

物理大视野

认识久远 的世界

主 编：周凤林 王晓芜 胡炳元

上海科技教育出版社



本书由上海科普教育发展基金会资助出版

物理大视野

认识久远 的世界

主 编：周凤林 王晓芜 胡炳元

上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理大视野. 认识久远的世界 / 周凤林, 王晓芜, 胡炳元主编. —上海: 上海科技教育出版社, 2012.9

ISBN 978-7-5428-5401-8

I. ①物… II. ①周…②王…③胡… III. ①物理学—青年读物②物理学—少年读物 IV. ①04-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 073471 号

责任编辑 李向红

封面设计 符 劼 杨 静

物理大视野

认识久远的世界

主编 周凤林 王晓芜 胡炳元

出版发行 上海世纪出版股份有限公司

上海科技教育出版社

(上海市冠生园路 393 号 邮政编码 200235)

网 址 www.sste.com www.ewen.cc

经 销 各地新华书店

印 刷 常熟文化印刷有限公司

开 本 720×1000 1/16

字 数 180 000

印 张 15.25

版 次 2012 年 9 月第 1 版

印 次 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5428-5401-8/O·769

定 价 24.00 元

编委会人员

主 编：周凤林 王晓芜 胡炳元

本册主编：徐新根 张路一 姜娜娜

本册编写：陈晓敏 张亚军

序

吕福源同志在教育部期间,非常关注基础教育改革,力主教育创新,反对因循守旧、墨守成规,十分强调实施素质教育的关键在于教育创新。也正是在他担任教育部常务副部长并直接分管基础教育期间,拉开了新教改的帷幕。

出于对物理学深厚的情感和造诣,2000年,在他的指示和亲自指导下,我们组织筹办了“物理大视野”科普展览。“物理大视野”包括“认识久远的世界”、“改变昨天的世界”、“推动当今的世界”、“开拓未来的世界”四个篇章,用生动的文字和珍贵的图片,把深奥的物理学演绎成通俗的物理发展史画卷,意图让更多的人领略到物理学发展的精妙,从而激发起科学探究的兴趣。

上海市嘉定二中将“物理大视野”科普展览以教育馆的形式保留了下来,并形成一套以《物理大视野》为题的科普读物,让学生们能够经常游历在物理学发展长河之中,这是一项非常有益的工作。对于学习和教学,传授知识固然重要,但给学生介绍一项科学成就的时候,要让学生知道它的发生和发展的过程,还要知道还有哪些未知的谜题需要解答。要从知识发展这个思路,说清楚知识发生、发展的历程,特别是前人的失败或教训,不要一下子把拿来的知识都讲成是“绝对真理”。这样可以让学生们每接

触到新事物、新概念、新东西,都能自觉培养独立思考的意识和能力,并真正有兴趣去了解、钻研这个知识的发展过程。

长期以来,嘉定二中深入开展物理创新教改,在学生中倡导“小制作”活动,激发学生进行科学探究的兴趣,并研发出上百项具有自主知识产权的创新教具。“小制作”也可以打开“大视野”,嘉定二中教师和学生们的所作所为,让我感到敬佩。

王晓芑

中央电教馆副馆长

2011年12月25日

序 二

记得多年前作为上海市中学物理教材编写成员,第一次去嘉定二中参观,有两件事给我留下了深刻的印象,一是他们的校级领导班子和中层干部大多是教物理出身的,二是他们开展的物理小实验制作活动数量之多令人叹为观止。因此我到上海市教育委员会工作后,2009年就在嘉定二中组织了一次理科实验的论坛,探讨实验教学对学生科学素养培育的重要价值。论坛结束,在参观校园过程中,又有两件事给我留下了深刻的印象,一是他们学校有100尊中国历史上有代表性的帝王陶瓷塑像,二是他们建了一个“物理大视野”的主题展厅。这套《物理大视野》,就是学校四个展厅的内容,分为“认识久远的世界”、“改变昨天的世界”、“推动当今的世界”和“开拓未来的世界”四个部分。经过反复修改整理后,他们最终把展厅的内容变为了一套科普读物。

物理学从诞生到现在,彻底改变了世界,今天我们习以为常的生活用品,都蕴藏着了不起的科学发现和技术创新。但是由于考试的压力,很多学生经常会陷于题海之中,把物理学最光彩夺目、令人惊叹的内容忽略了,只剩下被动地解答枯燥的物理试题,忘记了我们生活的世界还有无数的难题需要去破解,甚至有些物理教师也慢慢成为“考古学家”,只知道把两三百年前的物理古董知识从土里翻出来变成习题,而不再关注 and 了解最新的

物理发现和成就,更不清楚物理学未来的发展方向。

嘉定二中做了一件有意义的事情,就是通过这套《物理大视野》,从多角度展示了物理学发展的历史进程及其对世界文明的推动作用。其内容从基本粒子到日月星辰,从经典物理到量子场论,涵盖声、光、电、力各个领域,以物理学的视角探求宇宙起源、生命演进、现代文明与科技发展。

第一分册《认识久远的世界》,讲述了古往今来之宇宙演变。在这里,我们可以飞越蓝色星球,穿梭于黑洞与白洞之间,去认识星系、星团、星云;在这里,我们徜徉于久远的世界,共同体味宇宙的绚烂,感叹生命的神奇。

第二分册《改变昨天的世界》,阐释经典物理学的发展,以及机械化、电气化时代的轨迹。行走在字里行间的是一代代科学的拓荒者,我们可以看到哥白尼临终发布的对太阳运行规律的创见冲击着教廷的禁锢,比萨斜塔上的自由落体演绎着伽利略追求真理的勇气和睿智;我们可以循着牛顿力学的轨迹,感受麦克斯韦带来的电、磁、光的统一。

第三分册《推动当今的世界》,展示以相对论与量子力学为基石的现代物理学,以及信息时代与高新技术的进步。在这里,我们可以看到被物理学之光照亮的各个领域,一起思索原子能、半导体、激光、计算机这 20 世纪的四大发明是如何让世界日新月异的。

第四分册《开拓未来的世界》,畅想未来高新技术的发展趋势、清洁能源的开发与利用、对宇宙未来的探索。在这里,我们可以感受到智能机器人的神奇,体验量子计算机、云计算与物联网勾勒出的信息科技,也可以穿越纳米世界,感受微观和宏观对接与交融的惬意。

这套书能让学生们从另一个角度理解物理学,明白学习物理并不只是做习题、解答别人准备好的问题,更需要开阔的视野、质疑的态度和丰富的想象力。同时也让学生们明白,物理学虽然取得了巨大的成就,但留给他

们的还有更大的发现空间,无论是宏观宇宙还是微观世界,都有无数的谜团等待他们去破解。一旦学生们被物理学浩瀚的历史所感动,被未知的将来所激励,学习物理的方式也许就会彻底改变。

我在学校工作时曾经计划通过实验室建设,让学生们亲眼通过高倍数字显微镜观察活动的细胞,亲眼通过天文望远镜观看土星的光环,亲眼通过电子显微镜探究原子。因为我相信视野决定学生们的未来,他们的视野有多大,他们的心胸就会有多大;学生们的心胸有多大,他们的成就就会有多大。这套书虽然不可能让学生们亲眼看到细胞、光环和原子,但展示的物理视角之大、之深、之远,都超过了我的想象,相信学生们通过阅读会有所感悟。我甚至推荐所有的教师都应该看一下这四本书,因为教师们也太需要开阔自己的视野,太需要丰富的想象力了。如果教师的思想干涸,我们的教育就是荒漠;如果教师失去梦想,我们的教育就是牢笼;如果教师没有大视野,我们的教育就是井底之蛙。

当然,作为科普读物,这套书的有些内容还是让人难以读懂,对物理发现背后隐藏的思想性挖掘还不够充分,但瑕不掩瑜,相信编写者的努力一定会得到很好的回报。

倪闽景

上海市教育委员会基教处处长

2012年1月5日

目 录

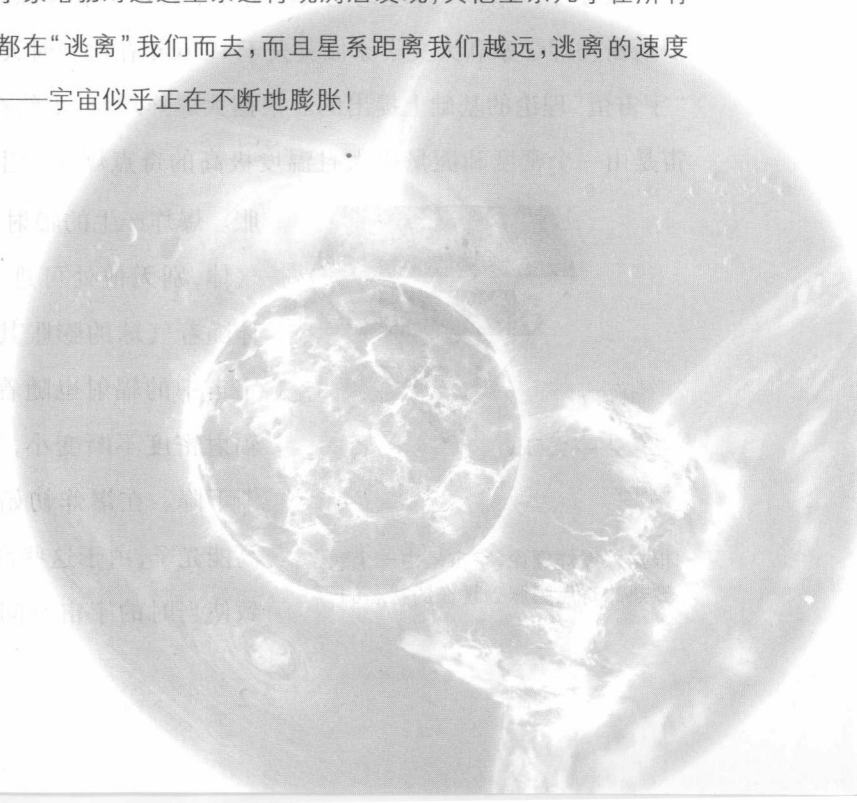
第一章 宇宙的起源与结构	1
第一节 大爆炸理论	2
第二节 宇宙的结构	11
第三节 反物质和暗能量	34
第四节 黑洞与白洞	41
第五节 宇宙的成长史	50
 第二章 深空天体	 57
第一节 星系	58
第二节 星团	67
第三节 星云	72
 第三章 神秘的太阳系	 79
第一节 太阳系概况	80
第二节 太阳	87
第三节 八大行星	96
第四节 命运多舛的冥王星	151
第五节 星星中的小字辈	159

第四章 太空中的蓝宝石——地球	171
第一节 地球的演变	172
第二节 地球的天然卫星——月球	176
第三节 地球上的生命	180
 第五章 探索未来之路	 193
第一节 对接触地外文明的渴望	194
第二节 人类探测宇宙之路	206
第三节 中国人的飞天梦	219
第四节 未来的长征之路	222
 参考文献	 227
后 记	228

第一章

宇宙的起源与结构

“宇”是个空间概念，它包含各个方向，如东南西北；“宙”则指一切不同的具体时间，包括过去、现在、白天、黑夜等。“宇”指空间，“宙”指时间，“宇宙”就是空间和时间的统一。现代宇宙学始于20世纪20年代。此前，人们一直坚信：宇宙是无限的，空间上无穷无尽，时间上无始无终，因而宇宙是不灭的。然而在1929年，美国著名天文学家哈勃对遥远星系进行观测后发现，其他星系几乎在所有方向上都在“逃离”我们而去，而且星系距离我们越远，逃离的速度就越快——宇宙似乎正在不断地膨胀！

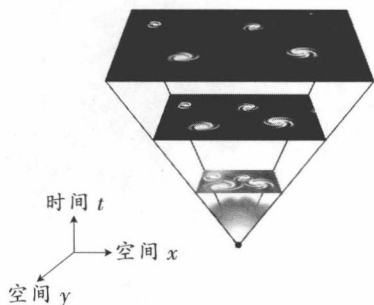


第一节 大爆炸理论

宇宙并不是一成不变的,而是在不断变大。倘若我们沿着宇宙历史的长河溯源而上,就会发现,今天的宇宙是从某个更小、更密的状态演变而来的,也就是说,宇宙应该有一个开端。

一、大爆炸理论简述

大爆炸(Big Bang)理论是天体物理学关于宇宙起源的理论,由美籍俄罗斯裔物理学家和天文学家伽莫夫于1946年在比利时天文学家勒迈特的“宇宙蛋”理论的基础上提出的。根据大爆炸理论,大约在137亿年前,宇宙是由一个密度和能量极大且温度极高的奇点爆炸产生的,此后不断膨

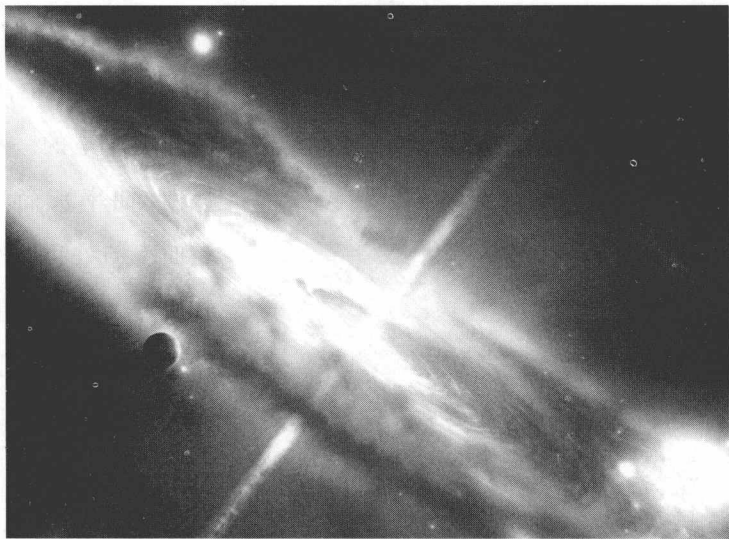


根据大爆炸理论,宇宙是由一个致密致热的奇点膨胀到现在的状态的

胀。爆炸产生的辐射如同气球内部的气体,别无他处可逃。气球内部的气体随着气球的膨胀其密度不断减小;宇宙中的辐射也随着宇宙的膨胀,其辐射密度不断变小,对应的温度也逐渐下降。在爆炸初始,宇宙中充斥着高能光子,由于这些高能光子的存在,致使当时的宇宙空间内没有原子(因

为电子即使被原子核抓到也会很快被高能光子打跑)。随着宇宙的膨胀,高能光子变成了低能光子,于是原子、分子和天体相继产生。地球、空气、水和生命就在这个不断膨胀的时空里逐渐形成了。

20 世纪初,科学家斯莱弗和沃茨证实了大多数旋涡星云正在远离地球,不过当时他们并没有因此联想到这对宇宙学意味着什么,也没有意识到他们观测到的星云其实正是银河系外的其他星系,但是他们的实验观测为之后大爆炸理论的提出提供了大量的实测基础。



宇宙奇景

爱因斯坦也利用其理论对大爆炸理论的形成起到了推动作用,他通过自己建立的广义相对论推导出了没有稳定态宇宙的结论,并且通过度量张量的计算得出,宇宙不是膨胀的就是收缩的。但是,面对这样的计算结果,爱因斯坦认为是自己解错了,于是加入了一个宇宙常数来进行修正。而苏联地球物理学家弗里德曼拒绝使用宇宙常数,他将广义相对论真正运用到了宇宙学中,用他的方程得出,宇宙在不断膨胀。1927 年,比利时人勒迈

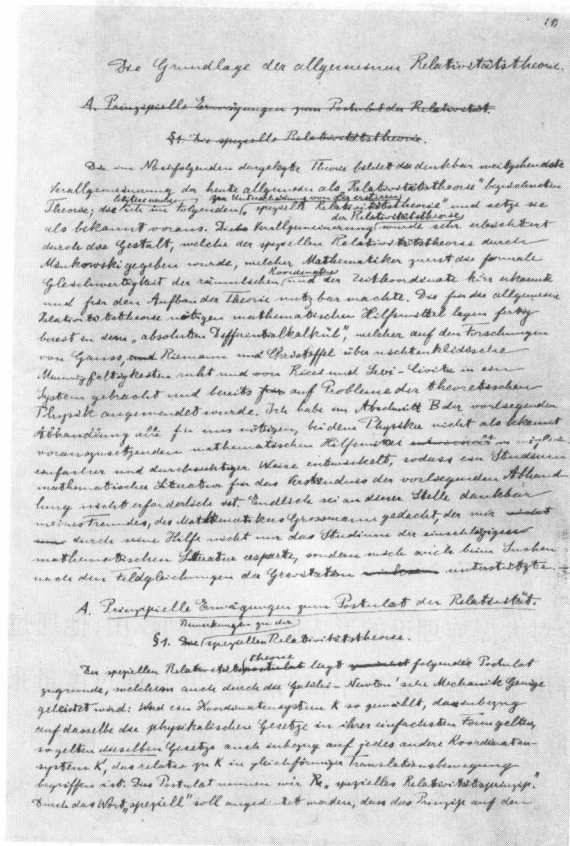
特在螺旋星云后退现象的基础上提出了宇宙是从一个“初级原子”“爆炸”而来的,这就是之后大爆炸理论的理论基础。

二、广义相对论

广义相对论是爱因斯坦于 1916 年发表的用几何语言描述的引力理论,它代表了现代物理学中引力理论研究的最高水平。广义相对论是将经典的牛顿万有引力定律包含在狭义相对论的框架中,并在此基础上应用等

效原理而建立起来的。在广义相对论中,引力被描述为时空的一种几何属性(曲率),而这种时空曲率与处于时空中的物质与辐射的能量、动量及张量直接相关,其联系方式即是爱因斯坦的引力场方程。

爱因斯坦的引力场方程是一个二阶非线性偏微分方程组,数学上要求得这样一个方程的解是非常困难的。爱因斯坦运用了很多近似方法,从引力场方程得出了很多最初的预言。



爱因斯坦解释广义相对论的手稿

同年,德国天体物理学家史瓦西得到了引力场方程的第一个非平庸精确解——史瓦西度规,这个解是研究星体引力坍缩的最终阶段——黑洞的理论基础。

又是在同一年,将史瓦西几何扩展到带有电荷的质量的研究工作也开始进行,其最终结果就是推导出了雷斯勒—诺斯特朗姆度规,对应的是带电荷的静态黑洞。1917年,爱因斯坦将广义相对论理论应用于整个宇宙,开创了相对论宇宙学的研究领域。为求得和当时的观测相符合的结论,爱因斯坦在他的引力场方程中添加了一个新的常数,该常数被称做宇宙常数项。这一宇宙常数项的引入使其与之后的观测与研究相违背,爱因斯坦后来也承认,添加宇宙常数项是他一生中犯下的最大错误。

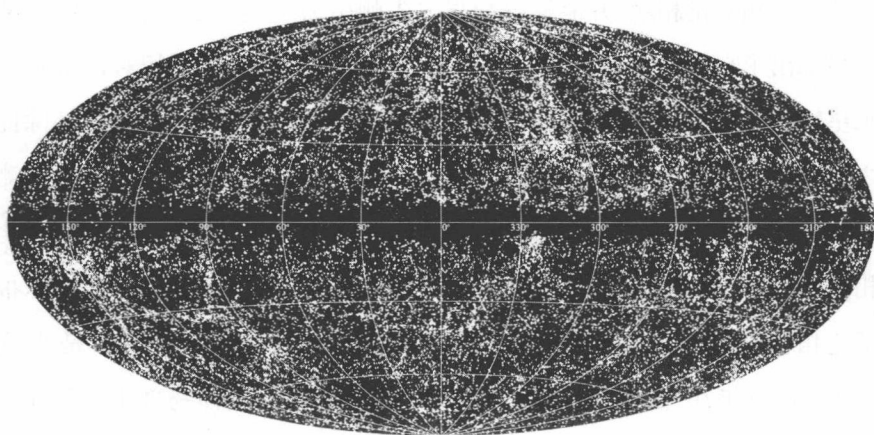
在那个时代,广义相对论与其他物理理论相比仍带着一丝神秘感,但它和狭义相对论相融,并能够解释很多牛顿引力理论无法解释的现象,使其显示出了自身特有的魅力。1915年,爱因斯坦利用广义相对论解释了水星轨道的反常近日点进动的现象,其过程没有引入任何附加参数。除此之外,由英国著名学者爱丁顿爵士率领的探险队在非洲的普林西比岛观测日全食时,发现光线在太阳引力场中的偏折角度和广义相对论的预言完全相符(是牛顿引力理论所预言的偏折角的2倍)。这一发现随后被全球报纸竞相报道,一时间,爱因斯坦的广义相对论名声赫赫。但是直到1960~1975年,广义相对论才真正进入了理论物理和天体物理主流研究的视野,这一时期被称做广义相对论的黄金时代。

爱因斯坦的广义相对论理论在天体物理学中有着非常重要的应用,它直接推导出某些大质量恒星会终结为一个黑洞——时空中的某些区域发生极度的扭曲以至于连光都无法逸出;提出了光线在引力场中的偏折会形成引力透镜现象,这使得人们能够观察到处于遥远位置的同一个天体的多

个成像;预言了引力波的存在,并已被间接观测所证实,而直接观测则已成为当今世界引力波观测计划的目标。在太阳系内能够进行的更精确的广义相对论的实验验证,进一步展示了广义相对论非凡的预言能力,而相对论宇宙学的预言也同样经受住了实验观测的考验。广义相对论已成为现代宇宙学的膨胀宇宙模型的理论基础。

三、大爆炸理论的四大支柱

大爆炸理论最早也最直接的观测证据包括从星系红移观测到的哈勃膨胀、对宇宙微波背景辐射的精细测量、宇宙间轻元素的丰度,而今大尺度结构和星系演化又成为了新的支持证据,这四种观测证据被视为大爆炸理论的四大支柱。



英国“2 微米红移巡天”项目获取的 3D 宇宙地图

(一) 哈勃定律和宇宙膨胀

通过对遥远星系和类星体的观测发现,这些天体存在红移现象,即从这些天体发出的电磁波波长会变长,通常被认为是多普勒效应所致。所谓多普勒效应,是由奥地利物理学家多普勒于 1842 年首先发现的。该效应