

物理学史中的五月

1618年5月:开普勒发现太阳系的泛音
(译自 *APS News* 2019年5月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)



中世纪与文艺复兴时代的宇宙论皆由天体的“音乐宇宙”概念所主导,此隐喻很引人入胜,所以几世纪来激励了西欧大部分的艺术、音乐和文学。然而天文学家开普勒(Johannes Kepler)在他1619年的专著《世界的和谐》(*Harmonices Mundi*)中奠下了一个更如实的天体音乐,他主张太阳系的星球在绕着太阳运行中谱出它们的音调。

1571年12月27日,开普勒出生在德国现今司图加特市(Stuttgart)的西边。他祖父曾经是贵族镇长,父亲时家道中落,财富损失巨大,因此去当外国佣兵勉力维生,在开普勒只有5岁时就弃家庭于不顾。母亲是小旅店老板,也是一位草药商(此行业让她几年后被控告施行巫术)。开普勒是一个体弱多病的小孩,但他数学优秀,从小便喜爱天文学。他6岁时,母亲带他去看1577年大彗星,他后来很生动地回忆起他九岁时第一次观看月蚀,觉得那时月亮“看起来很红”。

开普勒曾罹患天花,病后视力不好,双手残废,粉碎了当他离家去上杜宾根大学(University of Tübingen)时,想成为观测天文学家的愿望。但是他的数学能力却好得让他可以掌握星球的理论。他在学校学到了托勒密和哥白尼的宇宙论,拥护哥白尼的学说。虽然他原先希望成为神职人员,但他却一毕业就在格拉兹(Graz)的一所学校当数学和天文学教师。

在格拉兹时,开普勒受到土星和木星周期性会合的启发,感受到像是天意一样顿悟宇宙可能的几何基础。他于是创造了一个模型,其中5个柏拉图

立体(正多面体)都装进一个球体内;假如把它们彼此套迭,可以得到6层,刚好对应当时已知的6个行星(水星、金星、地球、火星、木星和土星)。他将此结论收录在他的第一本天文著作《宇宙的奥秘》(*Mysterium Cosmographicum*)中,1596年出版,当时他年仅25岁。

虽然该书有一些错误,但还是引起知名的天文学家,包括第谷·布哈赫(Tycho Brahe)和尤色斯(Reimarus Ursus)的注意。布哈赫和开普勒有许多书信往来,信中布哈赫严词批评这位年轻天文学家的研究,包括开普勒依赖哥白尼不精确的数据。1600年,开普勒到布拉格附近正在新盖的天文台拜访布哈赫,慢慢地得到布哈赫的信任,可以使用他更精确的数据。开普勒后来搬到布拉格,当布哈赫的助手,当布哈赫过世后,便继任他为皇家数学家。

那时,开普勒对数学、音乐和物理世界之间的数字关系产生兴趣,开始这方面的研究,再次利用几何呈现他的概念。他相信几何“提供造物者装扮全世界的模型”,也希望以音乐来表示此和谐——一个哥白尼太阳系的“天体音乐”,正如托勒密在《谐音》(*Harmonics*)中一样。(和开普勒同时期的弗拉德,Robert Fludd,也发展出和谐理论,两人因此激烈争辩。)

行星和太阳最大和最小的距离并没依循调合比,但开普勒推论说,行星运转最快(收敛运动)与最慢(发散运动)的位置也许更适合与合谐律动做模拟。

因此,举例来说,土星最大与最小角速率的差别符合4:5的比例,对应于音程中的大三度,而木星

的差别是5:6的比例,或是小三度。火星是2:3,金星是24:25,地球则是15:16。开普勒解释这小和谐音阶的理由:“地球唱着 Mi, Fa, Mi,你甚至可以从音节推论,在这里,苦难(misery)[Mi]以及饥荒(famine)[Fa]一直都在我们家乡的生活中”。开普勒主张说,行星很难完全和谐地合唱,也许只有在宇宙创造的那一时刻才会发生。

火星和土星的收敛与发散运动的比例是不符合和谐模式的唯二音程,产生了18:19的不和谐比例(小行星带直到1801年才发现,因此并不计入开普勒的计算中)。虽然如此,此研究还是成了开普勒《世界的和谐》(*Harmonices Mundi*)一书的基础,1619年出版。书中第五和最后一章说明他发现行星的和谐运动。

最终,此研究成了开普勒第三定律,说明行星各自的轨道周期与它们和太阳距离的关系,一般的定义如下:行星绕恒星公转之周期的平方与行星到恒星之平均距离的立方成正比(至于第一和第二定律,开普勒在他前一本书《新天文学》, *Astronomia Nova*, 中有详细阐述)。在1660年代,开普勒第三定律(和惠更斯, Christiaan Huygen, 的离心力定理)帮



图1 开普勒《世界的和谐》书中的一页
(图片来源: Wikimedia Commons)

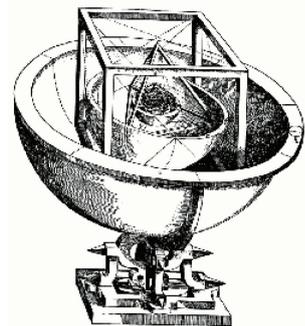


图2 开普勒在1596年《宇宙的奥秘》书中太阳系的柏拉图5个正多面体模型

助牛顿和哈雷证明了太阳和它的行星之间万有引力的平方反比定律。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心, 网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)



科苑快讯

恒星沿围绕银河系中心黑洞的运动再次验证了爱因斯坦广义相对论的正确性

阿尔伯特·爱因斯坦的广义相对论又一次通过了检验。经过近30年的监测,研究人员发现,距离银河系中心超大质量黑洞最近的已知恒星的轨道发生了微妙的变化,这种变化与爱因斯坦的理论完全吻合。

这颗名为 S2 的恒星,沿椭圆形轨道运行了16年。去年,它在银河系中心黑洞人马座 A* 周围200亿千米的范围内,接近了一次黑洞。如果艾萨克·牛顿关于重力的经典描述是正确的,那么 S2 应该沿着与它之前同样的路径穿过太空。然而,它没有。

相反,它沿着稍微偏离的轨道运行,椭圆轴也发

生了轻微偏移,一个欧洲南方天文台(European Southern Observatory)甚大望远镜(Very Large Telescope)的研究组在《天文学与天体物理学》(*Astronomy & Astrophysics*)期刊上发表了报告。

这一现象被称为史瓦西岁差(Schwarzschild precession),会导致 S2 在太空中描绘出螺旋状花朵图案——正如广义相对论所预测的那样。

(高凌云编译自2020年4月16日 www.sciencemag.org)