



近代物理学奠基人牛顿

李 珩 编写

上海科学技术出版社



近代物理学奠基人

牛 顿

（英国物理学家、数学家、天文学家）

李 珩 编写

上海科学技术出版社

985138

近代物理学奠基人

牛 顿

李 珩 编写

潘宝兴 插图

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.375 字数 49,000

1984年11月第1版 1984年11月第1次印刷

印数: 1—12,900

统一书号: 13119.1175 定价: 0.26元

前 言

伊萨克·牛顿是科学发展史上举世尊敬的巨人。他奠定了近代科学的理论基础，并首先应用正确的思维方法于科学研究之中。牛顿的万有引力理论，便是按这种思想方法建立起来的。自拉普拉斯至爱因斯坦许多科学家都称赞牛顿是一位“天才”。牛顿之所以被认为“天才”，除了他对自然科学的伟大贡献之外，还意味着他是一位勤奋持久、自强不息的人。

牛顿在工作中，特别是在编著《自然哲学的数学原理》之时，专心竭力以赴，以致废寝忘餐。这种为事业的献身精神，正是我们建设社会主义所需要的。本人撰写这本小传的目的是为了提倡这种精神。

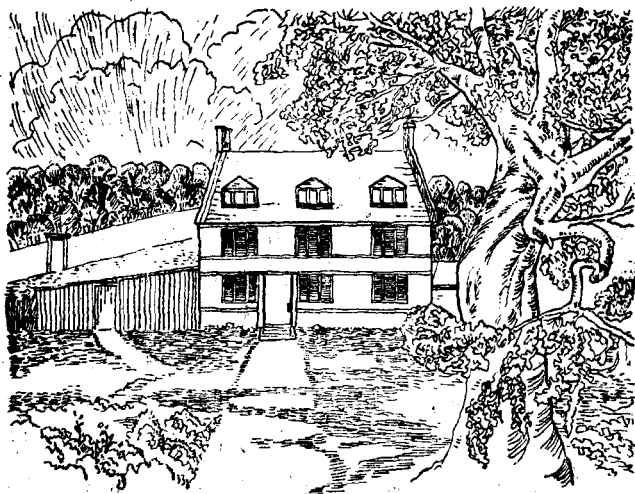
目 录

1. 家世与童年.....	1
2. 剑桥大学学生时期.....	5
3. 剑桥大学教授时期.....	16
4. 光学上的成就.....	23
5. 万有引力定律.....	32
6. 《自然哲学的数学原理》.....	43
7. 牛顿的工作对哲学影响.....	51
8. 牛顿徒劳无益的工作.....	53
9. 作为公务员的牛顿.....	59
10. 牛顿的性格与晚年生活.....	63
牛顿一生的大事记.....	68
参考文献.....	69

1. 家世与童年

在英国林肯郡格兰沙姆镇南面约十公里处，有个名叫武耳索普的小村。十七世纪时，这里只有一座没落贵族留下来的荒废庄园，两三户农家和几间茅屋，河谷中潺潺的溪水，犹如欢乐的歌声流经这座庄园，给小村增添了生气。假使这不是伊萨克·牛顿出生的地方，这个幽静的村子将永远无声无息地隐匿在这个角落里。

1642年的圣诞节，牛顿在这座庄园里诞生，出生时他体



牛顿诞生处

小孱弱，他的母亲说可以把这婴儿放进一夸脱(1.1升)的瓶子里去，出世后几个星期她还须用一条围巾扶持着这个小脑袋。很多人认为这婴儿难以长大，可是他活了八十五岁，死前只落掉一颗牙齿。而且在他的一生中，充分显示了人类的无比光辉的智力，他的思想与观念对于科学世界发生了巨大的影响。

这孩子的祖父和父亲都是林肯郡辛勤耕种的农民，他母亲的家庭也很贫寒。牛顿出生前三个月，父亲就去世了；三岁时，他的母亲——三十五岁的年轻寡妇汉娜·牛顿和邻村牧师斯密士结了婚。幼孩时期的牛顿便在他继父的资助下，以及外祖母和舅父乔治的照顾下成长。汉娜居住在离武耳索普村不到一公里的村子里，经常回来看望她的儿子和母亲。牛顿六至十一岁时，在只有一间房子的乡村小学念书，他的另一位舅父威廉·艾斯考夫牧师督促孩子的学业，发现小小年纪的外甥已经具有灵巧的双手和敏捷思索的脑袋，使他感到惊异。

那时英国正处于动荡时期，1649年查理一世被送上绞刑



架，克伦威尔作为一位独裁者统治着英国。牛顿在内战的阴影里成长，到了十三岁，由于舅父威廉的主张，他被送到格兰沙姆镇的皇家中学去读书。可是这拥有三千居民的小镇，距离武耳索普有十公里远，十三岁的牛顿不能为了上学，每日往返行走

二十多公里路，因此威廉和汉娜商量以后，决定将牛顿寄养在格兰沙姆镇的汉娜幼年时的女友克拉克夫人家里。克拉克先

生在镇上开了一间药店。店里有许多东西引起了牛顿的兴趣，特别是各种颜色的药品引起了他对化学的爱好。克拉克夫人有个与前夫所生的女儿安妮·斯托瑞，与牛顿的年龄相差两岁。牛顿帮助安妮装配玩具，修理玩偶的家具，博得了她的欢心，两人和睦相处。克拉克先生也很喜欢这个手巧的少年，常教他做配方、称量等一些工作。

克拉克药师曾给牛顿一册《艺术和自然的神秘》的小书，使牛顿从中学会了制作焰火、玩游戏，以及自制有趣的玩具，同时也学会了调颜色、配油漆、绘画、制图等技术，凡是书中提到的有趣事情，他都要自己动手去做一遍。他在家里的石墙上雕凿成一日晷（现今还保存在英国皇家学会内），并仿效村里的风磨，制造了一具依靠吹气作动力的模型。牛顿也曾制造过四轮自动推椅、计时水钟（漏壶）、还制作了许多风筝，并系上一些小灯，在夜里把它们放上天去，邻近的农人还误认为天上出现了彗星。

牛顿把精力倾注在手工艺上，忽略了学校的课程，因而在班上的成绩落在别人后面，大家认为他是一个爱玩耍、喜欢“白日做梦”的孩子。有一个故事叙述了牛顿怎样被人踢了一脚，而使他把精力转到学习课程上来。一个比他年长的同学看不惯这个总不说话、老在思索的牛顿，常常想方设法去嘲弄他。一天，这家伙索性朝牛顿的肚腹上狠狠地踢了一脚。牛顿受了这个侮辱，感到无比愤怒，他挥起拳头把这侮辱他的同学打倒在地。旁边观战的孩子们同声喝采叫好，这个挑衅者得到了他应得的惩罚后，悄悄地走开了。从此，再也不敢欺侮牛顿了。这件事对牛顿的思想转变产生了影响，这不只是惩罚了挑唆者，而且使他明确到自己在班上的学习成绩不好，得不到老师和同学的尊重，于是他开始努力学习课程。不久，斯

托克校长惊异地发现牛顿进步迅速、智力过人，而且他的成绩一跃而成为皇家中学的一名优等生。

1656年，当牛顿十四岁时，他的继父去世了，母亲汉娜再度寡居，只得带着她和斯密士牧师所生的一男两女转回武耳索普的旧居。牛顿和这三个异父同母弟妹相处得很好，并且终身帮助他们，临死时还嘱咐把他们作为自己的遗产继承人。

那时，汉娜很需要人帮助她料理家务，耕种土地。当然，只有把牛顿召回家来，是最方便、合适的。虽然舅父威廉不同意孩子辍学，但是由于正在战争时期，租税重、雇人困难，所以也不得不同意汉娜将快成年的孩子召回家来，分担家务和农活。牛顿惆怅地告别了克拉克家，转回武耳索普村，帮助母亲料理家务。

假使牛顿能专心于耕种，那一定会成为一位顶好的农民。但是他并不安心于农活，而对机械制造和实验着了迷，如饥似渴地朝那方面探求。有一个故事说明了他的这种意向。有一天，暴风袭击英国，汉娜担心谷仓的门没有锁牢，叫牛顿去检查一下。可是半小时过去了，这孩子还没有回来。汉娜裹上围巾，冒着暴风跑向谷仓，她看见仓库的门已倒在地上，而牛顿却在另一边不停地爬上跳下。他一会儿从窗口跳到地面，又从地面爬上窗口，每次都认真地记下落地的位置。汉娜大声叫道：“孩子，你在干吗？”牛顿带着懵懂的神情，瞧着他的母亲说道：“妈妈，我在测量风的速度，你看风会帮助我跑一段路呢！”

汉娜从这件事以及其他一些事情上，明白牛顿不适宜在家干农活。她向她的哥哥诉说了自己的失望心情，艾斯考夫牧师便乘机敦促他的妹妹将孩子送回皇家中学去，而且他们

还商定了孩子在中学毕业后，再上剑桥大学深造，使他将来从事科学研究。因此，1660年秋季牛顿再度去克拉克家寄宿。安妮姑娘自然很高兴看到她的朋友回来。据说他俩是有感情的，克拉克夫人也愿促成这桩好事，可是牛顿忙于功课，进了大学以后，牛顿又将全部精力倾注在研究事业上，没有功夫与安妮交往。以后安妮嫁了别人，而牛顿却终身未娶，但他们的友谊至老不衰。

1661年牛顿在格兰沙姆皇家中学毕业，由于成绩优异，经斯托克校长保送，进入剑桥大学就读，这个有悠久历史的大学接收他为三一学院的学员。

2. 剑桥大学学生时期

1661年6月，十九岁的牛顿，在三一学院开始了他的大学生活，这里也是他的舅父艾斯考夫牧师昔日待过的地方。

由武耳索普到剑桥虽然只有八十公里，但是搭乘马拉的四轮邮车要走整整两天，一路上除了要忍受长途的颠簸外，还要为盗贼出没而提心吊胆。所以，这对于初次出门的牛顿来说，真是一次漫长而艰苦的旅程。

牛顿在新的环境里感到羞怯而孤独。因为牛顿家庭的收入并不富足，交不起高昂的学食费用，他在注册时列为减费生。按校方的规定，减费生须做一些清洁、侍餐、送信等杂务工作，以资补偿。在这贵族和富家子弟聚集的大学里，减费生自然遭到同学们的歧视。牛顿这个乡下孩子既无有势力的朋

友，而且又很羞怯，所以他除了发愤读书之外，很少和同学交往。他和另外一位沉静好学的减费生威肯斯住在一间小屋子里，因而避免了饮酒、赌博、喧闹的公子哥儿们的骚扰。

作为三一学院的新生，牛顿第一年学完了希腊文、拉丁文、数学和神学等课程。平时，有暇便上藏书丰富的图书馆阅览，他的智力得到进一步开拓。导师们肯定了他的进步，并同意这位从林肯郡来的少年对某些已经自学过的课程免于上课，让他有更多的时间安心地在图书馆里阅读自己所爱好的书籍。

从牛顿的回忆录里得知，他在大学头一两年内，主要精力放在学习数学和研究哥白尼体系的天文学上。三年级时，得到新任数学讲座的巴罗教授的指导。巴罗(1630~1677年)那时才三十三岁，已经是一位出名的数学家、古典派学者，也是一位精明能干、善辩的教士。曾因反对独裁者克伦威尔而被逐



出英国。巴罗发现牛顿有研究“自然哲学”(1840年改称为“自然科学”)的特殊才能，所以对他很关心，时常鼓励他，并把自己漫游欧洲大陆的经历告诉他，使这位乡下来的青年大开眼界。

巴罗教授也是一位光学家，牛顿在听讲的同时还读到了开普勒的《光学》一书。这既引起他对制造望远镜和光的性质发生兴趣，同时培养了他的实验技巧。为了实验的需要，他开始磨制棱镜和透镜。巴罗对牛顿迅速的进步感到

惊奇，1669年他在编写《光学讲义》时，牛顿便成了他得力的助手。牛顿用自己磨制的棱镜研究光线的折射现象。凡是从课堂上听到的，牛顿都一一从实验中寻找证明。从中学开始，牛顿就对他周围的自然现象，例如行星和彗星的运动，潮汐的涨落，虹霓的颜色……无一不引起他的兴趣和思考，而且他还想把自己的观察和思考，通过实验判断真伪。

巴罗发现牛顿对于数学也具有超群的才能，便鼓励他学习经典的欧几里德几何学和笛卡儿的解析几何，那时剑桥大学还不是英国数学研究的中心，那里的自然哲学家在这方面还不及牛津和伦敦的学者。可是这位从武耳索普来的学生，不久便为他母校赢得了最高的荣誉。1665年初，也是即将毕业时，他发现并证明了有名的“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，这公式在数学、物理、甚至生物遗传学上都有广泛的应用。即使牛顿没有别的成就，这个定理也足以使他在科学史上名垂不朽。他的墓碑上就刻着这个定理的名称以赞扬他对科学的贡献。牛顿发现这个定理时才二十二岁！

牛顿在巴罗教授的器重和鼓励下，增强了信心，再也不象从前那样羞怯，开始与同学们接触，有时也上学校附近的酒店去走走，参加一些活动。

1665年4月毕业时，牛顿和二十五位同学获得了剑桥大学的文学士学位。据说他在毕业典礼上，还出神地想着二项式定理和光学实验，竟忘了点名时的应答。

牛顿毕业的那一年，可怕的鼠疫正在英国蔓延。这个以“黑死病”得名的急性传染病，自十四世纪以来多次侵袭欧洲与英国。死尸弃掷街头以至无人埋葬。1665年6月至8月仅三个月内，英国京城的人口便减少了十分之一；当瘟疫从伦

敦向北蔓延时，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，以待瘟疫的过去。因此牛顿回到武耳索普的家里去。

回家后，母亲把他安置在二楼的一间小屋内，被迫在安静的庄园内度过了十八个月。这样的环境，使刚露头角的大学毕业生开始了他终身从事的事业。牛顿终日沉浸在当时科学上急待解决的问题里，甚至忘记了他离开三一学院以前，巴罗教授已经为他谋得一个“学侣”（即领津贴的研究生）的名额。

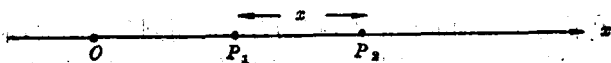
牛顿在林肯郡这间茅屋里，集中了全部精力思考三大问题，这些问题为牛顿一生的研究方向奠定了基础，并为数理科学的发展开拓了新的天地。这三个问题就是牛顿以后取得的三大成就：微积分学、万有引力理论与光学。

微 积 分 学

1665~1666年瘟疫流行的两年，也是牛顿一生中精力最充沛，思想最敏捷的时期。他晚年所写的回忆录里有这样一段话：“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；同年五月发现了如何画曲线的切线；十一月我发现流数术的直接法；次年一月创立颜色的理论；五月我进入流数术的反演法；同年我还开始研究重力对月球及其运行轨道的影响问题……”

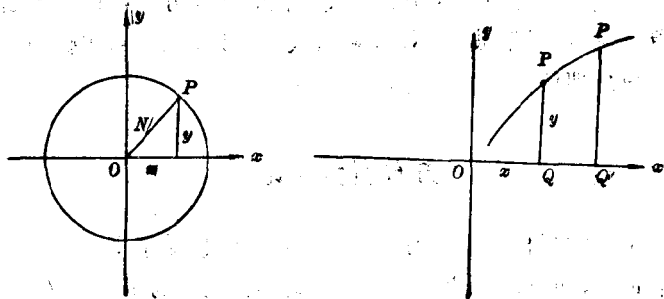
牛顿所说的流数，现今叫做变数，变数在无限小时间内的变率是一个有限的数字（如物体运动的速率），牛顿叫做流率，我们现时叫做导数或微商。牛顿以 x 表示流数，以 $\dot{x}$ 表示流数 x 在无限小时间内的流率，我们现在记为 $\frac{dx}{dt}$ 。因此，牛顿

称为的流数术实际上便是微分学，流数术反演法便是积分学。微积分学是近代数学的基础，是一种表示事物不断变化的“语言”。例如一个质点在一条线上运动，我们不但想知道在一段有限时间 t 内（譬如一点钟或一秒钟）所走过的路程 x ，和其在这段时间的平均速度 $\frac{x}{t}$ ，而且有时还想知道在无限小的时



间 Δt 内，质点所走过的路程 Δx ，以及它的瞬间速度，即 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。当 Δt 趋向零时的极限值 $\frac{dx}{dt}$ ，亦即 x 对于时间的导数或流率。物理学家讨论声、光、电、热等现象的变化时，常注意于它们的瞬间变率，工程师对于机器运转也着眼于它的瞬间速度。就一般讲，导数也是一个变量，也有它的导数，因而产生二阶导数 $\frac{d^2x}{dt^2}$ （或用牛顿的符号记为 $\ddot{x}$ ），如 $\frac{dx}{dt}$ 表示速度，则 $\frac{d^2x}{dt^2}$ 表示速度的速度，或加速度。

笛卡儿提出将两个变量 x 和 y 的关系表示在一幅图上的方法，即在一张纸上绘出互相正交的两条直线，它们的交点叫做原点，即计算的起点。



P 点的横坐标 x 与纵坐标 y 之间的关系式如 $x^2 + y^2 = N^2$, 便表示 P 点运动时所走的轨迹, 即以原点为中心, 半径为 N 的圆周曲线。牛顿首先使用他的流率术求出一段双曲线在图中 PQ 与 $P'Q'$ 之间的面积, 并精确计算到 52 位小数。

牛顿还使用他的流率术解决了许多动力学的问题, 特别是在开普勒的行星运动三个定律的基础上, 进一步分析了使行星在轨道上运动的作用力, 把动力学应用到天体间去, 最后总结出了著名的万有引力定律。牛顿在其研究的进程里发现, 凡是涉及微小数量的问题, 他的流率术在推理与计算上非常有用。例如计算长度、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。别人对于一些无限小的数量变化认为是虚无缥缈的, 微不足道的。可是牛顿认为它们正如他屋旁沙姆河里的每滴水, 无时无刻不在流动, 又象武耳索普村的草木, 随时在不断地变化。牛顿所以能发现这种数学规律, 显然是受到了研究天象的启示。但就时代的背景而论, 牛顿处在英国远航海外、产业革命的时期, 由停滞不前的封建社会开始进入资本主义社会。自古希腊遗留下来的一些数学基础, 已经不能适应社会发展的需要, 流率术的发明是势所必然的。

牛顿虽然发现了这个有很大价值的计算方法, 但由于当时鼠疫流行, 伦敦丧钟不断, 剑桥大学停课, 因此对牛顿的伟大的思想即使他最亲近的朋友也不知道。

万有引力理论

牛顿在剑桥大学学习天文学时, 已经接受了哥白尼日心说的理论, 而且深刻地领会到开普勒和伽利略的工作意义。开

普勒企图用力学原理去说明行星为什么能在轨道上运行，他认为必定有一种力在推动它们。伽利略发现了惯性原理后，他认为这种力来自太阳。牛顿根据这些线索研究了行星的运行问题。据传，1665 年秋天，当牛顿坐在果园里沉思的时候，



一个苹果落地，引起他想到使物体落地的地心引力。这个故事是牛顿的外甥女巴尔顿夫人告诉法国作家、哲学家伏尔泰的，后由伏尔泰写入了《牛顿哲学原理》一书，而广为流传。现今在伦敦天文学会的玻璃柜里还保存着一段树干，认为这就是当年引起牛顿联想到地心引力的苹果树上砍下来的^①。不管这个故事是不是真实的，据上面所引的那段回忆，可见牛顿那时正在思考地心引力的作用可以达到多远的问题。无疑，这引力离地面愈远愈弱。因而牛顿想，在月亮那里地心力究竟会减弱多少倍呢？为了回答这个问题，他回头研究了开普勒的行星运动定律。牛顿是理解这些定律深刻意义的第一个人，他从这些定律得到他所需要的材料。他发现了引力与距离的平方成反比的变化规律。他计算地球对月球的引力正是它使月球在轨道上运行的力量，而且不需要其他力量。

牛顿知道月球和地球之间的距离是地球半径的六十倍。在地面上，物体在第一秒内落下的距离为十六英尺。如果假设按距离的平方反比而变化，那么在月球上地球的引力应是六十平方（3600）分之一，或者说月球向地球每一秒内应落 $16/3600$ 英尺（或者说 0.00444 英尺）。月球真的按这个数字向地球坠落吗？这是不难验证的。月球环绕地球运行的轨道，周长是 2π 乘60倍的地球半径，而月球环绕地球一周所需的时间是27日7时43分11秒，或2360591秒，那么月球运行的速度是每秒 0.0001597 倍地球的半径。这个数字是不是与上面所求得 0.00444 英尺那个数字相合呢？为此，我们必须知道地球的半径究竟是多少。牛顿那时公认的数字是18,437,000英尺，而不是地球半径真正的数值（21,120,000

^① 牛顿的苹果树于1814年枯死，但早已用接枝法分植于世界各地。1964年有一枝被种在剑桥大学三一学院的牛顿园内。