

天文学的进展

王凤全 彭月祥 李铁香

(北京石油化工学院自动化系,北京 102600)



在中国 20 世纪的 60 年代,一些人认为相对论是哲学中的相对主义,对其进行批判,以相对论为基础的宇宙学被斥为“伪科学”。在英国,伊萨克·牛顿是全世界伟大的科学家,其贡献和成就至今无人比拟,然而牛顿提出的宇宙模型也免不了“上帝的第一推动”。现代大爆炸宇宙学表明,整个宇宙从来就没有什么上帝和神仙,科学不能由哲学来评判,宇宙学的建立已经使得宗教退出人类的历史舞台!

1 蟹状星云

天文史上最著名的超新星,是由 1054 年中国宋代宫廷天文学家杨惟德观察到的,宋至和元年 5 月己丑日,杨惟德注意到日出前几分钟,天空中出现一颗奇怪的星,比金星明亮得多,他称之为“客星”,向当时的宋朝皇帝报告:“我看到了一颗客星出现,它有闪光……国家将繁荣昌盛”。在此以后的 23 天里,这颗星都能用肉眼看到。

1731 年,天文学家约翰·贝文斯在金牛座发现一个弥漫状的天体星云,罗斯勋爵于 1844 年依其形状命名为“蟹状星云”。1919 年,有关这方面观察的中国资料被外国翻译。瑞典天文学家路德马克首先意识到了蟹状星云与 1054 年超新星之间的联系,最后由现代宇宙学之父埃德温·哈勃于 1928 年测出

起源所需要的灵敏度。

未来的 CP 破坏研究

前面介绍了包括 GUT、SUSY 在内的一些理论模型在解释宇宙中物质-反物质不对称性方面的轨迹。从这些介绍中看到了 CP 破坏在今日宇宙形成中所起的关键作用,但显然,这些理论解释还是很粗糙的,为达到定量的科学结论,对 CP 破坏仍有许多精确的测量和研究工作要做。

相当长时间以来,在中微子振荡中有许多诱人的机会探索 CP 破坏,中微子振荡可以探索基于重中微子衰变的各个方面。这种研究将基于在贮存环中 μ 子衰变的“中微子工厂”上进行。那里可以提供确定的电子和 μ 子类的中微子和反中微子束流,这

了蟹状星云的膨胀速度,由此反推其与 1054 年超新星的爆发时间相符。

2 时空的有限与无限

宇宙时空是有限还是无限,明代的王延相说:“或曰有穷,既有形度,安无穷尽?或曰无穷,天际之外,当是何物?”同是明代的杨慎也有类似的提问:“天有极乎?极之外何物也?天无极乎?凡有形必有极。”

中国的科学技术一直处于世界的领先地位,后来,西方的科学技术飞速发展,其时间分界点是在中国的明朝。此时波兰的哥白尼(1473—1543)虽然提出了日心学说,也不过只是一种理论假说,并没有完全证明。牛顿建立万有引力定律后,预言了海王星的存在,且被迅速地观察证实,方才奠定了日心学说的地位。

万有引力是相距遥远的天体之间的相互吸引力,是长程力。如果宇宙体系是无限的,必然有无限大的引力,从而宇宙体系不会稳定,因此宇宙是有限的。现在膨胀的宇宙也证明引力是有限的。如果宇宙是无限的,可能就不会膨胀。

另一方面,日心学说之后,人们知道地球并不是宇宙的中心,后来观察发现太阳也不是宇宙的中心,

为在中微子和反中微子的振荡中研究 CP 破坏效应提供了条件。

超对称性模型在宇宙中产生物质的能力的这一假设提高了通过希格斯玻色子衰变的研究用来揭示 CP 对称性破坏的一种新的可能性。

CP 破坏提供了在内部空间(如在研究所的实验中所揭示的)和外部空间(如用望远镜测量宇宙中物质密度所揭示的)之间的唯一的微妙联系。

理论、实验和宇宙学之间的对话将使宇宙的物质起源理论达到新高点,而这是基于萨哈洛夫于 1967 年提出的非常超前的假设。微观物理和宏观物理今天已经结合在一起,并且引导科学探索穿越于广阔的太空之中。

随后观测发现甚至银河系的银心也不是宇宙的中心。银河系,只不过是宇宙中的一个星系。人们发现的一个个中心又一个个地被否定了,结论应当是宇宙没有中心!既然是宇宙体系没有中心,宇宙就应是无限的。因为一个有限的体系,总能找到一个中心。

3 牛顿理论

1638年,伽利略发现了引力的最基本的性质。即在引力作用下的所有物体都得到相同的加速,与物体的质量或成分无关。

1666年,牛顿发现了万有引力定律。牛顿理论最好的应用是在天体力学中,牛顿运用了他的引力定律解释了开普勒描述的“行星对太阳的爱好”的观测规律,就此揭示出了太阳系。

新力学的第一个成功是哈雷预言了一颗彗星将于1759年回归,结果这颗彗星果然在1758年的12月25日重现,后来称之为哈雷彗星。

开普勒描述行星的运动是近似的,如果行星只被太阳吸引,则轨道是完美的椭圆。牛顿理论表明,每颗行星都受到别的行星(尤其是木星)引力的扰动,从而导致轨道偏差。虽然偏差很小,但可以被计算和观察到。

1846年,勒维叶与亚当斯运用上述扰动理论,精确地预言了海王星的存在及其位置。后来,这颗新行星果然在他们计算的位置上被发现。此时,是牛顿引力理论的高峰时期。牛顿所做的工作是人类智慧最辉煌的业绩,对当时的思想有着巨大的影响。一个世纪后,法国的拉普拉斯认识到了牛顿的著作《自然哲学的数学原理》是“胜过人类其他成果的预示”。数学家拉格朗日说:“由于只有一个宇宙需要去解释,没有人再能重复牛顿所做的工作!”确实,没有任何其他工作具有牛顿理论那样的重要性,直到我们的时空观念被爱因斯坦所改变。

4 狭义相对论

相对论的思想并非是由爱因斯坦首创,相对性原理作为物理定律的基础已经有3个多世纪。这通常要归功于伽利略,而实际上给出正确描述的是笛卡尔。

从1881年到1894年,迈克尔逊和莫雷做了著名的迈克尔逊—莫雷实验。20世纪初,不少物理学家都意识到了此实验给物理学带来的希望。1904年,罗伦兹提出了时间和长度都随参考系速度的变化而变化。1905年,彭加勒发表了“论电子的动力
13卷1期(总73期)

学”的论文,把时间作为第四个维度。此时此刻,相对理论如母腹中躁动的婴儿,很快就要出世!

在伽利略和牛顿的时空里,时间和空间是相互独立的。空间有三个维度。时间是由一个数来度量的,与空间维度不同的是,它只朝着一个方向。

莱布尼兹是数学家和哲学家,与牛顿同一时代。他坚持时间和空间是联系于物质而存在的,反对时间和空间完全独立。两个世纪以后,爱因斯坦的相对论证实了莱布尼兹的观点。时间的间隔和空间的距离不再是固定的值,它们取决于观测者与被观测的物体之间的相对速度。光速是速度的极限值,光线使得时间和空间联姻成时空的连续体!

1905年,在德国专利局供职的爱因斯坦发表了论文“论运动物体的电动力学”。从此,狭义相对论终于诞生了,爱因斯坦构造出了一个由光线编织而成的新的宇宙时空。

5 广义相对论

狭义相对论的惯性系是以恒定的速度运动的,不受力,没有加速度,时空连续体是刚性的、平直的。

在宇宙中,引力无处不有,引力使所有的物体加速。狭义相对论包括进了引力,就扩充出了广义相对论。

在广义相对论中,狭义相对论时空的刚性变得柔软了,引力使得时空变形弯曲。

广义相对论的场方程,即引力场方程,涉及到力、加速度、距离、时间间隔、曲率张量等物理量,极为复杂,用文字表达是:

物质的能量动量 = 时空的几何量

物质规定时空如何弯曲,而时空让物质如何去运动。

1859年,又是法国天文学家勒维叶发现,水星的近日点(椭圆轨道离太阳最近的点)进动比牛顿理论计算的值每百年多出43角秒。1916年,广义相对论为此提供了很好的解释,是行星在由太阳所弯曲的时空中运动,椭圆轨道的轴会缓慢进动。理论计算出进动的速率精确地等于观测值。

爱丁顿1882年生于英格兰。剑桥大学毕业后,在卡文迪许实验室、格林威治天文台工作。曾任伦敦皇家天文学会会长、剑桥大学普鲁米席讲座教授,一生未婚,获得英国爵士称号。

第一次世界大战期间,交战国间邮路中断。通过荷兰(中立国)天文学家的介绍,广义相对论传到

方兴未艾的粒子天体物理学

吴 中 光

(福建师范大学物理系)

众所周知,粒子物理学的研究对象是粒子,其尺度范围小于 10^{-13}cm ,质量小于 10^{-23}g ,是所谓的微观物理学。天体物理的研究对象是宇宙间的星体、星系乃至整个宇宙,其尺度范围大于 10^{19}cm ,质量大于 10^{39}g ,是所谓的宇宙物理学,然而,这两门研究对象完全不同的学科从80年代初开始却奇迹般地熔为一体,诞生了一门新学科:粒子天体物理学。

粒子天体物理学研究范围极广,例如:暗物质的本质;对来自太阳和超新星的中微子的观测;中子星附近的强大的加速机制的证据,以及关于对我们今天看到的数十亿光年的宇宙大尺度结构的形成起着重要作用的宇宙创生的量子涨落和拓扑结构的假设等问题,都是粒子天体物理学研究的范围。由于这一新学科的形成,天体物理的观测结果正用于解释粒子的属性,而同时粒子物理和实验技术把宇宙的耀眼部分和不可视部分展示出来。

粒子天体物理学可分为以下三个领域。

一、粒子物理和宇宙学

随着科学的发展,现在粒子物理学和宇宙学都已建立了自己的标准模型。下面先介绍这两种模型的情况,以便更好地理解粒子物理和宇宙学的协同发展。

(一) 宇宙演化的标准模型

以可靠的物理学规律为基础的宇宙学研究是在有广义相对论之后才开始的。宇宙的膨胀则是在1929年哈勃发现河外星系的运行规律后才逐渐被认识的。40年代末,伽莫夫等人以宇宙膨胀的观念为基础,建立了宇宙的热大爆炸演化模型,热大爆炸宇宙学的主要观测根据有以下4个:

1. 星系具有系统性红移,距离越大,红移越大;
2. 已知最老的恒星或陨石的年龄均不超过200亿年;
3. 宇宙间存在各向同性的微波背景辐射,相当于温度为3K的热辐射;
4. 各种天体上的 ^4He 丰度大体一样,约为30%。

了英国,引起了爱丁顿的极大关注。1918年,爱丁顿出版了有关广义相对论的专著,指出广义相对论引起了哲学、物理学和天文学的重大革命。

1919年的交通很不便利,由于战争,爱丁顿不得不绕路带领一支考察队赴巴西的索布拉尔,观测日食。拍摄到了日全食时的大量星像照片,由于怕在归途中发生什么不幸,对成功的照片立即进行了检验。将拍摄到的星像照片与太阳在别处时的同一星像比较后,显示出了位移,表明星光在掠过太阳时,光线发生了偏折。与爱因斯坦的计算值相符,从而验证了广义相对论,光线会在引力场中发生弯曲。

1974年底,美国的赫尔斯和泰勒在天鹰座发现了射电脉冲双星PSR1913+16,为广义相对论关于物质加速时以引力波形式辐射能量的预言提供了检

验。依据广义相对论所做的计算与在12年里仔细观测的结果一致。1993年,赫尔斯和泰勒因此而获得诺贝尔物理学奖。

科学文化只是人文文化中的一部分,科学文化还需要从人文文化中吸取精华。我国古代有很多关于宇宙生成的阐述和疑问,依然将是天文学以后研究的课题。

由于当时的经济技术和天文学的推动,17世纪物理科学成了带头学科,一直到今天。但是进展仍将继续,依然有待解决的问题,如暗物质问题、哈勃常数的大小、宇宙的未来、广义相对论中的奇点问题等。

科学没有边界,科学不是个体行为。科学需要人类的共同努力,需要后人继承前人的不懈追求。关注宇宙时空,其实就是关注我们人类自身!