

·科学顿悟·
文/冀文伟

开普勒对行星运动定律的发现



本文作者 冀文伟,甘肃兰州市中学教师。
栏目主持人 潜伟,北京科技大学科学技术
与文明研究中心教授,《科学学研究》副主
编。电子信箱:williamq@263.net。

2009年是开普勒的《新天文学》问世400周年。就是在这部书中,开普勒首次阐释了行星运动第一、第二定律,促成了天文学的大进步,也为科学发展的带头学科从天文学转变为力学做了准备。

开普勒(Johannes Kepler, 1571-1630),德国天文学家,行星运动规律的发现者。他在大学期间就对天文学感兴趣,25岁那年完成了一部天文学著作《宇宙的奥秘》,公开出版发行。

在开普勒生活的年代,哥白尼学说早已问世。该学说主张太阳是宇宙中心,地球与其他行星一道围绕太阳运动。哥白尼学说挑战了教会支持的托勒密地心说,当时虽未得到普遍认可,但在其影响下,研究宇宙结构在学界已经蔚然成风。开普勒在其《宇宙的奥秘》中也对之做了探讨,并设计了一个独特的宇宙模型。他认为,宇宙有5颗行星,而自然界存在的正多面体也是5个,它们正好结合起来,一个套一个,形成稳定的结构。开普勒坚信,上帝是依照完美的数学原则创造世界的,行星和正多面体数字上的吻合并非偶然,他相信自己的构思。

尽管开普勒的构思非常巧妙,但该模型本身是错误的,不过开普勒在构造这个模型时所表现出的高超的数学才能和创见性的思想,却引起了第谷的重视。第谷(Tycho Brahe, 1546-1601),伟大的观测天文学家。他的观测资料丰富,正需要一位精通数学的学者来帮助自己处理这些

资料。在他的邀请下,开普勒于1600年来到布拉格,给第谷当了助手。

第谷的才能首先表现在观测方面,其观测精度之高,世所罕见。他对行星位置的测定,误差不大于0.067度,大致相当于钟表的秒针在0.01秒的时间内转过的度数。同时,第谷也构造了一个宇宙模型。第谷不接受日心说,因为他在观测中未发现支持日心说的直接证据——恒星视差现象,但也不赞成地心说。他设计了一个折衷方案:地球是宇宙中心,行星绕着太阳转,而太阳、月亮与恒星天球则围绕地球转。

开普勒与第谷没有共事多长时间,1601年10月,第谷得急病突然去世。去世前,他选定开普勒为其事业继承人,并要求开普勒在处理其观测数据时,要采用第谷体系,而不是哥白尼体系。

在分析第谷的观测记录时,开普勒发现,自己的得意之作——开普勒宇宙模型,毫无用处,他不得不将其摒弃。同时,不管是托勒密体系,还是哥白尼体系,甚至是第谷体系,都与第谷的观测不相符合。他决心查明这种不合的原因,揭开行星运动之谜。他首先从火星着手。这是因为,在第谷留下的数据中,有关火星的资料占了很大篇幅,而且火星的运行与哥白尼学说出入最大。开普勒按照传统的偏心圆求解火星轨道,进行了艰苦的计算,却总也找不到理想的方案。他得到的最好结果与第谷的数据相差8角分,相当于钟表秒针在0.02秒转过的角度。对这样小的误差,开普勒没有放过,因为他知道这超过了第谷观测的误差范围。他曾追忆说:“上天给了我们一位像第谷这样精通的观测者,应该感谢神灵的这个恩赐。一经认识这是我们使用的假说上的错误,便应竭尽全力去发现天体运动的真正规律,这8角分是不允许忽略的,它使我走上改革整个天文学的道路。”

在对火星的研究陷入停顿的状态下,开普勒另辟蹊径,转向对行星运动速度的研究。他发现行星在近日点和远日点时的速度与其到太阳的距离成反比。新的发现使他抛弃了行星有灵魂的想法,转而认为是某种像磁力那样的力支配着行星的运动。把力的概念引入对行星运动的研究,这标志着天文学开始向力学过渡。近代科

学大厦首先是在力学领域建造起来的,而开普勒为之铺下了第一块砖。

在新认识的基础上,开普勒重回对火星的研究。他大胆认为,火星速度变化与其到太阳的距离成反比,由此出发,他推断火星到太阳的连线在相等的时间内所扫过的面积也相等。他后来把这一结论推广到所有的行星,于是就得到了行星运动的面积定律,即开普勒行星运动第二定律:在同样的时间内,行星到太阳的连线在其轨道平面上所扫过的面积相等。

根据这个定律,开普勒进行了大量计算,结果表明,火星轨道不可能是圆形。为此,开普勒考虑火星轨道可能是卵形,但卵形与面积定律不符。后来他又想到椭圆,经过艰苦的计算以及“简直是发疯似的思考”,他最后得到了椭圆定律,即开普勒行星运动第一定律:火星围绕太阳在椭圆轨道上运动,太阳位于该椭圆的一个焦点上。

进一步的研究表明,椭圆定律适用于所有行星。这样,开普勒行星运动第一、第二定律正式问世。这一年,是1609年。十年后,开普勒再次提出了行星运动第三定律,即:所有行星椭圆轨道半长轴的立方跟其公转周期的平方之比是常数。

开普勒行星运动三定律意义非凡。过去人们在构造宇宙模型时,死守正圆和匀速圆周运动观念,由此导致了本轮、均轮、偏心圆、对心等极其繁琐的概念。有了行星运动三定律,这些概念统统失效,太阳系终于向人们展示了其真实面目,天空变得整洁有序。正因为如此,开普勒赢得了“天空立法者”的美誉。

开普勒发现行星运动三定律的过程,给我们以重要启示:首先,进行科学研究,不能迷信权威,要敢于打破传统。开普勒所挑战的,既有持续了一千多年的托勒密学说,也有新兴的哥白尼学说,更有其恩师第谷的体系,还有持续了近2000年的正圆观念。其次,还要敢于否定自己。开普勒对正多面体宇宙模型的抛弃、对行星有灵魂假说的抛弃,都表现了对自己的超越。第三,还要精益求精、坚持不懈。面对8角分的误差,一般人也许毫不在意,而开普勒则将其与第谷观测精度相比较,紧紧抓住不放,从而破解了行星运动规律。

(责任编辑 王芷)