

永恒的魅力(连载十四)

陈青华

姜水根

(浙江宁波效实中学 宁波华茂外国语学校 浙江宁波效实中学)

千百年来,由于人类对宇宙的好奇,进而对神秘宇宙的探索从未间断过。面对着包罗万象的宇宙,人们不禁要问:宇宙由什么组成?整个宇宙是什么样子?宇宙有个开端还是一直存在?宇宙有终结的一天吗?……宇宙之谜历久而弥新,它一直吸引着人类历史上最聪明、最优秀的头脑去思考、去探究。德国哲学家康德说:“有两样东西,我们愈经常愈持久地加以思索,它们就愈使心灵充满新奇的、有加无已的景仰和敬畏:在我之上的星空和居我心中的道德法则。”康德的话,道出了人类对宇宙真理的持久不懈的追求。

一、从朴素宇宙观到哥白尼学说

在古代,人们根据日常的生活经验,通过想象构造出各种各样的宇宙模型。古埃及人认为,宇宙像一只方形大箱子,地是略呈凹形的箱底,天是有些隆起的箱盖,支撑在从大地四角升起的四座大山顶上。古印度人想象大地形似倒伏的大碗,由4头大象承载着,大象站在护持神毗瑟拿化成的海龟背上。在我国古代,人们提出了盖天说、浑天说和宣夜说三种宇宙模型。盖天说,即天圆地方说(天圆如张盖,地方如棋局),民歌《敕勒川》中说:“天似穹庐,笼盖四野”,正是天圆地方的形象写照。盖天说只是凭感性的观察,又掺入了许多人为的规定,而得到的一个简陋的宇宙模型。相比之下,浑天说要比盖天说进步得多。浑天说主张大地是个球形,外面裹着一个球形的天穹,地球浮于天表内的水中。汉代天文学家张衡在《浑天仪图注》中说:“浑天如鸡子,天体圆如弹丸,地如鸡子中黄,孤居于天内,天大而地小。天表里有水,天之包地,犹壳之裹黄。天地各乘气而立,载水而浮……天转如车毂之运也,周旋无端。其形浑浑,故曰浑天。”浑天说的优点在于能够近似地说明日月星辰的运行情况,能对一些天象做出预言。宣夜说则认为“天”并没有一个固定的天穹,而只不过是无边无涯的气体,日月星辰就在气体中飘浮游动。宣夜说自然观的基础是元气学说,战国时代人们把宇宙万事万物的本源归结为“气”,这气可以上为日月星辰,下为山川草木。就其宇宙结构理论来说,宣夜说提出了一个无

限的宇宙,达到了较高的水平。

古希腊早期的宇宙模型类似于我国古代的盖天说。在古希腊人的想象中,大地是由“大洋之河”团团围住的圆地,“汹涌的河水在丰饶的大地边缘上翻滚,在海洋的边缘上,张起了圆形的天幕似的天穹”。在古希腊早期的地图上,从地中海通向大西洋的直布罗陀海峡处,画着希腊神话中的巨人安泰,左手举起的警示牌写着:“到此止步,勿再前进!”当时的人都相信,船到大西洋就会随同海水一起跌进无底深渊。

毕达哥拉斯从美学角度首先提出大地是球形的。大约在公元前340年,古希腊哲学家亚里士多德在观察月食时忽然发现,在月食的全过程中,地球在月亮上的影子总是圆形的。亚里士多德认为月食是由于地球运行到太阳与月亮之间而造成的,若地球为方板,则其投影不可能为圆形;若地球为圆盘,则只有当月食发生在太阳正对圆盘中心之时,投影才能为圆,一旦过了此时,影子就会被压缩为椭圆形。地球在月亮上的投影总是圆的,这只有在地球本身为球形的前提下才能成立。由此,亚里士多德得出了地球既不是方平板、也不是圆平盘,而是一个球的结论。另外,希腊人从旅行中发现,在越往南的地区看星空,北极星就越接近于地平线,亚里士多德曾根据这一现象估算了地球的大小。而古希腊文化时代的埃拉托色尼甚至精确测量出地球的大小。他发现,在塞恩(今埃及阿斯旺)的夏至那天正午,太阳正临头顶,阳光直射井底。与此同时,在它的正北方920 km外的亚历山大港,立地的长棒与太阳照射方向成 $7^{\circ}12'$ 。他认为太阳很远,光线可以看成是平行的。经简单的几何运算,他推算出地球圆周长为39 600 km,同现代值仅差400 km,相对误差只有1%,真让现代人惊叹不已!

虽然在古希腊有人设想过宇宙的中心不在地上,如毕达哥拉斯学派认为宇宙的中心是一团火,古希腊天文学家阿里斯塔克也曾提出过朴素的“日心说”。但是绝大部分的人们,包括像亚里士多德这样知识渊博的哲学家,还是认为地球是宇宙的中心,大地是静止

的,日月星辰都绕地球做最完美的匀速圆周运动.人们在大地上观察天体的运动,发现夜晚的星空随季节发生有规律的变化,大部分的星星似乎是镶嵌在天球上,相对位置从不发生变化,人们把它们命名为恒星.少数的几颗星却会相对于天球发生运动,人们把它们命名为行星.公元2世纪,古希腊天文学家托勒密发展了亚里士多德的观点,认为地球虽然是一个球体,但地球不动,处于宇宙的中心,包围着地球的是月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星和固定恒星这8个天球,8个天球都以圆周为轨道,围绕着地球转动,这就是“地心说”的宇宙观.由于行星的运动比较复杂,托勒密就用本轮和均轮的机械模型来拟合行星的运动.这是一个相当精致的宇宙模型,用这一宇宙模型,人们可以比较准确地预言日月星辰的运动情况以及发生日食和月食的时间.

亚里士多德——托勒密宇宙模型是一个实用的宇宙模型,它符合人们的日常生活中对世界的体验和感觉,根据它编制的星图,对当时的天文观察及航海活动都有指导意义.由于观测技术的发展及航海实践的需要,人们对行星位置的观测数据的精度越来越高,数据精度的提高使得人们利用托勒密的宇宙模型来拟合行星运动时,不得不增加本轮的数目.随着行星的本轮数不断增多,最终使托勒密的宇宙体系变得十分庞大而复杂.

哥白尼对日趋复杂的“地心说”宇宙模型很不满意,他潜心研究了行星的运动,在《天体运行论》一书中提出了以太阳为中心的宇宙模型,建立了“日心说”的宇宙观.在哥白尼的宇宙体系中,恒星和太阳都是不动的,而地球和其他行星一样绕太阳转动,并以此为基础通过参考系的变换和相对运动来说明我们观察到的天文现象.相比之下,在描述行星运动方面,哥白尼的宇宙体系比起托勒密的体系要简单和谐得多.

哥白尼的天文学革命带动了一系列观念上的变革,它转变了宇宙的中心,使原来处于宇宙中心的地球变为只是太阳系中一颗普通的行星.就日常生活而言,人们习惯于不动的大地,习惯于日月星辰的东升西落,习惯于把地球作为宇宙的中心.但是人类的理性对宇宙的认识不会被局限在日常生活的经验中,不会止于只对宇宙作直观而感性的描绘,随着人类实践能力的提高,实践范围的扩大,人们对宇宙的认识必然要向前发展.哥白尼的日心说在对宇宙结构进行考察时扬弃了感性直观而代之以理性思考,因而比地心说更接近真理.

二、从存在到演化

哥白尼之后日心说得到了进一步的发展.布鲁诺拥护哥白尼的日心说,并认为宇宙是无限的,茫茫宇宙

没有什么“中心”.第谷虽然反对日心说,但他却对行星的运动做了大量精密的观测,积累了丰富的行星运动的观测数据.开普勒继承了第谷的观测数据,在对火星运动的数据进行研究分析后于1609年得出了行星运动的第一、第二定律,又经10年的努力,终于得到适用于太阳系所有行星的开普勒第三定律,使哥白尼的太阳系模型又向真理逼近了一步.1608年,荷兰的眼镜匠利帕希造出了第一架望远镜,伽利略得到消息后也自制了一架望远镜.利用这个望远镜,伽利略发现月亮表面有山峰和洼地,高低不平,并不是完美无缺,发现了木星有四颗卫星,它们绕木星转而不绕地球转,他还发现银河是由大量恒星组成的.伽利略把他用望远镜观察到的新天象写成《星际使者》一书,在当时的知识界引起了巨大的反响,从而使得哥白尼的日心说一下子深入人心.

哥白尼、开普勒、伽利略等科学家通过观察和研究解决了“天体怎样运动”的问题.接下来的问题是:天体为什么会这样运动?起初人们用“和谐”“完美”等来解释天体的运动.1600年英国的医生威廉·吉尔伯特提出:“使行星维持在轨道上是一种磁性的力”;1645年法国天文学家布里阿德提出:行星和太阳之间的“开普勒力”的减小与距离的平方成反比;1666年意大利物理学家玻利列根据对行星运动和木星的4个卫星的观察,指出:“天体间必然存在着一种使之相互接近的自然倾向力”,这种力必随天体间距离的减小而增大,力是距离的某种幂函数.在惠更斯关于离心力研究成果的基础上,英国皇家学会的胡克、天文学家哈雷和数学家雷恩各自独立地得到:如果把行星的运动限定为圆周运动,则行星所受到的太阳的引力与距离的平方成反比.

牛顿总结了前人的成就,建立了力学的三大定律和万有引力定律.根据这些定律和严密的数学推导,牛顿把行星绕日的椭圆运动、神秘彗星的运动、月亮和其他行星的卫星的运动及苹果落地的运动都统一到他的力学体系中.从哥白尼的日心说发展到牛顿的力学体系,科学获得了巨大进步,牛顿最终建立起一个由力统治一切的科学理论.

牛顿的理论被成功地运用到研究天体的运动上,它能近乎完美地说明行星的运动.不仅如此,根据牛顿的万有引力定律,人们还预言了海王星的存在,并计算出其轨道.恩格斯对此给予了高度的评价:“哥白尼的太阳系学说有三百年之久一直是一种假说,这个假说尽管有百分之九十九、百分之九十九点九、百分之九十九点九九的可靠性,但毕竟是一种假说;而勒维列从这个太阳系假说所提供的数据,不仅推算出一定还存在一个尚未知道的行星,而且还算出这个行星在太空

中的位置的时候,当后来伽勒确实发现了这个行星的时候,哥白尼的学说被证实了。”马克思主义的经典作家在这里充分肯定了牛顿理论的真理性。

牛顿的宇宙理论是一个自治的、描述存在的理论,太阳系的存在就是太阳系中的所有天体都沿着既定的轨道运行,在牛顿看来,各个天体从上帝那里获得第一推动后就一直按他的力学规律运转着,并将永恒地运转下去。而按照引力理论,牛顿意识到恒星应该相互吸引,如果宇宙是有限的话,有限颗恒星分布在一个有限的区域里,恒星就不能保持不动,否则恒星就会一起落到它们的引力中心。所以牛顿推断,如果宇宙是无限的,存在着无限多颗恒星,它们大体分布于一个无限的空间,恒星就可以保持不动了。这样,牛顿就建立了一个无限的静态的宇宙模型,这个宇宙模型和牛顿的绝对时空观相一致。

康德对牛顿引入的第一推动进行了批判,在说明太阳系是怎样形成时,康德抛弃了上帝的第一次推动,而运用牛顿的引力理论和他自己的斥力的概念(后来拉普拉斯用角动量守恒进行分析),提出了太阳系形成的星云假说,认为太阳系并不是从来如此,而是有一个演化的过程。恩格斯对星云说给予高度的评价,赞扬康德在“僵化的自然观上打开第一个缺口”,认为“在康德的发现中包含着一切继续进步的起点。如果地球是某种逐渐生成的东西,那么它现在的地质的、地理的、气候的状况,它的植物和动物,也一定是某种逐渐生成的东西,它一定不仅有空间中互相邻近的历史,而且还有在时间上前后相继的历史。”

1718年,英国天文学家哈雷通过观测和分析,首次指出恒星不动的概念是错误的。德国天文学家赫歇尔首创用取样统计的方法,用望远镜数出了天空中大量选定区域的星数以及亮星与暗星的比例,于1785年首先获得了一幅扁而平、轮廓参差、太阳居中的银河系结构图,从而奠定了银河系概念的基础。后来人们发现太阳不在银河系中心,并发现了银河系的自转和旋臂,银河系概念最终确立。康德进一步指出,在整个宇宙中存在着无数个像银河系这样的天体系统。太阳系作为银河系的一个组成部分有一个生成演化的过程,推想可知银河系也应该有一个生成演化的过程,从而推得整个宇宙其实并不是从来如此,也应该有一个演化的过程,所以康德的宇宙论是演化的理论。从存在到演化,是人类在认识真理的道路上取得重大进步的标志。

三、永恒的魅力

人们在探索宇宙奥秘的过程中,最大的幸福莫过于发现了真理。到19世纪末,经典物理理论获得了全面的发展,形成了以经典力学、电磁场理论和经典统计力学为三大支柱的理论体系,这个体系已经达到了相

当完整、系统和成熟的地步。因而人们乐观地认为,物理学已经充分掌握自然界的基本原理和方法。相当多的物理学家深信,已经发现的物理定律是适合于任何情况的,是永远不会改变的,今后的工作无非是把以不变的原子概念为基础的物质力学理论同以充满连续弹性介质为基础的以太理论结合起来,这一步工作一旦完成,物理学的大厦就建成了,剩下所需要做的只是将物理常数的测量往小数点后面移几位而已。这就是说,当时的物理学家们认为人类已经接近于发现了最基本、最主要、最具有决定意义的宇宙真理。

但是英国科学家开尔文指出:在物理学晴朗的天空中还存在两朵乌云,第一朵乌云是以太漂移实验,第二朵乌云是黑体辐射的“紫外灾难”。正是这两朵乌云引发了世纪之交的物理学革命,前者导致相对论的建立,后者导致量子理论的建立。

爱因斯坦于1905年建立狭义相对论,统一了经典的力学和电磁学,并于10年后又建立广义相对论。爱因斯坦的相对论理论彻底地改变了牛顿的绝对时空观,同时也改变了牛顿的宇宙模型。1917年,爱因斯坦运用他刚创立的广义相对论建立了一个“静态、有限、无界”的宇宙模型,奠定了现代宇宙学的基础。1922年,弗里德曼发现,根据爱因斯坦的场方程,宇宙不一定是静态的,它可以是膨胀的,也可以是振荡的,前者对应于开放的宇宙,后者对应于闭合的宇宙。1927年,勒梅特也提出了一个膨胀宇宙模型。1929年,哈勃发现了星系红移与它们的距离成正比,也就是说,越远的星系正以越快的速度远离我们,这就是著名的哈勃定律。哈勃的发现是对膨胀宇宙模型的有力支持。根据宇宙膨胀理论,如果回溯宇宙的过去,在过去某一个时刻,宇宙可能处于一个极高温度和极高密度的状态。1942年,伽莫夫提出,约在140亿年前宇宙由一原始火球发生爆炸而产生,并开始膨胀,这种宇宙模型被称为大爆炸宇宙模型,这个模型说明宇宙有一个诞生和演变的过程。

人类研究宇宙是从两个方向进行的:一个方向是如上所述的从宏观研究宇宙的结构,另一个方向是从微观研究宇宙的组成。古希腊的哲学家讨论了世界的本原问题,如泰勒斯的水,赫拉克利特的火,德谟克利特的原子等,他们探讨问题的观点与方法至今仍值得我们借鉴。19世纪的时候,人们建立了科学的原子论,当时人们普遍地认为原子是组成物质的最小单元。但是19世纪末,汤姆生发现了电子,预示着原子有内部结构。1911年卢瑟福通过 α 粒子散射实验建立原子的核式模型。1900年普朗克首先提出量子理论,1905年爱因斯坦提出光子说,指出光具有波粒二象性。1913年玻尔把量子论引入到原子结构中,完美地解释了氢

光谱。1924年德布罗意提出物质波概念,最后海森堡、薛定谔等人建立起量子力学,取代了牛顿力学,成为描述微观粒子运动的更好的理论。人们通过研究又发现原子核是由质子、中子组成的,原子核可以发生转变。原子核组成的发现并没有使世界变得复杂,而是变得简单了,因为组成物质的基元不再是过去的几十种元素,而只有中子、质子、电子和光子这四种粒子,人们把它们称为基本粒子,其意思是它们就是世界的终极组成了。在宇宙物质的组成上,人们又一次认为人类已经发现了绝对真理。

狄拉克在建立相对论量子力学时,通过解方程发现电子不但有正的能级,而且还应该有负的能级。按照电子的填充原则,电子应先填满能量低的、负的能级,但是人们在实验中发现的电子都处在正的能级上,这是与狄拉克的理论相矛盾的。狄拉克没有回避他的理论中存在的这一困难,他不是改变他的理论,而是大胆假设物理真空态就是负能级被电子填满的状态,当处于负能级的电子受到激发时,便会跃迁到正的能级上来,这时在电子原来的能级上就会留下一个空穴,这个空穴的质量与电荷量都与电子相等,但所带的是正电,这就是狄拉克所预言的第一个反粒子——正电子。后来人们果然在实验中发现了正电子。

大型加速器的建成使得人们对基本粒子了解得更多、更全面,人们发现除电子、质子、中子这些最常见的基本粒子外,还有更多的基本粒子,并且所有基本粒子都有反粒子。大部分的基本粒子寿命都非常短,会立即衰变为中子和质子,自由中子的寿命也不长,最后也会衰变为质子,质子才是基本粒子中的长寿星,它的寿命不小于 10^{31} 年。基本粒子不再基本,它们可以发生嬗变,正反粒子相遇就发生湮没,转化为一对或更多的光子,而两个能量非常高的粒子碰撞后则可能产生更多的粒子。根据狄拉克理论,真空不再是真的空空如也,有能量就可以激发物质。根据海森堡的不确定原理,能量有涨落,并且空间区域越小,能量涨落就越大,所以在足够小的空间内,有极大的能量涨落,这些能量使各种正反粒子对得以生成,所以真空中实际上充满了正反粒子对,人们只是无法探测到这些粒子而已,一旦外界有能量输入,这些正反粒子就可以被分离出来而被探测到。

宇宙如何从大爆炸中诞生?众多的星系如何生成?随着对基本粒子研究的进展,科学家们正在给出越来越清晰的宇宙诞生的景象。现在科学家在高能粒子加速器上进行的粒子碰撞实验就是在模拟宇宙开创之初的反应,通过分析与计算,半定量地描绘了宇宙创生时的情景。大爆炸宇宙理论实际上是科学家们从宏观和微观两个方向上研究成果的结晶,它指出:宇宙创

生之初,用 10^{-44} s发生大爆炸,到 10^{-36} s空间形成,温度是 10^{42} K,以后,空间尺度迅速增大,宇宙的温度不断降低,到创生后3 min,宇宙的温度降到1亿度以下,创生约十亿年后,星系开始形成并逐渐演化至今。不仅如此,根据该理论的预言,宇宙中氦的丰度为25%到33%,理论计算与探测到的结果一致。根据这一模型,伽莫夫还预言,目前应能观测到宇宙空间残存着温度很低的背景辐射。1965年微波背景辐射的发现证实了这个预言。从此,许多人把大爆炸宇宙模型看成标准宇宙模型。1980年,美国的古斯在热大爆炸宇宙模型的基础上又进一步提出了暴涨宇宙模型。这一模型可以解释目前已知的大多数重要的观测事实。

大爆炸宇宙学并不是神话,不是宗教,它是建立在实验基础上的科学理论。科学的发展,使得上帝的观念最终被抛弃,宇宙的创生并不需要上帝的参与,宇宙也有一个诞生、发展、终结的过程。追求宇宙真理的人类也是宇宙演化的产物,现在的科学家们在研究宇宙的时候,已不再把人类只看做是外在的观察者,而是把人类作为宇宙的一分子而对宇宙进行研究,人们力图在说明宇宙如何生成演化的同时,说明人类自身的发展。

宇宙的存在与发展是客观的,但是人类对宇宙的认识是主观的,当两者一致时,人们获得了相对真理。随着人类实践能力的不断增长,人类对宇宙的认识不断地发生变化,不断地从相对真理向绝对真理逼近。庄子曰:“吾生也有涯,而知也无涯”,人类对宇宙的认识不会止步。神秘的宇宙具有永恒的魅力,在探索宇宙真理的道路上,科学家们正如屈原在《离骚》中所说:“路漫漫其修远兮,吾将上下而求索。”

参考文献

- 1 恩格斯著,曹葆华、于光远、谢宁译,中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局校订。北京:人民出版社,1971
- 2 吴国盛.科学的历程。北京:北京大学出版社,2002
- 3 史蒂芬·霍金,许明贤,吴忠超.时间简史——从大爆炸到黑洞。长沙:湖南科学技术出版社
- 4 向义和.大学物理导论。北京:清华大学出版社

(连载完)

编后语 本刊从2004年1月开始的近一年半的时间里,开辟了“科学和哲学论坛”这个专栏,连载了从“怎样看待古希腊哲学”到“永恒的魅力”等15篇论文。这些文章结合物理科学的具体知识从多方面揭示了科学和哲学的内在联系和区别,阐述了高中物理各个领域的哲学背景及其所蕴含的科学思想。希望这些论述能引起广大教师在物理教学领域中对哲学问题的关注,并欢迎大家参加讨论。姜水根、陈青华等老师还在思考物理科学与其他领域相关的问题,我们期待着他们另一个论坛的诞生,届时请广大物理教师关注本刊。