

哈雷与牛顿的《自然哲学的数学原理》*

张 岚[†] 王 欣

(陕西师范大学物理学与信息技术学院 西安 710062)

摘 要 论述了牛顿《自然哲学的数学原理》的出版过程及哈雷彗星的研究对其的实践验证,从另一个角度展示了天文学家哈雷对物理学发展的贡献.

关键词 哈雷《自然哲学的数学原理》,哈雷彗星

HALLEY AND NEWTON'S *PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA*ZHANG Lan[†] WANG Xin

(Shaanxi Normal University, College of Physics and Information Technology, Xi'an 710062, China)

Abstract We describe how Newton's *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* was published and its experimental verification by Halley's comet research, thereby showing Halley's contribution to the development of physics from a different angle.

Key words Halley, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Halley's comet

17世纪英国著名的天文学家埃德蒙·哈雷(Edmond Halley)在天文学、数学方面做出过众多贡献,以他的名字命名的“哈雷彗星”使他名垂青史.然而,哈雷的贡献远远超过了他所从事的天文学研究领域,因为,是他说服牛顿将20年前就已开始思考的引力问题最终成熟、完善,是他全力促成牛顿《自然哲学的数学原理》(以下简称《原理》)的出版,同时对《原理》极力宣传并给予实践验证.这使得他的名字与《原理》永远地联系在一起,由此在西方科学史上占有重要位置.

1 哈雷与牛顿《原理》的出版问世

17世纪80年代,哈雷一直独立从事着天体力学的研究.1683年,他在研究开普勒第三定律的过程中,发现引起吸引作用的向心力与距离的平方成反比.但是,哈雷却无法证明这一点.在与胡克(Robert Hooke)和雷恩(Christopher Wren)讨论后仍未得到答案的情况下,哈雷于1684年8月赴剑桥向牛顿请教.他问牛顿:“假定行星到太阳的引力与其到太阳距离的平方成反比,行星该以怎样的曲线运动?”牛顿回答:“是椭圆.哈雷十分惊喜,他接着问牛顿:“你是怎么知道的?”牛顿回答:“我算出来的.哈雷立刻问

牛顿计算的方法.于是牛顿开始在抽屉里找他两年前的计算稿,却没有找到.但他答应重做一份给哈雷寄去.^[1]

3个月后,哈雷在伦敦收到了牛顿寄来的计算稿:一份九页标题为“论轨道物体的运动”的论文.看完这篇论文,哈雷以他敏锐的科学头脑立刻意识到这将是天体力学的一场革命,他毫不迟疑地再访剑桥劝说牛顿公布他的研究成果.1684年12月10日,他向皇家学会报告了自己的工作.“哈雷先生通报说他最近在剑桥见到了牛顿先生,后者给他看了一篇奇妙的论文‘论轨道物体的运动’.按哈雷先生的要求,该论文已蒙允送交皇家学会,一俟收到即正式登录.”^[2]

在哈雷的劝说与鼓舞下,自1684年8月后,牛顿专心于《原理》的写作,他对自己的手稿进行系统的整理,并对有些问题进行了重新的考虑.到1685年11月,九页的论文已变成了两卷专著.与此同时,哈雷经常地往返于剑桥与伦敦之间,支持着牛顿的创作.1686年4月21日,哈雷报告皇家学会,牛顿的专著可以付印了.然而此时,皇家学会经济上已陷入

* 2001-12-03收到初稿,2002-02-24修回

† 通讯联系人, E-mail: lqmail@263.net

困境,尽管发现牛顿的手稿十分重要,但已无力支付印刷的费用.5月19日,抓住学会全会的时机,哈雷再一次提出了牛顿书稿的出版问题.这一次,得到了学会的明确指示:由哈雷负责《原理》的出版印刷事宜,经费由哈雷自己解决.^[1]哈雷虽出生富门,然而,自1684年父亲过世后,家境已日渐衰落,但是,哈雷仍义无反顾地自费承担了《原理》的出版工作.

就在这部伟大的著作按程序一卷一卷地写作、修改、出版之际,风波又起.胡克提出,关于引力的平方反比关系以及某些主要思想是他首先提出的,牛顿不应该把这些功劳抢去统统归为己有.二人就此发生了激烈的争执,牛顿极为愤怒,不仅激烈地攻击胡克,而且写信给哈雷:“第三卷我现在不打算发表了.哈雷没有想到牛顿会如此意气用事,他立刻写信给牛顿:“先生,我现在一定要再次请求您稍遏怒火,不要让我们失去第三卷…….”在哈雷的斡旋和劝慰下,牛顿的怒火平息了下来,中断的写作继续进行.牛顿还在文中三次表示了他对胡克的感谢,并附加说明在“平方反比力”问题上“我同雷恩、哈雷与胡克都各自得出了这一结果”.然而,不计较名利的哈雷不声不响地改动了排名次序,在出版的书中,胡克的名字排在哈雷之前.^[2]

接下来的一年多时间,哈雷将全部精力投入到书稿的校对、印刷、出版等繁琐事物中.1687年7月5日《原理》使用拉丁文出版问世了.面对着这部32开,约500页,印刷精美的不朽巨著,哈雷欣慰地告知牛顿:“尊敬的先生,我终于完成了您的书,希望您能高兴…….”^[2]

对于哈雷的热忱支持和辛勤工作,牛顿在《原理》第一版所写的序言中做了答谢:“埃德蒙·哈雷先生是最机敏渊博的学者,他在本书出版中,不仅帮助我校正排版错误和制备几何插图,而且,正是由于他的推动本书才得以发表.因为他在得知我对天体轨道形状的证明之后,一直敦促我把它提交皇家学会.此后,在他们善意的鼓励和请求下,我才决定把它们发表出来.”^[3]

2 哈雷彗星与《原理》的实践验证

《原理》出版了,除牛顿本人外,没有人比哈雷更理解这部著作的丰富内涵.尽管哈雷预言:“千秋万代将赞美这部著作.”然而,牛顿的《原理》一开始并没有得到热烈的反响,不少人甚至还抱着怀疑或是反对的态度来看待牛顿提出的新力学理论,但哈雷

仍以自己卓有成效的研究工作继续着对《原理》的支持.

早在1682年,哈雷在访问巴黎天文台时,恰好遇上了那年的大彗星,他与台长卡西尼一道观测了这颗彗星,并计算了彗星接近太阳时的轨道,从此,他对这颗彗星一直念念不忘.《原理》出版后,牛顿在书中提出的彗星也服从万有引力定律的观点使哈雷感悟到:如果彗星是在一个以太阳为焦点的椭圆轨道上运行,那么,有朝一日它还会转回到太阳附近,地球上的人们可以再次看到它.基于这个想法,哈雷应用牛顿力学开始了彗星的研究.他首先确定了1337—1698年间出现的24颗彗星的轨道要素,以这些彗星的位置记录为出发点,查阅了前人的研究文献,发现开普勒于1607年观察到的一颗彗星与自己1682年观测的彗星描述相符,两次彗星出现的时间间隔是75年.如果75年是这颗彗星的周期,只要依此前推就可以找到它先前的记载.哈雷继续对照查证,又找到一颗出现于1531年的彗星与前两颗有极其相似的轨道,但是时间间隔却是76年.为什么这三颗彗星的记载和轨道如此相似但间隔时间却有差异呢?根据牛顿的引力理论,哈雷认为这是因为彗星围绕太阳运行时受到其他天体(如土星、木星)的引力影响,其运动轨道偏离了原来的轨道——即“摄动”的结果.由于“摄动”影响,彗星的运动会偏离原椭圆轨道,从而导致了运动周期的变化,因此它的每一次出现不可能遵循完全相等的时间间隔.

1705年,哈雷出版了《彗星天文学论说》一书,书中论述了他应用《原理》中的力学理论计算出1337—1698年间观测到的24颗彗星的轨道.哈雷指出,出现于1531、1607和1682年的三颗彗星应是同一颗彗星的三次回归,并大胆预言,这颗彗星一定会再次回来,回归的日期在1758年底到1759年初,时间间隔是76年.在《原理》第三版序言中,牛顿首肯了哈雷的研究,他说:“哈雷博士比以前更精确地计算了该彗星的椭圆轨道,沿此轨道,彗星穿越天穹九宫,其精确性与行星在天文学给出的椭圆上运行并无二致.”^[3]

76年的周期太长了,哈雷守望着天空,想象着这颗彗星在漫漫长途上沿着他计算的轨道孤独而行.他只希望,如果这颗彗星能如他所预言的那样再次出现,后人应当承认,这是一个英国人首先发现的.1742年1月14日,在格林威治天文台,面对着星空,哈雷平静地离开了人世.而此刻,他的彗星,正穿越茫茫太空,匆匆赶来.

1758年岁末,哈雷去世后的第16年,一颗拖着美丽长尾的彗星跃上昏黄的夜空,哈雷的预言实现了!世界各地的人们都仰视了这一天文奇观,人们不仅承认这是由一个英国人首先发现的,而且慷慨地称它为哈雷彗星!作为人类所确认的第一颗周期彗星,哈雷彗星的回归,说服了最后一批牛顿力学的怀疑者.不仅1758年,在以后的漫长岁月中,1835年、1910年、1986年,哈雷彗星都如期地回归过地球.科学的预言一次又一次地证实了牛顿理论的正确!

在近代自然科学史上,牛顿《原理》的出版具有划时代的意义.爱因斯坦曾赞扬说:“直到19世纪末,它一直是理论物理学领域中每个工作者的纲领.”哈雷不仅在生前促成了《原理》的出版问世,在

他身后,他的科学预言的实现又带给了《原理》无上的荣耀.哈雷以他杰出的才学和高尚的人品,为物理学的发展做出了重大贡献.

参 考 文 献

[1] The New Encyclopedia Britannica. Fifteenth Edition. By Encyclopaedia Britannica, Inc. Micropaedia. Volume 5. 644—645

[2] 韦斯特福著, 郭先林等译. 牛顿传. 北京: 中国对外翻译出版公司, 1999. 168, 190—191, 199 [Westfall R. Guo X L et al. trans. The Life of Isaac Newton. Beijing: China Translation and Publishing Corporation, 1999. 168, 190—191, 199 (in Chinese)]

[3] Isaac Newton 著. 王克迪译. 自然哲学之数学原理·宇宙体系 [M]. 武汉出版社, 1992. xviii, xxxvii [Isaac Newton. Wang K D trans. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica. Universe System. Wuhan Publishing House, 1992. xviii, xxxvii (in Chinese)]

·物理新闻·

煽动者与“罪犯的选择”(Demagogues and the Prisoner's Dilemma)

有一些局域的社会问题,如中学生的吸烟问题等,研究这类问题的模型被称为“小社会网络”模型.而在研究这些问题时,常采用一种称为“罪犯的选择”的游戏规则.它的基本规则是:在一对被俘获的罪犯中,若两人都没有承认错误,则两人均可获得自由,若有一人承认错误,那另一个人将会加重判罪.若两人都承认错误,则两人均可得到减免.这类模型的研究结果都会受到局部地区环境因素和媒体宣扬作用的影响,例如我们通常了解的某些名人的言行以及有些巫师的煽动都会助长社会群体的不稳定性.这种情况我们在民间暴动与宗教骚乱的历史事件中常屡见不鲜.

韩国 Ajou 大学、Chungbuk 国立大学、Seoul 大学和瑞典 Umea 大学的研究者们最近在二维平面点阵中进行了“小社会网络”模型的模拟研究,以 B. J. Kim 教授为首的研究小组着重研究有影响的强权人物将会对社会稳定起什么样的作用?他们在一个具有 1024 个格点的二维系统上,分布了有相互影响的个体,并随机地将这些个体标记为守法的合作者(如不吸烟者)和有缺点的破坏者(如吸烟者),然后让各个个体与他们的 8 个近邻按“罪犯的选择”规则进行相互影响,各个体可根据自己近邻的情况估算各种可能性,并给出相应的概率来选择自己是成为合作者呢,还是成为破坏者.为了研究强权人物的作用,研究小组对强权人物赋予了长程相互作用的效果,即他不仅可以影响其近邻,而且可以影响到远程的个体.在实际生活中,这些强权人物就是指某些名人的言行、宗教煽动者的鼓吹、媒体的宣传和互联网的传布等.通过模拟计算表明,强权人物对社会的不稳定性起着很重要的作用,若强权人物是一个破坏者的话,在他的影响下有许多的合作者将转变为破坏者,最后会造成整个网络发生崩塌.

这些研究说明,合作者群体的作用是促使社会系统保持与恢复平衡,但有了长程作用力的介入,社会系统恢复平衡的速度将会受到阻碍,从而助长了系统的不稳定性.当然这只是一个描述人类间相互影响的极其简单与粗糙的模型,但仍然显示出了一些非常有趣的结论,它表明长程作用是会破坏社会的稳定性的,但它却与我们直观的认为在不同国家,不同文化间进行交流是促进稳定的观念并不相一致.因此对社会科学的问题还需要作深入的探讨.

(云中客摘自 Phys. Rev. E, August 2002)