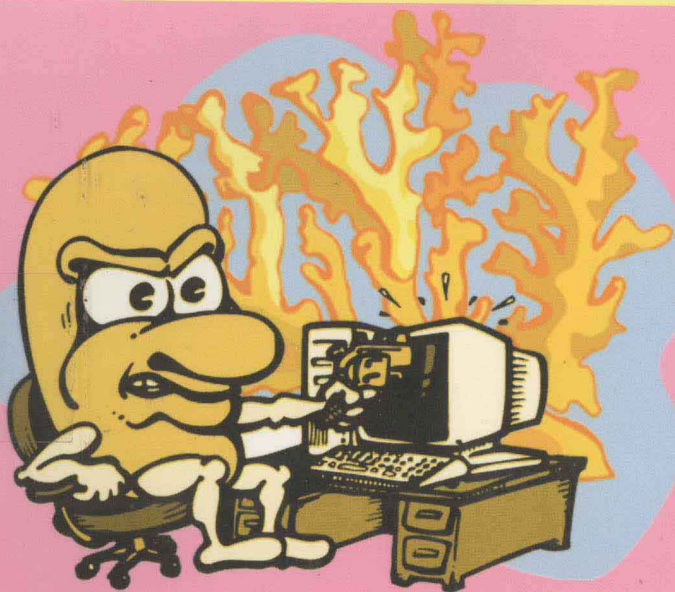


中华学生科学探索丛书

天文

主编 / 纪容起

新天地



内蒙古人民出版社

天文新天地

纪荣起 张平 主编

内蒙古人民出版社

编委会

主 编

纪荣起 张平

编 委

苟 妮 李 响 宁 霞 李 荣

周文国 李改肖 谢 燕 苗柳美

韩 伟 曹树光 刘 军 袁海燕

刘 程 刘建光 窦世涵 张 燕

徐 静 刘 涵 龚 然 展 招

邢石鹃 季珍明 孟 亮 刘国安



目 录

宇宙的起源	(1)
宇宙如何形成	(16)
宇宙到底有多大	(24)
宇宙有中心点吗	(27)
宇宙的归宿在哪里	(29)
难以捉摸的宇宙形状	(33)
宇宙的年龄有多大	(52)
宇宙反物质的秘密	(54)
宇宙暗物质的秘密	(57)
宇宙的黑洞	(60)
天河的来历	(64)
宇宙将如何终结	(67)
宇宙常数的发现	(75)



· 学生科学探索丛书

星空的秘密	(87)
21 世纪初的天文发现	(103)
天文历法	(116)
3K 宇宙背景辐射的发现	(126)
哈勃定律的发现	(132)
恒星是怎样产生的	(136)
恒星的演化	(140)
恒星的“脸谱”	(143)
恒星家族划分	(147)
恒星运动的发现	(152)
太阳运动会如何	(156)
太阳能量来自何方	(167)
话说“盘古开天辟地”	(172)
设在太空的天文台	(179)
形影不离的“双星”	(187)
浩瀚太空的“村庄”	(191)
太空“雪球”	(196)

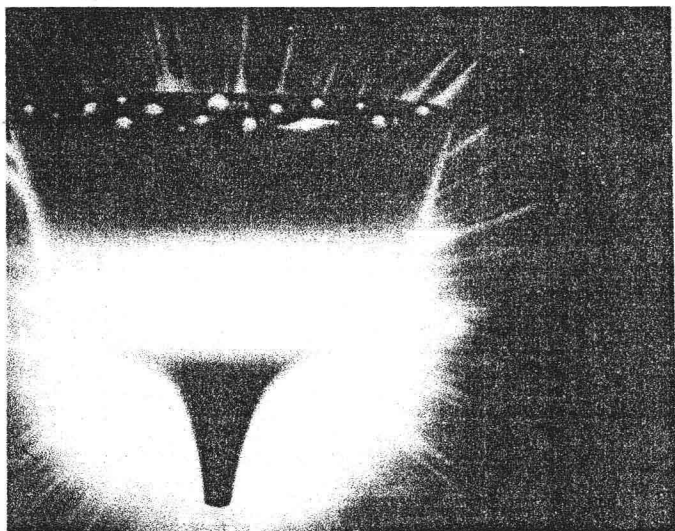


宇宙的起源

大多数主要的科学理论往往与大科学家的名字紧密相连,如果某人说到“引力”,我们的脑海里马上就会联想起艾萨克·牛顿;说到“进化论”就会想起查理·达尔文;说到“相对论”就会想起阿尔伯特·爱因斯坦。但是说到“大爆炸”,似乎没有什么名字跟它对应。过去几十年间,大爆炸模型作为解释宇宙起源的标准理论已经被宇宙学家广泛接受,并出现在许多科技杂志上且被写进教科书中。尽管如此,这个理论并没有伟大的科学家与之相关,有时,一些反对者还时常对它讥讽有加。实际上,这个恰当的术语——“大爆炸”还是出自反对者之口,他就是英国天文学家佛瑞德·霍伊尔,他本来是把这个他认为很愚蠢的理论嘲讽为“大爆炸”理论,没想到这个名词居然深入人心。1993年,如何给这一理论取一个恰



当的名字引起了一场国际性的大讨论,科学作家蒂莫西·费里斯、天文学家卡尔·萨根和电视记者休·唐斯是这场讨论的评委。这在费里斯 1997 年出版的《全部家当》一书中有记载,来自 41 个国家的 13099 个名词中没有一个适合。



宇宙大爆炸示意图

大爆炸理论的鼻祖是乔吉斯·勒梅特,他是一个比利时天主教堂的主教,很喜欢物理学,并于 1927 年他 33 岁的时候获得麻省理工学院哲学博士学位。同年,他根据爱因斯坦的相对论提出,宇宙在任何方



向和任何地方都是均匀膨胀的。勒梅特还进一步指出,宇宙是由一个包含所有物质的原始的原子爆炸而形成的。埃德温·哈勃随后的发现支持了这一宇宙模式。哈勃发现遥远的星系都在各个方向上远离我们;并彼此分离,分离的速度和星系与银河系宇宙大爆炸之前,其实不会有“大爆炸之前”,因为时间并不存在。时间和空间总是紧密地联系在阿尔伯特·爱因斯坦所称的“时空连续体”内的。一旦产生了时间,空间就开始膨胀。同样地,一旦产生了空间,时间就开始走动。

宇宙在膨胀。显然,在过去,所有的物质一定都聚集在一起。如果把今天看到的星系的运动倒退回去,就会把我们带到 130 亿年前的一瞬间,那时星系们都集中在一点上。这就是膨胀的起源,称作宇宙大爆炸。

大多数天文学家认为宇宙大爆炸是一次相当小的爆炸。早期宇宙的环境把能量直接转化为等量的物质和反物质,大约是 1000 克的原料。片刻后更大的事情发生了:宇宙膨胀。宇宙胀了起来,在几分之一秒内的时间里,宇宙增大了 10 倍。膨胀释放出大量的能量。



宇宙大爆炸

宇宙大爆炸是万物之源,是时间、空间、和宇宙中一切物质的起始点。130 亿年前,巨大的宇宙中有一个火球。这个火球极为密集,在能量释放的同时,形成了物质和反物质,于是巨大的宇宙时钟开始走动。在形成的一瞬间,宇宙的温度和密度几乎无限大。然后宇宙开始膨胀、冷却,直到今天它仍然在膨胀、冷却。的距离成正比。哈勃事先并不知道勒梅特的理论,但是他在 1929 年发现的宇宙膨胀,促使许多科学家思考那个能产生足够的能量引发宇宙膨胀的初始爆炸。

20 世纪 40 年代,物理学家开始对初始爆炸感兴趣。在理论上,爆炸发生后产生的等离子体的温度应该比现存的任何恒星内部温度都高,随着时间的推移,它应该慢慢冷却,到现在应该尚有余温。这一现在被称为微波背景辐射的理论,意味着离我们越远的地方(在时间上离宇宙爆炸的时间越早),宇宙背景温度越高。当时,这个理论根本不被天文学家和物理学家所重视,因为他们压根儿就没把大爆炸理论当回事,并且无论如何也没有办法测量或证实微波背景辐射的存在。



1965年,贝尔实验室的阿诺·彭齐亚斯和罗伯特·威尔逊宣布他们探测到微波背景辐射连续的“嘶嘶”声,他们是在为第一个通信卫星开发接收机的时候偶然发现的。这一发现改变了许多宇宙学家的看法。大爆炸理论在1965年前只是一个未经验证的理论,但现在有证据表明最初的爆炸遗留下来的残余辐射确实存在。许多重要的科学家都开始研究大爆炸理论,同时,也需要更多的证据以支持这一理论。20世纪40年代和50年代,许多科学家对可能存在的微波背景辐射的性质作过预测,经计算认为微波背景辐射的温度约为3开(相当于 -270.15 摄氏度),是各向同性的——就像蒂莫西·费里斯指出的那样:“任何观测者在宇宙的任何地方都应该测量到宇宙任何地方的微波背景辐射的温度都是一样的。”同样,量子物理学家要求微波背景辐射是一个黑体谱,在由它的温度确定的波长处辐射出最大的热量——这个波谱应该满足特定的量子方程。

这样,微波背景辐射就变得尤为重要,为此,美国国家航空航天局发射了一颗微波卫星用于测量这种“宇宙背景”。由于没有地球大气干扰而引起的失真,微波背景辐射探测器(COBE)希望能探测到宇宙大爆炸后50万年的微波背景辐射,此时宇宙冷却到



足以使物质开始形成,并辐射出光。发射于1989年的COBE带着宇宙学家的期望,证实了宇宙背景辐射确实是各向同性的,温度接近3开。另外,这种辐射以令人惊讶的精度与所期望的黑体谱相吻合。

1992年,一张根据COBE搜集的数据绘制的全天空图同时也证实了另一个预测:从大爆炸后冷却的气体形成的物质最终会聚集成团,形成包含恒星的星系,这也符合早期宇宙的微观量子波动必然扰乱物质均匀分布这一理论。用简单的话说,宇宙犹如一锅稍微有点团块的勾芡肉汤——这是因为面粉没有完全搅匀造成的,尽管团块很少,但是它们显得很突出。

1939年,美国物理学家汉斯·贝特指出,重元素(依据它们的原子量划分)能在恒星中合成。这些元素是组成恒星和我们人体的成分,但只占整个宇宙质量的2%,其余是由75%的氢和23%的氦以及少量锂元素组成的。这些轻元素是在大爆炸时形成的。为了解释氢的丰度和氢与氦在恒星中占的比率,物理学家做了计算。太阳中每时每刻都在发生由氢转化为氦的核反应,在此过程中,每秒钟释放出400万吨能量(注:根据爱因斯坦质能方程,能量和质量之间有一种换算关系,在此用质量单位“吨”来表



示能量)。在宇宙大爆炸中,氢氦平衡还没有建立,这个过程将释放多得多的能量。“熔化”在恒星“熔炉”中的重元素最终将被抛入宇宙空间,可以相信,这将给宇宙播上固体物质原料的“种子”。最年老的恒星将保持很少的轻元素,因为它们向宇宙空间中抛射物质的时间最长——利用新技术已经测量到了这种结果。我们把元素在宇宙中的分布称为“宇宙元素丰度”,这是符合宇宙大爆炸理论的。

宇宙膨胀

太空深处似乎正在发生一些奇特的变化。遥远的星系团正从各个方向退离地球越来越远,而且位置越远的星系,退离的速度越快。我们的银河系似乎很不受欢迎。事实上,每个星系团都在远离别的星系团,就像烤蛋糕时,里面的葡萄干都会分开一样。宇宙膨胀理论对天文学家很有用:一旦他们测定了附近星系的膨胀比率,就可以利用星系的速度得到它的距离。

太空膨胀

宇宙在膨胀,但并不是在某个天体内部膨胀。事实上,是太空本身携带着星系团在膨胀。假想太



空是一个橡皮条组织,上面附着星系团。当整个组织膨胀时,星系团也就分开了。太空的每个区域都以相同的比率膨胀,因此两个星系团离得越远,它们之间太空膨胀的速度就越快。进行了大量的验证后,这个理论可以被认为是经过证实的。大多数宇宙学家在接受大爆炸理论的同时,也认识到这个理论存在一些问题,这些问题有的是很严重的,并经常出现以至于危及到大爆炸理论本身的问题。

佛瑞德·霍伊尔为了嘲笑大爆炸理论而创造了“大爆炸”这个词,他是大爆炸理论的主要反对者。1948年,他与赫尔曼·邦迪和托马斯·戈尔德一起,提出了他称之为“稳恒态”的理论。按照他的理论,宇宙实际年龄比天文观测到的要大得多,宇宙似乎是一直存在并且将永远存在的。随着时间的推移,星系将诞生、成长、死亡,新星系将不断从死亡的星系的“废墟”中诞生,但宇宙的总质量将保持平衡。按照这个理论,我们可以观测到的即使是最古老的星系在一个更大的范围来说实际上也是相当年轻的。许多宇宙学家并不喜欢稳恒态理论,因为它意味着我们永远无法彻底弄清事情的真相,大多数物理学家和天文学家都被“我能”的观念所驱使。霍伊尔在评论大爆炸宇宙论中表现出的无礼被年轻科学家描



述为傲慢,但这于事无补,真理永远是真理。另一方面,我们也应扪心自问:是否我们自以为能弄清任何事情的真相的信念本身就是一种傲慢——争论的各方肯定都会存在这种傲慢。

霍伊尔的理论也有其本身的问题,例如,他利用了修改后的宇宙常数。宇宙常数是爱因斯坦为了证明宇宙是不变的而在他的相对论中引入的一个数学因数。1929年,埃德温·哈勃在研究中发现遥远星系的光谱向红端移动,称为“红移”,他因此得出结论:星系随着宇宙的膨胀而以很快的速度彼此分离。这表明宇宙并非不变,爱因斯坦的宇宙常数也就不是必要的了,连爱因斯坦也把引入宇宙常数视为他一生中所犯的最大的错误。

宇宙常数遭到大多数物理学家的反对,1965年微波背景辐射发现后,霍伊尔的稳恒态理论似乎该淘汰了。但是霍伊尔并不甘心他的出局,他认为可能是他的理论中出现了一些小问题,但大爆炸理论问题更大。事实上也如此,大爆炸理论遇上了新问题。有一个问题是物理学家所熟知的,那就是早期宇宙并不符合现在盛行的物理定律。至少大爆炸后50万年,宇宙还没有足够冷却以使物质形成和光的释放(称为“光子退藕”,因为光是由光子携带的)。



学生科学探索丛书

我们现在的宇宙定律并不适合当时的情形。这种矛盾迫使大爆炸理论家求助于初始宇宙是一个奇点的思想。霍伊尔和他的追随者(他仍有一批追随者)大肆指责这种观点,他们嘲讽道:“你们与其发现一些东西把大爆炸理论弄得一团糟,不如怀疑这个理论本身的正确性。”

1990年,霍伊尔开始在他自己的领域取得一些新进展。他的一个追随者——德国马克斯·普朗克工学院的美国宇宙学家霍尔顿·网尔普指出,有许多红移的观测值与它们的实际距离并不相符。这是一个很严肃的问题,如果红移并非是宇宙膨胀速度的可靠的指示器,这将给宇宙大爆炸理论带来致命的一击。也许星系并没有分离得那么快,那么,将没有必要用大爆炸来解释驱使它们运动的力量。阿尔普在1991年更进一步说:“这泄露了一个大秘密,那就是这些具有决定性作用的天体被人故意忽略了,争论受到了压制。”忽略证据?压制争论?大爆炸理论学家震怒了。此时,正如约翰·波斯洛在他的著作《时间的主人》中指出的那样,一些物理学家指责大爆炸支持者既忽略证据又凭空臆断。1986年,谢尔登·格拉斯哥(于1979年获得诺贝尔物理学奖)与他的哈佛同事保罗·金斯帕格警告物理学家不要卷入



这种无谓的争执。

关于宇宙大爆炸理论,有一个无法验证但也是最重要的新观点是暴涨,这是艾伦·古斯于1981年提出来的。他指出,在宇宙大爆炸后的最初一秒钟内,宇宙经历过一次突然膨胀,膨胀的速度远远大于现在宇宙的膨胀速度,就像一个针尖大小的东西在一段极其微小的时间内突然膨胀成一个橘子或一个垒球大小。这听起来没什么可大惊小怪的,但在数学上是难以置信的:增长的体积是1050,也就是1的后面接50个零。经历这个暴涨后,宇宙开始以正常速度膨胀。换句话说,在宇宙之初,宇宙的行为在一瞬间像一个超人,但在宇宙史的其余时间就像克拉克·肯特一样悠闲。

对一般读者来说,这听起来有点滑稽,当时暴涨的思想驱散了漂浮在宇宙大爆炸理论上空的乌云,它因而广受欢迎。它解决了很多问题,其中有一个问题是关于平直宇宙的。物理学家认为宇宙要么开放,即它将沿着一定的曲面永远膨胀,要么封闭,即引力最终会把它拉回来,也许终结于一种产生大爆炸的原始原子。不幸的是,没有可观测的信息证明它是开放的还是封闭的,似乎正好在这两种可能性之间平衡。这种状况被描述为平直宇宙,因为平均

时空曲率为零,是一个平射轨道。

使事情更为复杂的是,宇宙的实际密度(产生引力的物质质量)与产生引力塌缩的宇宙密度之比为 1。希腊字母 n 被赋予这个比率,数学上,开放宇宙意味着比率小于 n ,封闭宇宙意味着比率大于 n 。无论指曲率(其值为零)还是指密度比率(其值为 1),结果总是平直宇宙,艾伦·古斯的暴涨理论首次获得了可信的结果、不要老是把暴涨描述成针尖变成橘子,应该把暴涨想像成吹气球。气球膨胀得越大,其表面就越平坦。因为在一瞬间发生了宇宙暴涨,实际上造成了平坦效应。

当艾伦·古斯在建立他的暴涨理论时碰到一个问题,使他推迟了两年才发表他的理论。按照他的理论预测,这种快速膨胀必然会产生许多单独的“泡泡”,这些“泡泡”的壁应该是很明显的,但实际上并非如此。最后,古斯还是发表了他的理论,他希望全世界的其他宇宙学家应该有足够的兴趣去解决这个问题。俄罗斯物理学家安德烈·林德是第一个给出答案的,随后其他人也得到了答案。他从数学上证明“泡泡”(后被重新命名为“区域”)能单独产生。更有甚者,我们已知的宇宙仅仅占据一个“区域”的 10 亿甚至万亿分之一。“泡泡”之间相距如此遥远以至