

S. W. 霍金

有位著名的科学家(据说是罗素)曾发表了一次关于天文学的演讲。他描述了地球怎样绕太阳轨道运行,太阳又怎样绕着被称为银河系的巨大的星团的中心轨道运行。演讲结束时,坐在后排的一位老年妇女站起来说:“你所讲的都是废话,其实这世界象个支撑在巨大的龟背上的平盘。”这位科学家蔑视地笑了

笑,然后问道:“龟站在何物之上?”“你很聪明,年轻人,非常聪明”,老年妇女答道:“如果这样的话,龟也要掉下去了!”

许多人都发现,如果宇宙的图象象个无限的龟壳,那是相当荒谬的,但我们凭什么认为我们对宇宙的认识要比别人更好呢?我们究竟对宇宙又了解了些什么呢?宇宙源于何处,它正奔向哪里?宇宙是否有起源,如果有的话,在形成宇宙之前又发生了什么事?时间的本质是什么?时间会有终点吗?近代物理学的一些突破性进展,通过奇妙的新技术,可以对这些长期悬而未决的问题给予部分地解决。总有一天,这些答案对

我们来说,似乎就象地球绕着太阳转这样明显——也许就象人们认为地球象龟壳那样感到荒谬一样。

早在公元前 340 年,希腊哲学家亚里斯多德,在《论天》(On the Heavens)一书中就提出两个很好的论证,认为地球是圆的,而不是平的。首先,他认为月食是由于地球处于太阳与月亮之间所引起的。地球在月亮上的影子总是圆的,而只有地球是圆的,这影子才能得到说明。如果地球是平的,那么影子将是斜长的椭圆,除非月食总发生在太阳直射平盘中心。另外,希腊人从游记中得知,在南方看起来,北极星在空中的位置要比靠北极地区看起来低一些(因为北极星位于北极上空,从北极的观察者看来,北极星就在他的头顶

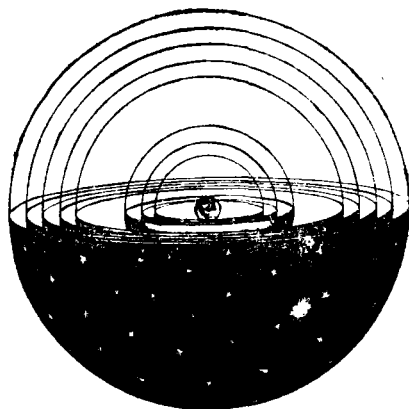


图 1

上。但赤道上的人看来,它好象正位于地平线上)。从在埃及和希腊看起来北极星位置的明显区别上,亚里斯多德甚至得出一个判断:围绕地球一周的距离是 400 000 Stadia。我们尚不能精确地知道 1 Stadia 是多长,可能相当于 200 码,亚里斯多德所估计的数字是现在公认数字的两倍。希腊人甚至还有第三个论证,那就是当人们看一艘地平线上驶来的船时,第一眼他所看到的是船帆,尔后才见到船体。

用,生物膜的物理特性(如流动性、离子和小分子通透性等)与功能(物质、能量和信息的转换)的关系,重点有:植物光合作用原理、线粒体内膜电子传递与氧化磷酸化过程,膜上的离子泵和离子通道的结构与功能等。细胞水平研究重点是细胞骨架的结构与功能。

神经、肌肉和感官系统的生物物理:研究它们如何接收外界信号,如何对生物电信号进行传递和处理,以及大脑的复杂功能的生物物理现象和特性。

理论生物物理:包括以下诸方面:量子生物学,生物信息论和生物控制论研究,生命现象的生物物理理论研究(如非平衡态热力学、耗散结构理论在生物学中的应用,脑神经网络结构与功能的计算机模拟等)。

生物组织的物理特性和环境生物物理:前者主要

研究生物本身的光学、电磁学、声学、力学等物理特性;后者侧重研究环境各种物理因素(如电离辐射、光辐射、电磁辐射、电磁场、空气离子等)的生物效应及其机理。

生物物理学研究的新仪器和新技术:包括对生物体各级结构水平上的超微操作;研制对生物和人体正常和病变状态的无损、微弱、瞬时、动态和自动检测的新仪器和新技术。

为了使我国生物物理学更快地发展,需要有更多的物理学者,特别是青年一代投身到生命科学研究中来;同时,也需要物理学与生物学、化学、数学、工程技术等多学科密切配合,共同为揭示更多的生命奥秘和造福人类而努力!

亚里斯多德认为地球是静止的，而太阳、月亮、行星、恒星都在圆形轨道上绕地球运动。由于神秘的原因，他深信地球是宇宙的中心，而且圆运动才是最完美的。公元二世纪，托勒密根据这种思想，详尽地阐述了完整的宇宙模型。地球位于中心，被携带着月亮、太阳、恒星和五个行星的八个天球所包围，五个行星是：水星、金星、火星、木星和土星（见图1）。为了说明行星在空间被观察到的相当复杂的轨道，行星本身应该在各自的天球上作较小的圆周运动。最外层天球携带着所谓的恒星，这些恒星总是处在相对静止的位置上，但它们在空气中作整体旋转。至于最外层天球之外又是什么，尚未搞清，但它们毕竟不会是人类所能观察到的宇宙的一部分。

托勒密的模型对预言天体在空中的位置提供了一个合理的、准确的体系。他提出一个假设：月亮在运行轨道上有时离地球距离是其他时间离地球距离之半。但这就意味着月亮有时看起来应该比其他时间大两倍！托勒密认识到他的模型的缺陷，然而他的模型却得到了普遍的承认，尽管不是被所有人承认。它被基督教采纳，作为宇宙的形象。因为这种形象与圣经是一致的，它的优越之处在于在恒星之外留有很大的空间，可以作为天堂和地狱的处所。

然而，一个更简单的模型在1514年由波兰牧士尼古拉·哥白尼提出。他认为太阳是个不动的中心，地球和行星以圆形轨道绕太阳运行。几乎过了一个世纪，这种思想才被认真对待。后来有两个天文学家，德国的开普勒和意大利的伽利略，公开支持哥白尼的理论。1609年，伽利略开始用刚发明的望远镜观察夜空。当他观察夜空时，发现有几颗小卫星绕着木星运动。这意味着并非所有的星都要象亚里斯多德和托勒密所认为的那样绕地球运行。与此同时，托勒密对哥白尼的理论进行了修改，提出行星并非作圆周运动，而是作椭圆运动。这种预言，完全与现在的观察结果相符。

开普勒则认为椭圆轨道仅仅是一个特设性假设，并很令人反感，因为比起圆来椭圆显然不那么完美。几乎纯出于偶然，椭圆轨道与观察的结果符合得很好。他试图用磁力来说明行星绕太阳的运动，但未能使人信服。过了很久，牛顿才提出一种解释，1687年牛顿发表了他的《自然哲学的数学原理》，这是物理学有史以来最重要的和最有独创性的著作。在该书中，牛顿不仅提出物体怎样在空间和时间中运动的理论，而且也发展了复杂的数学来分析这些运动。另外，牛顿提出了万有引力定律：宇宙中任一物体都受到其他所有物体的吸引，这种吸引力随物体质量增大及两者之间距离减小而增大。正是受到与此同样的力，物体才会落到地面。牛顿根据他的定律进一步指出：引力使月亮绕地球作椭圆轨道运行，也使地球和行星绕太阳作椭圆轨道运行。

哥白尼的模型摆脱了托勒密的天球模型，天球模型使宇宙有一个自然的边界。既然“恒星”并不表现出位置的变化，只不过由于地球绕其轴自旋，引起它们作横贯天宇的旋转，这样，人们会自然地提出，恒星是象太阳一样的物体，只不过离得更遥远一些而已。

牛顿根据他的引力理论认识到，由于恒星彼此吸引，所以它们根本不可能静止不动。那么，它们会不会跑到一起去呢？1691年他给同时代的一位杰出的思想家R. 本特利 (Richard Bentley) 的信中，认为如果有限的星体分布在有限的空间，那么这种情况确有可能发生。他用反证法证明，如果有无限多的星体，而且基本上均匀地分布在无限的空间，这种都跑向一处的情况将不会发生，因为根本没有任何中心可以使它们掉进去。

现在我们可以作结论：在仅存在引力的情形下，无限静止的宇宙模型是不可能的。

二十世纪以前，没有一个人提出宇宙正在膨胀或收缩的想法。普遍的看法是，宇宙要么是以一种不变的状态永远存在；要么在离今或长或短的有限时间内产生的。这是因为人们倾向于信奉永恒的真理，部分原因是尽管他们自身可能变老以至死去，但宇宙如果是不变的，这对他们将是一种安慰。

甚至连那些承认牛顿引力理论即宇宙不可能是静止的人，也不会想到提出宇宙是不断膨胀的。相反，他们试图证明，当物体之间距离非常远时，引力就变为相互排斥的力，以此来修正牛顿的理论。这种理论虽然没有对他们的恒星运动的预言产生重大的影响，但它承认无限分布的恒星可以保持平衡——近距离恒星间的引力与远距离恒心的斥力相平衡。然而，我们现在认为这种平衡是不稳定的。如果在某处的恒星，哪怕稍稍地彼此靠近一些，它们之间的引力将不断增大，并大大超过斥力，于是恒星将继续靠拢。相反，如果恒星彼此间稍稍远离一些，斥力将处于统治地位，从而使它们离得更远。

另一个对无限的、稳定的宇宙持反对意见的是德国哲学家奥尔勃斯 (Heinrich Olbers)。他在1823年写过关于这种理论的文章。奥尔勃斯并不是第一个合理批评牛顿理论的人，事实上，与牛顿同时代的人就曾提出过各种合理的批评。但是，奥尔勃斯的文章首次引起了广泛的注意。他认为在无限的、稳定的宇宙中，几乎每一条光线都将终止于恒星的表面。因此，即使在夜晚，整个天空都应象太阳一样明亮。这显然是难以接受的。奥尔勃斯的论据是，从遥远的恒星所发出的光由于受到星际物质的吸收而变得暗淡，然而，星际物质因不断吸收热，最终将会热起来，也会象恒星一样发光。想要避开夜空将象太阳表面一样亮这一结论的唯一方法，只能假设恒星并非永远发光，而只是在过去某一段有限的时间内发光。这样，吸收热的物质还

不可能热起来，或者从遥远的恒星发出的光还未到达地球。但这样又给我们带来一个问题，恒星最初是怎样发光的呢？

很久以前，宇宙起源的问题就被讨论过。根据大量的早期宇宙学和犹太人（或基督教或回教）的传说，宇宙始于过去一个有限的，迄今并不遥远的时间内，这种观点的一个论据是它可以用“第一起因”（“First Cause”）来解释宇宙的存在。（在宇宙之内，你总是把某一事件解释为某些早期发生的事件引起的，但对于宇宙本身的存在只有在它有起始的情况下才能用这种方法来解释），另一论据是由圣·奥古斯丁（St. Augustine）在他的一本《上帝之城》（*The City of God*）书中提出的。他指出，文明在不断进步，我们要记住是谁做出了这种行动或者发展了那种技术。而人和宇宙不可能如此长时间地在一起，圣·奥古斯丁赞同《圣经》中关于宇宙创生于公元前 5,000 年这一数据（有趣的是，这时间离最后一个冰河时代末期不远，最后一个冰河时代末期大约在公元前 10,000 年，考古学家告诉我们，那时文明才真正开始）。

另一方面，亚里斯多德和很多希腊哲学家并不喜欢创世纪的观点，他们认为这种观点是对神的侵犯，因此，他们相信人类和它周围的世界过去就存在着，将来也会永远存在。关于上面描述过的有关进步的争论，古代人也考虑过，他们认为应把它解释为由于周期性的洪水，或别的不断出现的灾难，使人类回到了文明的始。

宇宙在时间上是否有起源，在空间上是否有界限的问题，哲学家康德（Immanuel Kant）在他的不朽的、也是默默无闻的著作《纯理性的批判》（*Critique of Pure Reason*）中提及，该书 1781 年出版。他觉得无论是宇宙是有起源的论题，还是宇宙永远存在的反论题，都是牵强附会的。他认为假如宇宙无起源，在任一事件之前都应有无限长的时间，他认为这是很荒唐的。反论题的论证是，如果宇宙有起源，则在宇宙形成之前，应有无限长的时间，那么宇宙为什么会在一特殊的时刻形成呢？它的论题和反论题实际上是依据于一个未明说的假设：无论宇宙是否永远存在，时间都可永远不停地逆转。其实我们可以认为，在宇宙形成之前，时间的概念是没有意义的。这一点首先由圣·奥古斯丁提出。当有人问：在宇宙产生之前，上帝做了些什么呢？奥古斯丁并不是回答：上帝在为提出这类问题的人准备地狱，而是回答：时间是上帝为宇宙创造的财富，在宇宙形成之前，时间不存在。

当大多数人相信宇宙基本上稳定的，也是不变的时候，宇宙是否有起源的问题，的确是一个形而上学和神学的问题。人们可以用观察结果来解释宇宙永远存在的理论，但也可以用来解释这样一种理论：宇宙在某一确定时刻后才开始运动，但看起来这运动又似

乎永远存在。两种解释同样都符合观察结果。但在 1929 年，哈勃（Edwin Hubble）作出了划时代的发现，无论从哪个方向观察，遥远的星系都正在远离我们而去。也就是说，宇宙正在膨胀。这意味着，天空中所有的物体在早期是结合在一起的。事实上，似乎在某一时间，大约一百万年至两百万年前宇宙所有物质聚集在同一位置，因此那时宇宙的密度是无限大的。这一发现终于把宇宙的起源问题带入了科学领域。

哈勃的观察，促使人们提出宇宙有一个大爆炸时期，那是在宇宙无限小，密度无限大的时候。在那种情况下，所有的科学定律对未来预言的能力都将被破坏。如果在爆炸之前发生一些事件，不会影响现在发生的一切。它们的存在可被忽略，因为这种存在并未产生出可观察的结果。人们可以说，时间是在爆炸后开始的，从这种意义上讲，显然更早期的时间概念是无定义的。要强调的是，这种时间起源与以前所讨论过的起源大不相同。在永恒宇宙内，时间起源是某些宇宙之外的人所强加的，并无物理意义。人们能够想象上帝在过去任一特定时刻创造了宇宙。但是，如果宇宙是正在膨胀的情形下，时间的起源就有了物理意义。人们可以认为在宇宙爆炸或诸如此类的某一时刻，上帝立即创造了宇宙。

科学的最终目的是提出一个单一的理论来描述整个宇宙。然而大多数科学家遵循的方法是把问题分成两半。一半是告诉我们宇宙是怎样随时间变化的定律。问题的另一半就是宇宙的初态问题。有人认为，科学关心的应该只是问题的前半半；他们把初态看作是形而上学或神学的问题。他们也许会说，因为上帝是万能的，所以能使宇宙以任一种他所希望的形式开始。但在这种情况下，上帝也能完全按他武断的方式来发展它。但宇宙更象是上帝让它按某些规律，以非常规则的方式进化的。因此，提出具有支配这些规律的初态，似乎同样合理。

事实证明，想一次就能得到一个好的宇宙理论是很困难的。相反，我们把问题分成许多部分，形成大量的部分理论。每一部分理论描述一定范围里的观察，忽略别的量的影响，或用一组简单的数字来代表它们。这种方法可能是完全错误的。如果宇宙中每一事物都以一种基本方式与别的事物相联系，那么，孤立地研究部分以图得到全部的答案，将是不可能的。

当今科学家用两个基本的部分理论来描述宇宙——广义相对论和量子力学。这是本世纪前 50 年伟大的智慧成果。广义相对论描述引力和宇宙的大范围结构，其范围从几英里到 10^{24} 英里，即可观察的宇宙范围。而量子力学则处理一些极小区域的现象，如 10^{-12} 英寸的范围。遗憾的是，这两种理论彼此有矛盾——两者都有缺陷。今天物理学主要努力目标之一，便是寻找一种新的理论，把量子力学和引力理论两者统

里 德 伯 原 子

张 志 三

在人们通常的概念中,原子是很小的,它的尺寸比一个埃多一点(一埃等于 10^{-10} 米),近似呈球形。但近些年来,人们利用激光技术与电子束技术可以制造出很大的原子,其大小可相当于生物学分子那样,达微米(10^{-6} 米)的量级。制造方法是把原子中的一个电子激发到接近于电离极限的能级上。在这种情况下,原子中的被激发了的电子远远地离开了原子实(原子中的其余电子同原子核合在一起的总称,带有正电荷)。具有这样电子的原子称为里德伯原子(Rydberg atoms)。用量子理论的术语来说,这种原子具有很大的主量子数 n ,也可以说 n 越大,里德伯原子也越大。

目前,在实验室中制备出的里德伯原子的主量子数 n 约为200。这似乎是原子物理中的新鲜事。而事实上,在本世纪六十年代中期,天文学家便观测到星际空间存在着里德伯原子,并且确定出有的里德伯原子的 n 可达250。这比目前实验室制造的里德伯原子还要大,真可谓“天工夺巧,人莫能及”了。

从经典物理的观点来看,里德伯原子中的被激发的电子沿着很大的轨道围绕原子实而运转,有点像太阳系中的行星围绕太阳运转那样,所以里德伯原子也称为行星式原子。自七十年代以来,里德伯原子的研究工作颇为热烈,至今其势不衰。现已积累了大量有关里德伯原子的资料。

里德伯原子的主要特点是它们的结合能很弱,因而其光谱学性质及量子态行为与处于低激发态的原子相比有很多不相同之处。其中之一表现在里德伯原子同很弱的外场(电场或磁场)之间的相互作用。这种相互作用的大小和里德伯电子同原子实之间的相互作用大小可为同数量级的,甚至大于 $1/r$ 库仑相互作用,因而里德伯原子的光谱发生很大变化。理论与实验对此都作了充分证明。以磁场对里德伯原子的光谱的影响为例,当被激发的电子的能量不断增加并且通过电离能级时,里德伯原子的光谱演变成类似朗道光谱的结构。也就是说,在光谱中出现一组近乎等距离的共

一起来。我们还没有这种理论,要得到这种理论,还需要走很长的路,但我们确已知道该理论应具有许多特性。

现在,如果你相信宇宙并非任意的,而是由一些确切的定律来支配的,那么你最终不得不把这些部分理论合成为可以描述宇宙中万物的大统一理论。从文明的黎明开始,人类就不曾满足看到无联系的和不可解释的事物。他们渴望了解这个潜在的、有序的世界。

振线,谱线之间的距离正比于磁场的强度。尽管这令人惊讶的现象至今尚无完善的解释,但它在天体物理中却很有意义:里德伯原子在中子星附近会经受很强磁场的作用。在实验室中进行这种模拟研究,有可能帮助人们了解特殊环境对它们动力学性质的影响,加深对其光谱的理解;同时也为了解星际空间的物理环境提供知识。

外电场(斯塔克场)同里德伯原子的相互作用也很值得关注。库仑场同斯塔克场相互叠加所引起的场电离效应已有了一套解释。一般承认,场电离包括两个相关的过程:当里德伯原子处于强度为 E 的电场中时,原子势能的最大值为 $V_m = -\sqrt{2E}$ 。不论原子处于哪一个量子态上,只要这个态的能量大于 V_m ,原子就会立即从这个态发生电离,这一过程可以称为经典过程;但如果原子所处的量子态的能量小于 V_m ,而又接近于 V_m 时,经由穿过势垒隧道,电子也会脱离原子而跑掉的,这一过程称为隧道电离。隧道电离有一个确定的阈,可表示为 $1/n^4$,其中 n 为有关量子态的主量子数。场电离有多方面的应用。例如可以用来准确地确定里德伯原子的各个不同的量子态的能级位置,因而这种测量方法既可作为探测器,也可作为分光计。同时,还能利用场电离效应来探测极少数原子,甚至单个原子的存在。这种方法十分灵敏,又比较简单,其用途也很广。对被激发的原子,在其发射荧光而衰落之前,加之以直流电场,该原子便被电离,然后探测电子或离子。因为每一个量子态都有确定的电离阈,记录下所施加的电场也就知道电离是在哪一个激发态发生的。

里德伯原子的辐射性质同低激发原子也有区别,而且随着里德伯原子的大小及结合能的强弱变化而变化。当激发能越来越接近电离极限时,量子态的密度也越来越大,相邻能级之间的距离便越来越小;因而与之相互作用的波长也越来越长,从红外逐渐扩展到微波区域。此外,里德伯能级的寿命很长,并且同主量子

今天我们仍渴望了解为什么我们会生存在这里,我们来自何方。人类对知识的最大愿望,就是对我们的无止境的追求给出公正的评价。我们的目标无非是能对我们生存在其中的宇宙作一个完整的描述。

(译自 Stephen W. Hawking 的 A Brief History of Time, pp.1—14)

(鲍丙豪译 扬建邺校)