块石头所经过的圆弧肯定大于在杆下的人所经过的圆弧。所以说，旗杆上的石头运动速度要比地面上人的运动速度快。这与车轮在转动时，轮面上各点比车轴中心各点转得快是同样的道理。

仍将牛顿这样的理解用于这根旗杆上去，假定那块石头从旗杆顶端下落至地面，那它会落在什么地方呢？可以肯定，它将不会落在旗杆的底部。牛顿认为，它“不会垂直地下落……而要超出一部分地面，会朝东一点，它的下落线应呈螺旋形状……。”在给胡克的信中，牛顿对于他认为之所以会出现这种情况解释道：石头在下落之前，它的圆周速度要比直接在它底下的物体要快；因为已知地球是自西向东转动的，那么，这块石头的落地点将在旗杆与地球中心连接线以东的某一点上。

胡克收到牛顿的信后，对这个实验马上着了迷。他在皇家学会的例会上，宣读了牛顿的这封信。会员们马上委托胡克亲自做这个实验。做实验时，胡克仔细地研究了这个问题，得到的结论是认为牛顿并不完全对。胡克的解释是：假如在赤道上做这样的实验，那牛顿的推理将是正确的；但如果在北半球的一点之上，譬如说在伦敦，那实际情况又应是怎样呢？在这种情况下，石头的落地点不但向东偏，而且还会南偏。也就是应坠落在旗杆的东南方向某一点。胡克还认为，石头的下坠线不是如牛顿所说的是螺旋形，而是呈椭圆上一段弧的形状下落。

虽然牛顿在信中已和胡克说好，如果他们中间对问题的思考有不同意见，也将保留在两个范围中间，不对外公开。但胡克却不想放弃这次胜过牛顿的好机会。在学会的下一次例会上，胡克便向会员指出了牛顿在理解上的错误。经过实验证明，胡克所说的落体下落方向是偏向东南的，下落线呈椭圆弧状。

牛顿当然不满胡克的违约，同时也对自己在思考问题时的不周全感到懊悔。在自己的回忆录中，牛顿提到了这件事，“由于胡克改正了我提出的螺

旋线的错误，使我在以后的研究里特别注意椭圆轨道；更重要的是，他对我的这次教训，把我从别的研究里拖了出来，再次注意引力与行星运行轨道的研究。”

是的，胡克得到了暂时的胜利。但这件事却引起牛顿作出了一系列独立的、新的思考。

经过不懈地努力，并参考最新的研究成果。1682 年，牛顿根据自己总结的万有引力定律进行仔细地推算后，找到了行星围绕太阳运动轨道的方程式。这个方程式告诉他，行星的轨道应该是椭圆，这一理论上的证明正与 70 年前开普勒的实际观测结果相符合。如果将这一方程式公诸于世，那马上会轰动整个科学界；然而，在找到问题的答案之后，牛顿还是按自己的老习惯，把这些能震动世界的笔记塞进抽屉里；他既没有通知皇家学会，也没有对别人谈起。随即，他又把精力转到了其它研究之上，把这件事给忘了。

可是，当时还有其他三个人也正在努力，希望解决这个问题。这三个人是——著名的建筑师、数学家雷恩爵士；天文学家兼物理学家哈雷（就是他后来推算出哈雷慧星的轨道和周期）；还有胡克。在这时，哈雷和胡克已经在实际研究中认识到了“引力按距离的平方或反比”这一规律；哈雷此时想知道，在这种引力的作用下，行星应该在什么样的轨道上运动的问题。于是他就请来了和自己在同一城市的雷恩与胡克，与他们一起讨论这个问题。

雷恩虽然也有敏锐的数学头脑，但他承认自己的能力还不足以解答这个问题，只能作一些初步的研究。但求胜心极强的胡克却抱着骑墙的态度说，天体运动的规律这一问题他早就进行过深入地探索，并已经做了理论上的研究和论证。但是他并不想马上发表，还想做进一步的研究，等别人没有解决时他再宣布，从而使别人明白他研究的价值。

冬去春来，春去夏来，半年多过去了，但胡克仍然没有兑现他的夸口。到了 1894 年 8 月，哈雷无法再等下去了，他决定去找英国另一位有能力解答此问题的人——伊萨克·牛顿。此时的牛顿，早已是剑桥大学的教授并誉满英国科学界了。于是，哈雷从伦敦赶赴剑桥，开门见山地向牛顿问道：“牛顿先生，当一颗行星受到与距离平方或反比递减的引力吸引，那它的运行轨道应该是什么样的呢？”牛顿毫不迟疑地回答：“椭圆。”哈雷接着问道：“那您是如何得知的呢？”“因为我已经计算过了。”牛顿又回答道。

哈雷听后，愣住了，随即他请求牛顿立刻把计算稿给他看。当然，哈雷想要的计算稿就是那些已被牛顿搁在一边的笔记，但牛顿早已经记不清到底放在哪里了。在找了半天还没找到后，牛顿向这位年轻的来访者表示了歉意，尽管哈雷比自己小 14 岁，名声也不如自己；他还表示将把论证重新计算一遍，随后寄给在伦敦的哈雷。三个月后，牛顿履行了自己的诺言，把他重新计算出来的结果寄到了哈雷手中。哈雷进行了详细研读之后，被牛顿的才能所彻底征服了，他认为这是天才的杰作。为了科学的发展，他非常希望牛顿能将这项成果以及其他的研究成果公布于世。

不久，当哈雷再度前往剑桥拜会牛顿时，使他更加惊奇的是，牛顿竟取出了厚厚的一叠手稿，题目是《物体运动论》。哈雷边浏览边称赞。这里面不但详细地解说并论证了行星运动的轨道是椭圆形的，同时还将这些论据推广到太阳系中的其他天体。而且行星运动轨道问题的解决，恰恰证明了牛顿创立的万有引力定律的正确性。比如地球围绕太阳转时，它的运动可以描绘成具有一个焦点的椭圆轨迹，而这个焦点正是位于引力的中心——太阳中

心。

在结束了会面之后，哈雷就开始了他个人的奔走，不断地向科学界宣扬牛顿这位只重研究、不重荣誉的天才科学家。同时他还恳切地希望牛顿马上将《运动论》一文提交皇家学会。牛顿被这位年轻人的热忱所感到，便同意了他的要求。1684 年 12 月，这篇论文在皇家学会被宣读后，得到了会员们的一致喝彩。

哈雷是发现牛顿的一位英国伯乐，他本身就是一位杰出的天文学家和数学家，所以他完全理解牛顿著作的极端重要性。哈雷是属于历史上罕见的人——就他个人成就已经是一个伟大的人了，然而他还乐于推荐别人比自己更伟大。

五、《自然哲学的数学原理》

1685 年，牛顿 43 岁，正处于他科学创造才华的巅峰时期。在皇家学会的一些成员，特别是哈雷的敦促下，牛顿开始着手撰写了一部直到今天仍被誉为“个人智慧的伟大结晶”的科学巨著——《自然哲学的数学原理》（以下简称《原理》）。

20 年前，牛顿在家乡避疫时的惊人创造期前后共 18 个月。他将自己多年的发明与发现写成《原理》这部伟大著作，也只花了同样长的时间——18 个月。这可算是一种巧合。在写作期间，牛顿想要把脑海中充满的 20 余年来他在科学上探索的成果全部写出来；巨大的工作量使他倾注全力、废寝忘食，他终日沉浸在计算、论证、定理、方程式、图表、数学与符号之中。

牛顿在写作《原理》时的许多个人生活细节，被他的秘书汉弗莱记载了下来。《原理》的原稿就是经过汉弗莱的整理、抄写后交给出版者的。这位青年秘书后来回忆到，在牛顿撰写《原理》时，他从来没见到过牛顿笑。但他认为牛顿是一位“很温和、沉静、谦逊、从来不发脾气的人。”在汉弗莱的日记中还写道：“他总是在沉思，把全部时间都用在了工作上，很少运动或休息娱乐。他经常在半夜两三点钟才休息，有时甚至要工作到天亮以后……”

汉弗莱还回忆到：“他吃饭很不经心，甚至常常忘记吃饭，以致我给他送饭时，经常会发现在餐桌上前次送的饭他还没有吃。当我提醒他忘记进餐时，他往往会吃惊地反问：‘我真的没有吃过吗？’然后缓缓地走到餐桌旁，心不在焉地随便吃一点东西。”

牛顿的秘书也从来没有见到过牛顿毫无节制地喝葡萄酒或啤酒之类的饮料。除了假日，他很少到餐厅吃饭；要好的朋友和他聚会时，他也从没时间去理发：头发不梳、领带系不正、穿着磨掉后跟的皮鞋。

从这些回忆里，我们可以看出一位献身于科学的人的形象：他专心致志于自己的工作，整天沉浸在科学研究之中，对于周围的一切全然不知。

在撰写《原理》时，牛顿按照逻辑排列，把这本书分为三部分。第一部分是《物理运动论》的扩充，这一部分很快就完成了；1685 年底，第二部分也完成了；1686 年 4 月，第三部分完成，这就标志着《原理》这一科学巨著最终出现在世人面前。经过哈雷的提议，皇家学会决定立即将这部重要著作复印。然而，当学会清查所存经费时，却发现所剩款项已不足以支付《原理》出版的费用——在当时，出一本书要花大量的钱。

一个月过去了，皇家学会还没有得到足够的经费。哈雷不想让牛顿的这一杰作无法问世，于是便向学会提出自己愿出资代学会支付出版费用。正因为哈雷的努力，牛顿的书才得以很快问世。这件事充分显示了哈雷的高尚人格；他自己也并不富裕，况且还有家庭的负担。为了让人类科学宝库中增添一笔巨大财富，哈雷几乎倾其所有，他与牛顿这种建立在共同事业基础上的支持和友谊是非常崇高的，其价值是无法用金钱来进行衡量的。在哈雷的全力支持下，《原理》终于在 1687 年正式出版了。

牛顿的这部著作决非简单地总结前人的知识，而是反映牛顿本人成就的一部科学巨著，是科学史上极有创见性的作品，占有重要的地位。牛顿不但总结出力学的基本定律，而且还发明了证明这些定律的数学方法。书中所叙述的一些运动定律，以前从来没有人像他讲得那样透彻。《原理》这部书精

辟地解答了几个世纪以来最有才智的人都无法回答的问题。这本杰出的著作的全部内容显得严正、简明而宏伟，使这部书及其作者——伊萨克·牛顿在科学成就上达到了登峰造极的地步。

《原理》出版后，销量很好，第一版很快销售一空；半年后，这本书即使以高于定价的几倍的钱，也难以买到。有一位年青的学者，因为没能买到这本书，就索性手抄其中有关部分。

牛顿在《原理》中讲述了很多东西，这里只能把重要的内容概述如下：

这本书的开头，作者以导言的方式，开门见山地写明了他所确立的三大运动定律：

第一定律：一切物体除非受到外力作用，否则原来静止的将保持静止，原来运动的将保持匀速直线运动。

这个定律导入了“惯性”的概念，所以又叫做惯性定律。要理解这个定律很容易，例如：假设你坐在一辆时速为 40 公里的汽车上，汽车忽然煞车，那你的身体将会向前倾，这是因为虽然汽车借助外力停住了，而你此时仍处在运动的状态中。反过来，如果你坐的车突然加速或停车后突然启动；那你的身体就会向后仰。而你所感觉到的这个使你向前倾或向后仰的力就是惯性在日常生活中的表现。所以，惯性就是物体有保持原有静止或运动状态的特征。一个物体所具有的惯性量，与用以使物体减速或加速，停止或改变方向所需的力成正比。

但是，也许有人会说：当给一个物体向前推动的力后，根据这一定律，物体应该保持运动下去，但实际情况却是，在没有任何外力阻挡的情况下，物体运行一定距离后就会停止，这该如何解释呢？好，现在就回头看第一定律的第一个句子“一切物体除非受外力作用”，物体受力向前运动的同时，就在受外力的作用，这个外力就是无处不在的摩擦力。正是因为有摩擦力的存在，我们这个世界才会安全，否则一切物体受到一点外力就会永远运动下去，那岂不是天下大乱了。

第二定律：当物体受到外力作用时，它的加速度与作用力成反比，与物体的质量成正比，加速度的方向与作用力的方向相同。

牛顿的运动第二定律为科学家测量力提供了一个重要方法。根据物体的质量和物体的速度变化，便可计算这个外加力的大小。第二运动定律提供的数学关系能使科学家计算出地球表面上任何一点的引力大小。对于现代科学工作者制定人造卫星运动轨道，这一定律具有非常重要的价值。

第三定律：两物体间的作用力与反作用力在同一条直线上，大小相等，方向相反。

牛顿自己对第三定律作了这样的注释：“任何东西拉引或推压另一个东西时，同时也要被那另一个东西所拉引或推压。如果你用手指推压一块石头，那末手指也要被石头所推压；如果有一匹马拉引一块系于绳上的石头，那么这匹马（如果我可以这样说）将被相等的力往后拉向石头。”这一定律即是作用力与反作用力的定律。

在今天，最能体现牛顿第三运动定律的重要性的，恐怕就是喷气式飞机和火箭领域的应用了。

就喷气式飞机来说，它是由喷气引擎喷出的气体的后推力，反作用于引擎本身，从而产生前推力的。而喷气引擎是吸气式的，在引擎里燃烧的热气是以引擎从大气中吸进的空气为燃料的。火箭又是另一种情况，它自身携带

燃料，能在没有空气，因而也没有空气阻力的外空间飞行。在接近于真空的太空中，牛顿的第三定律很理想地起着作用。因为外空间没有空气阻力，火箭引擎内部的强大推力便产生同样大小的、反方向的、使火箭前进的推力。正是这股推力，使火箭达到极高的速度。现在，人造探测器已经能飞出太阳系，而它们飞行所依据的基本原则，就是牛顿的运动第三定律。

在现代科技领域里，乃至我们的日常生活中，牛顿的三大运动定律，都具有重要的意义。现代物理学与天文学工作者探求新知识所用的方法，基础正是建立在这些定律上的。如摩天大楼的建筑、稳定桥梁的结构、机车的奔驰、飞机的飞行、船只的行驶，甚至精确时刻的测定……这些都离不开牛顿运动定律的实际运用。相反地，如果在工程建筑、机械制造以及应用等方面，不仔细考虑到或运用牛顿力学的基本定律，常常会发生意想不到的事故。

但要注意的是，牛顿运动三定律中所说的“运动”，实际上只是机械运动，并不能包括物质间的一切运动。这里所说的“不动”，也只是相对的不动，而非绝对的不动。因为，地球整天不停地转动，所以地球上的任何东西，当然也都跟着它不停地动；况且，世界上的一切东西，它自身就在不停地运动、不断地发展着，是根本没有绝对不动的。这一点，牛顿当时还不可能认识到。

牛顿在《原理》中首先列举的运动定律，是在前人积累的丰富的动力学知识的基础上，再加牛顿本人大量的观察、实验、计算等辛勤劳动才总结出来的。牛顿曾一再表示，运动定律的得出，在很大程度上是因为他从前人同时代的科学家那里获得了许多有用的知识。例如，他利用了开普勒所提出的科学知识以及数学计算，运动第一、第二定律是以伽利略提供的宝贵数据为基础的；第三定律也从惠更斯、雷安、胡克的研究成果中获得了有益的启示。

在《原理》的第一卷中，牛顿在一开始就简明地叙述了他的“流数法”。除去 20 年前他曾经写过关于“流数”的简要论文外，他还是第一次正式公开发表他的“流数法”。

然后，他讲到了物体在某一固定点的引力作用之下的运动，像卫星沿着围绕行星的轨道运动，或行星沿着围绕太阳的轨道运动。他说明，这些轨道均匀椭圆形，引力和距离有着密切的关系。在这里他还引用了万有引力定律，用以说明引力中心是在椭圆形轨道的一个焦点上。根据这些理论，研究者就可以在任何时间推算出行星在轨道上的位置。

随后，牛顿又明确指出：所有天体都是相互吸引着的——太阳吸引着行星，同时行星也在吸引着太阳。这显然是牛顿第三定律的运用。同时，他还认为，太阳系中最大的行星与太阳相比，也显得微不足道，所以在说明行星的运动时，除太阳的引力外，其他引力都可以忽略不计。这种考虑同样也可以用于计算卫星的运动。例如：月球距其所绕转的地球附近，它只要是同地球间发生引力作用，故太阳的引力作用基本上可不作考虑。

牛顿还进一步认识到引力理论的基础是建立在这样的一个事实上的：宇宙间物质的每一个质点都施加引力于其他物质的第一质点之上。通过这个原理，牛顿分析了海洋的潮汐现象。他认为，太阳与月球的引力共同促成地球上的海洋发生定时的涨落，事实正是如此，又是牛顿奠定了潮汐理论的基础。

《原理》的第二卷讨论了物体在有阻力的介质中的运动情况。牛顿认为这种阻力——例如空气的阻力——与物体运动的速度是成正比例的。由此可见，牛顿在飞机问世的两个多世纪以前，就预见到了飞机设计师们必须处理

的一个重要问题，即飞行器的形状与空气阻力的关系。

在这一卷里，牛顿还讨论了摆动、流体的波动和光学等方面的一些问题。他还应用了波的运动学说解释了声波在大气中的传播。

在《原理》的第三卷中，牛顿运用了他的万有引力定律及三项运动定律，把太阳系的各种引力现象做了杰出的总结。他用种种证明，出色地证实了木星、土星、地球等行星与太阳的引力，同时为他的平方反比定律提供了有力证据。最后他叙述了与他的荣誉密切相关的万有引力定律：宇宙间任意两个物体都是相互吸引的，引力的大小与两物体的质量乘积成正比，并且与它们距离的平方成反比 ”。

牛顿更进一步阐明，由于在宇宙空间运行的行星没有遇到什么阻力，所以它的运动将永远保持下去。而且每颗行星都是以太阳为焦点在椭圆形的轨道上围绕太阳运转。进而他总结道：一切天体必须遵循万有引力定律，因此两个互相吸引的天体，应在相似的运行轨道上围绕公共重心互相绕行。

现在我们知道，牛顿为什么称它为万有引力定律，他的意思就在于 “ 万有 ” 这两个字上。因为这一吸引力适用于任何地方的任何物体。它不仅适用于天体，并且也能说明为何水是从高处流向低处，为何篮球入筐后会重新落到地面上，为何长时间没人进入的房间会落满了灰尘等等现象。

牛顿在《原理》的结尾处有一章专门谈论了慧星这种特殊的天体。在牛顿之前，科学家们都认为这种拖着长尾巴不时出现的神秘宇宙来客是无法解释的。但牛顿认为：慧星也同样要遵从万有引力定律，它们也是在太阳引力下运动着的物体，只不过它们的运动轨道是很扁的椭圆形。哈雷便根据牛顿的理论和引力定律计算了在 1682 年出现的一颗大慧星的轨道数据,并且发现这颗慧星的轨道与 1607 年及以前的 1531 年所观测记录的两颗慧星的情况极为相似。这三颗慧星出现的时间都相差 76 年，所以哈雷最后认定这三次记录的实际上是同一颗慧星，它是按 76 年一周期的频率绕太阳运转，所以也是 76 年 “ 拜访 ” 地球一次。于是他预言：这颗慧星将于 1758 年再度出现。在哈雷去世的 17 年后，他的预言应验了，这颗慧星再度 “ 来访 ” 地球。所以，这颗慧星就以哈雷的姓氏命名为：哈雷慧星。以后它又在 1835 年、1910 年、1986 年三次回到地球身旁。

以上就是《原理》一书的梗概。在牛顿以后，人类在自然科学方面的伟大成果层出不穷，但追本溯源，许多都与这本非凡的著作有直接的联系。如在 1846 年发现海王星之前，它的轨道就已经依据万有引力定律计算出来了，然后才在实测中发现了它。现代计算人造卫星的轨道，当然更离不开牛顿的伟大成果。

六、天才在于勤奋

牛顿之所以在科学方面取得了如此非凡的成就，除去他自身的素质外，更重要的是他的勤奋、他的忘我工作态度。

有人曾经问过牛顿：“您是如何作出那么多的发明发现呢？”牛顿回答道：“我并没有什么特殊的方法，只不过对于每一件我所感兴趣的事情，总是要花长时间地仔细考虑罢了。”

流传至今的牛顿以忘我精神从事科学活动的故事，多得不胜枚举。

据说有一天，牛顿的一位好朋友来看他。此时他正在做实验，就请朋友稍等片刻。这位朋友经常来牛顿这里，相当随便，等到吃午饭的时间还不见牛顿从实验室中出来，就把餐桌上的一盘鸡吃掉了，剩下骨头，照样把盘子盖好。好容易牛顿做完了实验，他一面向朋友道歉，一面揭开盘子上的盖子——咦！怎么会是鸡骨头了？牛顿不好意思地对朋友笑了：“哈哈，我还以为咱们还没有吃午饭，原来早就吃过了，你瞅我这脑筋。”

这种废寝忘食的事当然并不都发生在客人来访的时候。一天早晨，牛顿为一个复杂的问题陷入了深思，佣人拿来一只锅，准备替他煮两只鸡蛋当早餐。牛顿怕打扰了自己的思路，就让佣人把锅放在炉子上，待会儿自己煮。过了一会，佣人进来准备收拾餐具，却发现牛顿还在专心致志的思考着，锅里的水早已沸滚，而两只鸡蛋却依旧还在桌上，她揭开锅盖一看，天哪，在锅里的竟是牛顿的一块怀表！

牛顿解决科学问题的才能是那样超群绝伦，但处理起身边的琐事却往往判若两人。有一个故事说：他家里养过两只猫，一大一小，为了省去替它们开门的麻烦，牛顿特意在门下开了一大一小两个洞。当有人问他为什么要这样做时，牛顿理所当然地说：“大猫走大洞、小猫走小洞，这不是明摆着的事吗？”当那人告诉他小猫也可以走大洞时，牛顿这才恍然大悟，连声称赞此人真是聪明绝顶。

牛顿在衣着方面也从不讲究，可以说已经到了不修边幅的程度：袜子总是拖在脚后跟上，自己似乎不知道，也懒得去管。如果有人请他去作客，家里人一定得预先为他修饰一番，否则他会不管当时是什么样子都会出门去作客；而根据英国上流社会的社交标准，他的模样往往是不能登大雅之堂的。

牛顿终身没有结婚。据说他曾经交过女朋友，但他第一次与女朋友见面却大谈科学实验见解。女方不知所云，终于不欢而散。或许是牛顿不愿再费这样花前月下的时间，以后便再也没有谈过恋爱。

牛顿在生活上不拘小节，固然不足效仿，但他为科学而献身的精神，却着实令人钦佩。

七、硬币的保护人

《原理》出版后不久，哈雷就发现牛顿已经疲惫不堪了。他劝牛顿应该暂时脱离科学工作，安心休养一段时间。在他多次劝说之下，牛顿最后接受了他的忠告。

经过了几个月的调养，已经 52 岁的牛顿又恢复了健康，再度投入研究工作。他依据当时天文观测的新数据，进一步完善了自己的理论，并为《原理》的再版作了补充与修改。同时，他还继续了自己的爱好之一——各种关于金属转变方面的化学实验。

而此时牛顿又遇到了新的困难，但这次的困难并非来自他所从事的科学工作，而是经济方面的问题。牛顿把自己大半生的精力献给了科学探索，已经是全社会所公认的知名科学家，然而他的名声却没能给自己带来财富。与那些他经常接触的人士相比，他还只是个相当穷的大学教授，但他的亲属和亲戚仰仗他接济的数量却越来越多了。牛顿平生第一次开始考虑到自己将来的经济保障问题了。

终于牛顿从他的好朋友蒙塔古那里获得了好消息。蒙塔古在 1694 年被任命为英国财政大臣。蒙塔古曾经多次和牛顿讨论过英国的货币面临的严重危机。那时英国政府发行有金币与银币两种流通货币，但银币却由于被掺入过多的廉价合金而迅速贬值。而且许多居心不良者经常剪削硬币边，即从没有滚刻花纹的银币边上削去了些银屑，再把残缺的银币再照原价花出去。于是，当时的一些欧洲银行已经拒绝接收英国的银币。蒙塔古认识到这是一个非常严重的问题，他必须想办法挽救这个局面。他下决心要使银币恢复币面的价值。他认为牛顿是担任这项工作的最适当人选，因为牛顿对于化学和冶金有着丰富的知识，足以胜任这个职务。

1696 年，英国皇家造币厂监督一职空缺了。3 月，蒙塔古向英王推荐牛顿任此职务得到了批准，随即他通知了牛顿。牛顿立即赴伦敦就职。以前，造币厂监督被公认为是一个薪俸高、工作清闲的肥缺。但是牛顿却严肃认真地对待这个与科学研究迥然不同的工作，他全力以赴地要把发出的银币全部回收，再在一定的日期内发行新的银币，替代旧通货。要完成这些工作，就需要有相当强的组织能力和业务能力。在工作中，牛顿表现出他在工厂管理和措施的实施上是一个具有很高才干的人才；同时也证明了像牛顿这样的学者，不但能做艰巨的研究工作，而且对公务也具有很好的组织才能。当时造币厂的职员和王朝的官吏贪污成风，作为币制改革的领导人，不仅需要有知识和才干，而且更需要具有公正廉洁的品质。一些“体面的人”常派人以重金贿赂牛顿，希望能默许他的营私舞弊；在牛顿坚决反对的情况下，往往对牛顿加以恫吓或诬告。但牛顿不畏艰险，坚决与这些社会恶习进行了斗争。

在处理各种行政事务的同时，牛顿还运用了自己的科学知识，对于机器运转、熔铸速度、金银纯度等技术一再加以改进。造币厂的造币量也由每星期 15000 磅增加到 12 万磅。在牛顿的不懈努力下，仅在两年的时间内，英国就完成了铸币改革的工作。为此，英王特下诏褒奖牛顿，并于 1699 年将他升任为皇家造币厂厂长。这是一个年薪达 1500 磅的高级职务，牛顿任职了 28 年，一直到他去世为止。

牛顿一生的事业，可以分为各占 30 年左右的前后两个阶段；前期从 1665 年到 1696 年，这是他努力钻研科学，为人类作出伟大贡献的时期；后期从

1696 年到 1727 年，他成为服务于国家的公职人员，后又被选为英国皇家学会的会长，领导着英国科学界。后来有人认为，牛顿担任公职是英国科学界的一大损失；也有人认为此时的牛顿已经到了人困马乏的地步。但从事实上不得不承认，牛顿早年做出的发明与发现是那样的伟大，以致于他后来所做的工作只不过是在某些方面加以补充和发展而已。那时欧洲大陆上的科学家常有一些科学问题来征求牛顿的意见，牛顿也很喜欢帮助他们解决问题。

有一个故事说明了牛顿虽然忙于政务，很少再研究科学问题，但他的思维仍是很敏捷的。 1697 年牛顿 55 岁时，他从法国一位数学家的来信中得知瑞士数学家贝努里提出了两个极为困难的数学问题，半年时间里也没有任何人做出解答。牛顿得到了两个问题的题目后，经过了一整天的思索，对那两个问题写出了一篇流畅而完善的论文。他用假名将这篇论文寄到皇家学会，随即被发表，并引起了数学界的轰动。贝努里从这篇论文的完善性与创造性上，立即认出它的作者就是大名鼎鼎的牛顿。这则故事在数学史上至今仍被传为佳话。

八、晚年的生活

1696 年，牛顿从剑桥移居伦敦，此时他已 54 岁了。他请自己异父妹妹的女儿凯瑟琳来帮他料理家务。这位聪明伶俐的姑娘，把家务料理得井井有条；她的性格活泼好动，使牛顿的晚年生活大为活跃。她还经常为牛顿招待来客，文学家斯威夫特、法国思想家伏尔泰、政治家蒙塔古等常到牛顿家喝茶、聊天。所以牛顿本人虽是一个单身汉，却也享受到了家庭之乐，宾客之谊。

在移居到伦敦的几年时间内，牛顿应得的荣誉逐渐来到了自己的身上。由于他在诸多学科都取得了非凡的成就，所以受到英国本土和欧洲大陆学术界的一致赞扬与敬仰。在 1699 年，他当选为法国科学院的 8 个外籍院士之一；1703 年 11 月，当选为英国皇家学会会长，以后连任 24 年，直到他逝世。1705 年 4 月，英国女王安妮为了表彰牛顿在科学上的伟大贡献，亲自赠与他骑士勋爵。牛顿是获得如此殊荣的第一位英国科学家。从此以后，伊萨克·牛顿的名字后面有了尊严的“爵士”称号，这位出身于林肯郡的乡下孩子，通过自己的努力，终于赢得了举国的感激和尊崇。

牛顿成了世界上的知名人物，他的高额薪金远远地超过他的所有开销，所以他更加乐善好施了。他慷慨地资助别人，尤其对于具有科学才干的青年人更是尽心培养。有两位青年就是经牛顿的不断帮助而成长为相当知名的学者的。一位叫罗杰·科茨，这位极有才华的青年数学家承担了《原理》第二版的准备工作，还承担了牛顿在剑桥大学的数学讲座，但他不幸英年早逝，牛顿对此感到异常的痛惜。第二位青年就是后来成为英国著名的数学家兼医学家的亨利·彭伯顿，他帮助牛顿进行了《原理》第三版和前面提到的《光学》两本书的修改与编辑的大量工作。

1710 年，牛顿搬到靠近莱斯特广场的一所更大的住宅之中，因为在这里接待国内外的显要人物是再合适不过的了。这时，牛顿已经是近 70 岁的人了，他的身体仍然很健康。他待人接物和蔼可亲，但是他失神的习惯仍然存在，有时睡醒后就坐在床边呆呆地思索，常常是忘记了穿衣服。

到了 80 岁时，牛顿看上去还不很老。他精神矍铄（juéshuò），虽然有些胖，但仍显得气派庄重。他从来用不着戴眼镜，而且思维仍然敏捷而广博。这时他继续担任皇家造币厂厂长与皇家学会会长两项重要的职务。

但他的健康状况到了 1722 年就处于每况愈下。他开始患了老年症，起初是胆结石，以后又得了肺炎、脚部风湿痛。此时他已经很少外出，因为马车行进时的颠簸使他疼痛难忍。医生劝他搬到伦敦郊区的肯辛顿地方去住，因为那里空气清新，风景优美，是块疗养胜地。不久，牛顿就迁居肯辛顿，在这里，他的精神有了一些恢复。但牛顿似乎已预感到自己的日子不会太长了，他常常向上帝进行祈祷，并把自己所剩余的最后一点精力投入到了毫无意义的神学研究之中。

来到肯辛顿后，牛顿很长一段时间没有出过门。1727 年 2 月 28 日，他感到自己似乎又恢复了一些元气，就想到伦敦去主持 3 月 2 日召开的皇家学会大会。他不顾别人的劝阻坚持去了，但两天后回来时，就病倒了。剧烈的病痛折磨着这位老人，但他咬牙忍受着，甚至还在病床上与朋友交谈。3 月 15 日，他的精神显得有点起色，可以下床走动了，但这不过是回光返照而已。3 月 18 日，牛顿昏迷了过去。3 月 20 日清晨，他在睡眠中毫无痛苦地与世长

辞了，享年 85 岁，可称得上是长寿的人了。

牛顿去世后，他得到了他所能得到的最高荣誉。3 月 28 日，他的遗体以国葬的礼遇被隆重安葬在著名的威斯敏斯特教堂内的墓地。英国的王公大臣、文人学者纷纷前来吊唁。为了纪念他的功勋，英国政府在他的墓前树立了一座高大的纪念碑，将牛顿的主要贡献刻于其上。

在人类 5000 年的文明史上，很少有人能像牛顿那样，不仅对他所处的时代，而且对未来的世界造成了划时代的巨大影响。也很少有人能像他那样，在取得了如此灿烂辉煌的成就后，仍然是非常的谦虚。在逝世前不久，牛顿在给一位朋友的信中这样说道：

“我不知道世人如何看待我；在我自己看来，我不过就像一个在海滨玩耍的孩子，为时而发现一块比寻常更为莹洁的卵石、时而发现一片更为绚丽的贝壳而欢呼雀跃；但对于展现在自己面前的浩瀚的真理海洋，却仍然是茫然无知。”

然而在牛顿的墓碑上却镌刻有这样一句话：

“人们啊，欢呼吧！因为人类中曾经出现了这样一位光荣而伟大的人。”