

美与天文学革命

吴 中 光

(福建师范大学物光学院 福州 350007)



著名天文学家陈建生在一次报告中,曾深情地吟诵:“宇宙是美丽的,艺术家感受它,是因为它很美;诗人感受它,是因为它很深邃;科学家感受它,是因为它能让人施展才华……”

的确,星空庄严而又绚丽,神秘而又和谐,令人陶醉、令人神往。仰望星空,常常会引起我们无尽的遐想和无限的激情,一种探讨宇宙奥秘的欲望会油然而生。

爱因斯坦认为,科学家从事科学探索的动机有三种类型,一种人爱好科学是因为科学研究给他们以超乎常人智力的快感,科学是他们自己的特殊娱乐,他们在这种娱乐中寻求生动活泼的经验和雄心壮志的满足;第二种人是为了纯功利的目的;第三种人,按爱因斯坦的看法,是素养极高的科学家,他们用一种审美的眼光透视自然界,常常为自然界永恒的和谐而陶醉,为描绘这种和谐而从事充满激情的探索。众所周知,科学家也好、画家、诗人、哲学家也好,都试图用不同的工具描画一幅尽可能简化和容易理解的世界体系。画家用的是线条、色彩,诗人用的是文字,哲学家用的是概念和原理,科学家则使用逻辑和数学。世界体系(cosmos)源于古希腊文,意思是宇宙、和谐秩序。大自然的和谐、统一是一种固有的美。因而,探求这种美,“渴望看到这种先定的和谐”,就成为科学创造活动中无穷毅力和耐心的源泉之一,上述第三种人才称得上“科学艺术家”,他们有志于探索宇宙的和谐,追求、创造着科学美。本文试图通过分析古希腊毕达哥拉斯,以及哥白尼、开普勒等等近现代对天文学革命和发展作出重大贡献的人物的科学美学思想来论述美与天文学革命的关系。

一、科学美学的大师——毕达哥拉斯:

音乐是数字而宇宙是音乐

毕达哥拉斯通过他的数学研究与声学的科研实践,第一次提出了自然界因其数的规律而和谐,“美是和谐与比例”的观点。哪里有数,哪里就有美,数是一切事物的本质,整个有规则的宇宙组织,就是数与数的关系的和谐系统,而且是一种和声。在这里他非常推崇和谐美的思想,认为和谐——它是音乐

的生命也是世界的生命。“音乐是数字而宇宙是

音乐”,和谐将音乐与宇宙统一在一起,而在这两个世界之间架起桥梁的是数字与数字之间的关系。

美与和谐既是他们所追求的科学美学思想,也是他们建立自然科学理论的原则,而且这一原则成为以后哥白尼与开普勒再次提出新的天文学见解的理论依据与信念所在。

考查科学史,可以说数的和谐原则是人类最早提出的一条科学美学原则,从这一科学美学原则出发,毕达哥拉斯学派认为:

1. 球形是一切几何立体中最完善的形体,天体和宇宙都应该是球形的,在所有的几何图形中,圆形是最完善的。高贵的天体,只有绕宇宙中心作匀速圆周运动才是最合理的。

2. 在所有天体中,地球最接近圆周中心,也是最贱的天体。离开中心越远的天体越高贵,运动速度也越慢。宇宙中心是一团火,地球每天绕着中心火走一圈,由于在地球和中心火之间有一种“反地”的东西存在,因而地球上的人是不能看到中心火的。在地球之外,依次是月亮、太阳、行星、恒星。月亮每个月绕中心火走一圈,太阳绕行的周期是一年,行星的周期更长。恒星位于极其遥远的地方,看上去似乎是静止的。

3. 毕达哥拉斯学派不但把数的和谐原则应用于音乐研究,而且还应用到对天体运动的研究,认为天体到宇宙中心的距离合于一定的数,这个比例和音阶之间音程的比例相同,即他们坚信天体在空间运动时会发出声音,音调的高低与运动速度有关,这样一来,天体的运行就构成了“天体的音乐”“宇宙的和声”,整个宇宙就是一首和谐乐章。人们之所以听不到这种美妙而和谐的音乐,是因为这些巨大的打击是如此的强烈,以至高到不可能透入我们的听觉器官,正如“你也可以试着直接凝视太阳,它的光线对你的眼睛来说太强而无法看到”一样。

毕达哥拉斯在他的哲学中区别开三种音乐:用后世的术语来说,器乐——通过拨动琴弦,吹响簧管等创造的平常音乐;人的音乐——由每个人的器官,

特别是心灵和身体之间的和谐(或不和谐)的回响所创造的连续但听不见的音乐;世界音乐——宇宙自身所创造的音乐,被人们称为天体的音乐。他对音乐理论的最持久的贡献是他发现了和谐音程之间的数学关系,那么,他是如何构想出天体的音乐的,从地球向外数到固定星星的最外层的天体,毕达哥拉斯将音程安排如下:

从地球到月亮是一个全音程;从月亮到水星是一个半音程;从水星到金星是另一个半音程;从金星到太阳是一个小调三度音阶,等于三个半音程;太阳到火星是一个全音程;火星到木星是一个半音程;木星到土星是一个半音程……

需要指出的是,毕达哥拉斯的科学美学思想,不仅对天文学的发展,而且对整个自然科学的发展都产生了极其深刻的影响。近现代自然科学的发展,如牛顿力学,普朗克的量子说,爱因斯坦的广义相对论等实际上正是遵循毕达哥拉斯的传统,当然从形式上变得更加精巧和深奥了。他对天文学发展的主要影响表现在:

1. 宇宙是有一定的规律的。毕达哥拉斯的科学美学思想直觉地感到自然界是和谐、统一、简单和明确的,而且还认为正如同数服从于一定的规律一样,宇宙也应当如此。数学是了解宇宙结构的一种重要方法和手段,是解开宇宙之谜的第一把钥匙。所以他大胆地认为:宇宙的结构是数及其关系的和谐体系,这个科学美学思想,正是他整个科学大厦得以建立的基础。

相信宇宙是有规律的,才有可能促使科学家前仆后继地寻找这种规律性。

2. 重视数学,且认为人们只有通过数学,才能领悟现实世界美的实质。他们认为,宇宙构造问题的核心是天体运动的规律问题,他们创立的球面几何,实际上就是数学化的天文学,在那里天体的实在运动又可以用几何学的知识来表示。他们还深信天体运动弹奏着一曲世俗的人们听不到的美妙乐章,而用比例关系就可以说明谐音产生的原因。音乐同数学一样,是解开宇宙之谜的第二把钥匙。

自然科学数学化的倾向,今天已经被看作科学发展的一个必然趋势,这也是现代科学美学追求的目标。

二、开普勒——宇宙和谐乐章:复调音乐

众所周知,哥白尼在1543年提出的“日心说”和开普勒发现的太阳系行星运动三定律,促使了近代

天文学的迅速发展。

哥白尼和开普勒之所以反对托勒密的地心说,而主张日心说,除了历法改革的需要之外,更主要是因为他们认为日心说在数学上更简单、更完美,因而更符合宇宙“奇妙的对称”和“美妙的和谐。”在哥白尼看来,一个科学理论要能够成立,就必须符合以下两个条件:第一是这一理论必须能够比较完满的解释自然现象,即要符合对天体运动的观察事实。第二是这一理论必须符合毕达哥拉斯关于天体运动是匀速圆周运动,行星运动应该是一种简单而和谐的天体几何学的科学美学原则。而且他认为第二条件比第一条件更重要。哥白尼正是根据这两个条件批评托勒密的地心说的。科学美学原则在哥白尼手中已经从毕达哥拉斯的天才猜测,转变为指导科学研究的方法了。

开普勒——伟大的天空律师,在年轻时就是哥白尼理论的忠实信奉者,这主要因为哥白尼的学说符合他所信奉的科学美学原则——简单、合理、和谐。他曾说过,“我从灵魂的最深处证明它是真实的,我以难以相信的欢乐的心情去欣赏它的美”。

哥白尼美妙的理论,深深地拨动了开普勒心中追求天体和谐的琴弦,他一直思考如何寻找天体在几何上的和谐关系,他的天体和谐观点的与众不同之处在于天体的音乐头一次被认为是复调音乐。

当时在物理学方面,伽利略尚未发明望远镜,但第谷的数据误差往往小于半弧分,比哥白尼的数据精确20倍,这使开普勒对第谷·布拉赫的观测资料的精度和可靠性十分信赖。因而,他产生了一个想法:希望根据哥白尼的学说,用数学形式再现第谷·布拉赫观察的结果。他用了八、九年时间,试图用哥白尼的关于火星偏心圆轨道来对照第谷·布拉赫测得的准确数据,结果,他做了70次数据测算,都发现了8弧分的误差。这个误差比哥白尼的误差小得多,但开普勒认为,第谷·布拉赫测定值的误差,最多只应有2弧分。尽管他十分喜爱哥白尼的圆周运动模型的美,但他能以科学家所特有的一丝不苟的态度,认为这8弧分误差反映出了哥白尼理论存在的问题。他不允许自己用一些无根据的假设去掩盖这个矛盾,而宁可痛苦地放弃天体运动一定是匀速圆周运动这一古已有之的美学原则。

开普勒一丝不苟的科学精神,虽然使他短暂地感受到失去美学感受的痛苦,但到头来却获得了更深刻的、更高级的美学享受。经过前后共18年的艰苦探索,开普勒终于发现了太阳系行星运动的三大定律。

第一定律又称椭圆路径定律。由于放弃了哥白尼的圆周运动,并用椭圆代替,这不仅非常符合第谷·布拉赫的观测数据,而且一举废除了极为复杂的描述行星运动轨道的偏心轮、本轮的组合,为人们提供了一幅太阳系极为简明的图像。实际上是用行星运动中的均匀的面积速度代替了古希腊人所坚持的均匀的线速度,仍然体现出行星运动的和谐。

第二定律又叫等面积定律。这是特别令开普勒高兴的一条定律。当初,他不得不痛苦地放弃匀速圆周运动时,他的美学追求似乎破灭了,但发现了这条定律之后,他满意了。因为等面积代替等距离,均匀性以另一种面貌出现,这种魅力并不亚于以前。这为他的关于自然界遵循数学规律的信念又得到了肯定。

1609年,在《新天文学》一书中,开普勒就公布了头两条定律。他虽然十分欣喜,但仍然感到不够满意,觉得各行星运动之间还缺少和谐的数学关系。于是,他又用了10年的时间发现第三定律。

开普勒揭示第三定律的过程,可以说是科学美学思想支持的结果。他坚定地认为数和数的和谐是有规律的,因此他用了10年时间,遨游于第谷丰富的观测资料之间。第谷的观测资料并不知道行星与太阳之间的实际距离,只知道各个行星距离的比例 D ,而各行星公转的周期 T 已被第谷详细地测定。在第谷这一堆看起来杂乱无章的数据中,是什么力量支持身体虚弱的开普勒坚持不懈地努力呢?也就是科学美学的力量——开普勒坚信毕达哥拉斯的科学美学观念:杂乱无章中有统一,不协调中有协调。

为了看出当年开普勒工作的情况和科学美学思想在科研中的重要作用,我们把当年开普勒的研究数据列在下面。其中天王星、海王星、冥王星的数据,是根据今天所测数据补充的。

	D	T	D^3	T^2
水星	0.387	0.24	0.058	0.058
金星	0.723	0.615	0.378	0.378
地球	1.000	1.000	1.000	1.000
火星	1.524	1.88	3.54	3.53
木星	5.20	11.86	140.61	140.66
土星	9.539	29.46	867.98	867.89
天王星	19.2	84	7077.89	7056
海王星	30.1	165	27270.90	27225
冥王星	39.5	248	61629.88	61504

由此可以看出: $T^2 = D^3$ 。第三定律的形式竟会如此地简单。开普勒觉得这正是他18年来一直想要探

求的东西。18年来,他坚信“天体的运动只不过是——一首歌,一首连续的、几个声部的歌。它只为智慧的思索所理解,而不能由听觉感到。这音乐,好像通过抑扬顿挫,根据一定的、预先设计的六声韵律进行,借以在不可计量的时间川流中定出界标”。认识到行星运动如此简单而美妙的定律,大大超出了开普勒原来的期望。开普勒在1619年出版了《宇宙和谐论》,正式公布了自己在10年探求中所取得的成就。

开普勒在《宇宙和谐论》中,把各个行星绕日的角速度与律音的频率相类比。一个行星绕日运行的周期,角速度要发生波动,因此它所对应的律音也随之变化。当这颗行星回到它出发点时,它所对应的律音也就恢复到它的初始频率。开普勒正是在毕达哥拉斯“天体音乐”的启示下,把行星运动的角速度翻译成星空的音乐,并把它配成乐谱,成为复调音乐。

从上面的讨论,可以看出在对待这种“次序与和谐”上,开普勒并不把这些美学当作原则,而是当作启发思维的方法,而且也不把这种方法奉为金科玉律。开普勒在科学探索中,能打破陈旧的美学思想,沿着“和谐—不和谐—和谐”的方向揭示新的美学内容,所以,他才能苦尽甜来,成为伟大的科学家和思想家。

三、简单、对称、和谐、统一——现代宇宙学进展

现代宇宙学的成就雄辩地说明了坚持宇宙在大尺度上简单、对称、和谐、统一的美学观念的重要性。

简单性 在相对论诞生之前,万有引力定律是描述宇宙体系的基本定律,人们坚信宇宙万物之所以能够联系在一起,并处于相互作用之中,其基本原因就在于引力的作用。事实上,宇宙已被看作是一个简单的引力场,宇宙间的一切物体以及空间位置,都可以从万有引力定律的微分形式——泊松方程来求解。海王星的发现,就是这一光辉思想的胜利。

相对论的诞生,根本上改变了牛顿以来的宇宙时空观,人们发现有引力场存在的空间并不是平直的欧几里得空间,而是一个弯曲的黎曼空间。但引力所造成的时空弯曲,物质与空间几何度规的联系,仍然可以由一个充分体现了逻辑简单性的爱因斯坦引力场方程来反映。

对称性 现代宇宙学中的绝大多数宇宙模型,都是在宇宙学原理的基础上发展起来的。所谓宇宙学原理,就是关于宇宙物质分布的均匀性和各向同性的假说,一切点就其平均来说是等效的,其平均密度到处一样。另外,哈勃在发现哈勃公式时得出,星

爱因斯坦和他的“科学院”

谢 潮 涌

(浙江省丽水学院物理系 323000)

阿尔伯特·爱因斯坦,公认的 20 世纪最伟大的科学家,也有不少学者认为他是过去的 1000 年间对人类影响最为深远的历史人物。他是 20 世纪初科学革命的先驱、狭义相对论和广义相对论的创建者,量子论的奠基人之一,现代宇宙学的开创者,激光技术的理论先驱;同时,他又是一位富有探索精神的哲学家和坚持独立批判精神的思想家,一位具有强烈社会责任感,终生为和平、民主、自由和人权而斗争的世界公民。按照诺贝尔奖的评奖标准,他一生的科学贡献应该至少得到 7 个诺贝尔物理学奖,此外还可以得到一个诺贝尔和平奖。而他的贡献是在瑞士伯尔尼伴随着一个叫“奥林匹亚科学院”的科学讨论团体的发展开始的,爱因斯坦本人在晚年的时候,曾经多次试图总结他的一生,而伯尔尼时代无疑是他一生中最为怀念的黄金时代,这在 1953 年他写给当时这个团体的一位重要成员索洛文的信中可以看出。这封信全文如下:

致不朽的奥林匹亚科学院:

你在自己短暂的生涯中,曾以孩子般的喜悦,赞赏一切明朗而有理性的东西。我们创立了你,为的是要同你的那些傲慢的老大姐们开玩笑。多年细心

系的退行速度和它们距离之间的正比关系,并不需要观测者处于宇宙某一个典型位置上,这是宇宙均匀性的一个间接证明。宇宙微波背景辐射的发现,更说明坚持宇宙均匀性或对称性是现代宇宙学得以迅速发展的重要支柱。

和谐性 现代宇宙学的研究有力地推动了人们对宇宙的结构和演化的认识,把过去的哲学问题变成今天的科学问题。观测表明,大尺度宇宙存在系统的红移,处于整体的膨胀运动,微波背景辐射的各向同性,化学元素的成分和氦丰度的大体接近……所有这一切,反映了大尺度宇宙的统一特征。这些统一特征是宇宙演化规律的外部表现,其内在的根源则是宇宙本身的和谐。

统一性 微观世界与宏观世界理论的统一:粒子天体物理学的诞生。众所周知,天体物理的研究

的观察使我确信,我们是多么正确啊。

你的全部 3 个成员都表现得坚忍不拔。虽然我们现在都已经有点老态龙钟,但是你那纯朴天真的朝气所焕发的光芒,至今仍然照着他们孤寂的人生道路,因为你并没有同他们一起衰老,而是像莴苣根那样蓬勃茂盛。

我们永远忠于和热爱你,直至学术生命的最后一刻。

现在仅仅是通讯院士的 A·爱因斯坦

写于普林斯顿

而我们在这里给大家介绍的就是这个让伟大的爱因斯坦都有点孩子气的团体。

“科学院”的形成

1900 年的秋天,爱因斯坦在瑞士联邦工业大学毕业了,但由于他的学习态度给他的老师韦伯教授没有留下什么好印象,所以没能如愿像其他三位同学一样留校任教。接下来的一年多的时间里,他一直为了生计而奔波,经常能为有一份菲薄的收入而高兴。直至 1901 年底的一天,他的女友米洛娃遇到了他所在学校的那个瑞士朋友格罗斯曼,给他的生活带来了转机。格罗斯曼把爱因斯坦的情况告诉了

对象是尺度范围很大、质量也很大的星球。而粒子物理学研究对象是尺度范围和质量范围都很小的粒子。这两门研究对象完全不同的学科从 20 世纪 80 年代开始奇迹般地统一为一体,诞生了一门新学科:粒子天体物理学。这个新理论建立既是由于以相对论为基础的现代宇宙学的发展,也是由于以粒子物理学为基础的统一场论发展的结果。科学研究充分证明,要很好地解决 20 世纪末的两朵乌云——夸克幽禁和对称性破缺,很好地解决粒子物理学与现代宇宙学的自身问题,出路只有一条,就是建立这两门学科的统一理论。

天文学发展证明,只要我们在对宇宙的探索中,坚持宇宙和谐的美学信念,坚持宇宙演化的历史和逻辑的统一,即坚持真和美的统一,必将引导我们走向新的胜利!

现代物理知识