

赵江南
编著



宇宙新概念



全国优秀出版社
武汉大学出版社

11
11
武·汉·大·学·素·质·教·育·教·材

宇宙新概念



赵江南 编著

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

宇宙新概念/赵江南编著. —武汉: 武汉大学出版社, 2003. 5
武汉大学素质教育教材
ISBN 7-307-03934-6

I. 宇… II. 赵… III. 天文学—高等学校—教材 IV. P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 032576 号

责任编辑: 杨 华 责任校对: 程小宜 版式设计: 支 笛

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

印刷: 武汉市汉桥印务有限责任公司

开本: 850×1168 1/32 印张: 8.125 字数: 206 千字

版次: 2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-03934-6/T·63 定价: 12.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购买我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 天文学研究的对象、方法和意义	1
一、天文学研究的对象	1
二、天文学研究的方法	1
三、天文学三大分支	2
四、天文学研究的意义	3
§ 1.2 现代天文学的起源及发展简述	4
一、地日说	5
二、日心说	8
三、近代天文学	9
四、现代天文学	11
§ 1.3 时间和历法	13
一、地平坐标系	13
二、节气	16
三、时间	18
四、历法	19
§ 1.4 天文学和哲学关系略论	21
一、天文学在哲学进步中的作用	21
二、哲学对天文学的指导作用	22
§ 1.5 天文望远镜	23
一、天体的辐射	24
二、光学望远镜	25

三、光学望远镜发展简史	27
四、射电望远镜	30
五、射电望远镜发展简史	31
§ 1.6 我国天文研究现状简介	33
思考题	34
 第二章 太阳系	 35
§ 2.1 太阳	35
一、太阳的基本参数	36
二、太阳大气	37
三、太阳的能量来源	40
四、太阳中微子之谜	42
§ 2.2 地球和月球	45
一、地球的基本参数	45
二、地球大气	46
三、地球的自转、公转和地轴进动	47
四、月球的基本参数	47
五、盈亏现象	48
六、月球的表面状况	48
七、日、月、地天文现象	49
八、日地空间	52
§ 2.3 太阳系的其他天体	56
一、九大行星	56
二、太阳系的小天体	61
三、冥王星是九大行星之一吗?	66
§ 2.4 太阳系的起源和演化	67
一、太阳系起源的研究简史	68
二、太阳系起源的现代观点	71
三、太阳系的演化	72

四、太阳系起源和演化的哲学思想	74
思考题	76
第三章 恒星	77
§ 3.1 恒星参数的测定	79
一、恒星的距离	79
二、恒星的亮度和视星等	81
三、恒星的光度和绝对星等	83
四、恒星的大小、质量和密度	84
§ 3.2 恒星光谱及其相关性质	85
一、光谱概念的物理基础	85
二、恒星光谱与氢原子谱线	87
三、恒星的光谱、颜色和表面温度之间的关系	90
四、恒星的赫罗图	91
§ 3.3 变星和新星	93
一、造父变星	94
二、新星和超新星	95
§ 3.4 恒星集团	97
一、双星	97
二、聚星	99
三、星团	99
四、星协	100
§ 3.5 星云和星际物质	101
一、星云	101
二、星际物质	102
§ 3.6 恒星的起源和演化	103
一、恒星的内部结构	104
二、恒星的年龄	105
三、引力收缩阶段	106

四、主星序阶段	107
五、红巨星阶段	108
六、爆发阶段	109
七、临终阶段	109
八、小结	110
§ 3.7 恒星起源与演化中的哲学思想	114
一、新陈代谢是恒星演化的基本规律	114
二、吸引与排斥的对立统一是恒星演化的动力	116
三、质量互变是恒星演化的主要规律	117
思考题	118
第四章 星系	119
§ 4.1 银河系	121
一、银河系的结构	121
二、银河系的运动	123
三、星族	123
四、银河系经典理论与起源学说简介	124
§ 4.2 河外星系	124
一、河外星系的分类	125
二、星系团	127
三、银河系附近的三个著名星系	128
四、多普勒效应和谱线红移	129
§ 4.3 正常星系和特殊星系	131
一、正常星系	131
二、特殊星系	132
三、类星体	133
四、哈勃常数	136
五、类星体红移的可能机制和能量来源	137
思考题	140

第五章 特殊天体	141
§ 5.1 白矮星和黑矮星	142
一、白矮星	142
二、黑矮星	143
§ 5.2 中子星和脉冲星	144
一、脉冲星	144
二、中子星	146
§ 5.3 黑洞和白洞	149
一、引力坍缩与黑洞	149
二、黑洞的性质	153
三、寻找黑洞	155
四、天鹅座 X-1 的特征	156
五、白洞和虫眼	157
六、白洞的性质	159
思考题	160
第六章 宇宙论	161
§ 6.1 两种不同的时空观	161
一、牛顿时空观	162
二、相对论时空观	164
§ 6.2 3K 宇宙微波背景辐射	169
一、消除不掉的噪声	169
二、宇宙起源的大爆炸理论	171
三、背景辐射的确认	176
四、背景辐射的均匀性	178
§ 6.3 宇宙的 shape 和年龄	179
一、宇宙的 shape	180
二、宇宙的年龄	182
§ 6.4 宇宙学的其他模型	183

一、稳恒态模型	183
二、疲劳光宇宙论	185
三、阿普天体	186
四、星系和反星系	186
五、收缩的宇宙	187
§ 6.5 宇宙的暴胀模型	188
一、大爆炸理论的缺陷	188
二、大统一理论	189
三、暴胀宇宙模型	191
§ 6.6 宇宙中的其他问题	193
一、下落不明的质量	194
二、宇宙中的暗能量	197
三、宇宙线及其起源	197
四、化学元素的产生	200
五、宇宙中的常数	203
六、人类面临的挑战	205
§ 6.7 霍金宇宙观简介	206
一、奇性定理	207
二、不确定原理	209
三、黑洞不是那么黑了	211
四、时间的形态	214
五、p-膜理论	215
六、虚时间	216
七、全息术在量子引力论中的应用	216
八、从膜到泡泡	219
九、回到从前	220
§ 6.8 宇宙中的哲学问题	223
一、宇宙起源中的辩证法	223
二、宇宙演化中的辩证法	225

思考题·····	228
附录一 常用天文常数·····	229
附录二 88 个星座名称 ·····	230
附录三 有关天文学的诺贝尔物理学奖·····	232
附录四 关于本书数据的一点说明·····	242
参考文献·····	243

第 1 章 天文学研究的对象、方法和意义

天文学是自然科学中最基本的科学。俗话说：上知天文，下知地理。这是对个人知识渊博的一种赞美。

一、天文学研究的对象

早期天文学研究的对象主要是天体，即能独立发光发热的恒星和行星等。随着科学的发展，人们开始研究天体的物理性质，如位置、分布、运动、结构、组成成分等（如密度、温度、质量等）。天体的物理性质等都是要研究的内容。天体的结构可分为三个层次，即原子核、原子和分子。这三个层次一个比一个小，原子核包含在原子内，原子又包含了核外电子和其他成分等。

二、天文学研究的方法

天文学是一门观测科学。它是通过观测天体的运动和位置来研究天体的物理性质。所以天文学的研究方法主要是观测。观测的方法有多种，如望远镜、射电望远镜、空间望远镜等。观测的数据可以通过计算机进行处理和分析。天文学的研究方法还包括理论计算和实验模拟。天文学的研究方法是一个不断发展的过程，随着科学技术的进步，天文学的研究方法也在不断更新。天文学的研究方法包括观测、理论计算、实验模拟等。天文学的研究方法是一个不断发展的过程，随着科学技术的进步，天文学的研究方法也在不断更新。

第一章 绪 论

§ 1.1 天文学研究的对象、方法和意义

天文学是自然界最基本的科学。俗话说：上知天文、下知地理。这是对个人知识渊博的一种赞美。

一、天文学研究的对象

早期天文学研究的对象主要是天体，而现代宇宙学则包括观测所及的时间、空间和物质的总和。对某个具体的天体而言，它的位置、分布、运动、结构、物理状态（如温度、压力、体积等）、化学组成和演化规律等都是要研究的内容。天体的结构可分为三个层次，即太阳系、银河系和总星系。这三个层次一个高于一个，太阳系包含在银河系内，总星系又包含了银河系和其他河外星系。

二、天文学研究的方法

由于天体的空间尺度和时间过程、能量形式和能量绝对值等远远超出了地球实验室所能提供的条件，所以天文学的研究方法和手段也应有别于现有其他学科的研究方法和手段。大家知道，对一个宏观物体，如车辆的运动，应用牛顿力学就绰绰有余了；对一个微观客体，如电子、原子的运动，就应该用量子力学的理论来研究；对一个天体，我们称之为宇观问题，如星系的运动，

显然上述牛顿力学和量子力学都失去了意义，而应采用相对论力学。

天文学的研究方法包括经验方法和理论方法两种。前者以尽可能多地获取宇宙信息为依据，后者以从理论上解释上述宇宙信息的含义为目的。单纯的理论分析很难确定宇宙、天体新的本质和特殊的属性，往往要通过观察才能发现这些属性。因此，天文学的理论和模型应当建立在不断地概括总结经验材料的基础上。另外，观测所获得的大量原始资料，只有通过理论分析才能在新的天文学理论中发挥作用。

经验方法又分为两种：

1. 观测方法：主要借助于光学望远镜和射电望远镜来获取宇宙的信息。

2. 实验方法：它是观测手段发展到高级阶段的产物，如人造卫星、登月飞船、航天飞机、空间探测器、太空望远镜、空间站等都是人类用于探测宇宙的实验手段。

理论方法主要是指利用数学、力学、物理学和其他学科的成果，通过理论推理而得到有关天体的科学结论的一种综合分析方法。

三、天文学三大分支

天文学大体可分为三个重要分支：天体测量学、天体力学和天体物理学。

1. 天体测量学：研究和测定天体的位置和运动，建立基本参考坐标，确定地面点的坐标，测量时间等。

2. 天体力学：研究天体的力学运动和形状。由于多体问题的力学求解非常困难，所以天体力学主要考虑太阳系的天体运动。例如用摄动理论和数值方法编算天文年历。

3. 天体物理学：应用物理学的技术、原理和理论，研究天体的形态、结构、化学组成、物理状态和演化规律等。它的次级

学科很多,按照所研究的对象可分为太阳物理学、太阳系物理学、恒星物理学、恒星天文学、星系天文学、宇宙学、宇宙化学、X射线天文学、中微子天文学;根据其观测手段又可分为射电天文学、空间天文学和高能天体物理学;从研究方法上又可分为实测天体物理学和理论天体物理学。

本书所涉及的内容基本上属于天体物理学的范畴。

四、天文学研究的意义

作为一门基础自然科学,天文学的任何进步都对人类社会具有重要的积极意义。直到今天,精确的时间和历法仍然是按照太阳系和恒星的运动确定的。上海天文台和陕西天文台的主要工作就是测时:应用测时仪器观测选定的恒星,获得准确的时刻;守时:用守时工具,如天文钟、原子钟等,计量时间;授时:利用无线电波发布时间信号。大家熟知的北京时间就是由陕西天文台发布的。

最近几十年,各种人造卫星和空间探测器频频进入太空,对它们运动轨道的控制离不开天体力学的精密计算。而对太阳物理现象(如黑子、耀斑)的研究将直接影响到地面导航、通信等。

现代天文学的研究还可启发人们去思考、探索与人类的现在和未来息息相关的各种应用技术。如通过对太阳能量来源机制的研究,获得了核聚变理论。尽管人类尚未完全掌握受控核聚变技术,但利用核裂变产生能量的核电站已遍布全球。宇宙中还有很多比核聚变能量更高的产能形式存在于天体中,尽管这些形式至今尚未完全弄清,但这已给人类提出了存在新的更有效能量转换形式的可能性。

而对在校大学生介绍科学的宇宙观和方法论,对提高学生的科学文化素质、提高辨别是非的能力、反对邪教的危害等有着极为重要的意义。

浩瀚的宇宙展现了无比的壮丽,同时也展现了无穷的神秘。

自从有了人类就开始了对宇宙的观察和思考。但到目前为止,并没有一种理论能够揭示所有的宇宙奥秘,就连宇宙是如何起源的这一似乎再简单不过的问题,其理论也正在不断争论、发展之中。是什么物质创生了宇宙?创生宇宙的物质从何而来?是什么力量使创生宇宙的物质创生了宇宙?无数的疑惑,无数的问題,促使人们进行无尽的思索,无尽的遐想,这种遐想甚至超越了常人思维的极限……

对宇宙问题的研究越深入,带来的问題就越多。一旦这些问題得以解决,必将引起自然科学的重大突破。

§ 1.2 现代天文学的起源及发展简述

人类是从认识太阳、月亮、太阳系中的行星开始认识宇宙的。很长一段时间以来,宇宙被认为是空间上无边无际、时间上无头无尾的物质的总和。随着科学技术的发展,人类已经观察到宇宙的边緣,这是距地球约 100 多亿光年的类星体。一些天文观测事实和理论研究使人们相信宇宙产生于大爆炸的一瞬间,这就使时间空间上无限的宇宙观发生了根本的变化。不仅如此,人们还能了解距地球十分遥远的恒星的物理状态,并已向太阳系中的某些天体发射了空间探测器。这一切表明,天文学是人类认识自然的最前沿的科学,天文学的研究需要用到人类最新的知识、最先进的技术。但是,天文学又是最古老的科学,它几乎是伴随着人类同时产生的,有关现代天体和宇宙的所有新概念都是建立在人类不断追求和摸索的基础之上的。

远古时代关于宇宙的神话传说可称为宇宙学的启蒙时期。人类的祖先发展到从事农牧生产的时候,逐渐意识到日月运行、昼夜交替、寒来暑往这些天象变化与他们的生活有极为密切的联系,这就导致了历法的产生。历法的制定是人类认识宇宙的开端。

与此同时，远古人类对变化多端但又遵循规律的天象由赞叹、恐惧，到信服、崇敬，随之产生了对控制自然力量的崇拜，从而有了神话和宗教的出现。世界各个民族都有自己关于开创宇宙的神话，在这些神话中都能找到主宰宇宙各种天象的神。随着生产的发展、社会的变革、科学的进步，人类征服自然、改造自然的能力日益增长，人类放弃了宇宙由神来支配的想法，开始了试图用科学的方法来解释宇宙的尝试。

公元前4世纪，赫拉克利德创立了地球每天绕轴转动的学说，并认为金星和水星运行轨道的中心是太阳而不是地球。较赫拉克利德稍后的一位哲学家亚利斯塔克甚至正确地推断出地球自转而分昼夜，地球绕日运转成岁。这个理论和哥白尼的理论很接近，所以人们称他为古代哥白尼。

一、地心说

虽然在古希腊已经有了“日心说”的雏形，但许多哲学家仍然相信宇宙本身包着一个球形外壳，地球居中。柏拉图、亚里士多德和托勒密是建立地心说体系的主要人物。

柏拉图建立了天体的运行是圆形的、宇宙外形是球形的这一宇宙结构的基本思想。柏拉图认为宇宙是以地球为中心的一层层同心球壳，地球居于同心球壳的中央不动，它的周围被水包围着，厚度是地球半径的2倍，水外便是空气，厚度约为地球半径的5倍，更外一层是火，厚度为地球半径的10倍，在这层的顶部固定着天空的万千星星，从地球中心到那里的距离总共是地球半径的约18倍。

柏拉图的弟子欧都克塞斯继承了他的老师的思想，改进了同心球的宇宙结构模型。他把日或月或者一个行星附缀在一个想象中的看不见的天球上，星体本身不能运动而随着附缀于其上的球面作匀速圆周运动。但是行星的视运动时快时慢，有顺行有逆行，一个同心圆不足以解释这种现象。欧都克塞斯力图使行星的

运动符合于观测结果，于是他设想有一套同心球，各自以不同的速度旋转。日、月以及每个行星都有它自己的一套同心圆球，这些圆球都是以地球为中心的。在欧都克塞斯的宇宙模型中同心球多达 27 个。欧都克塞斯的一个名叫喀列浦的弟子为了更详细、更精确地描述天体的运动，把同心球增加到 36 个。现在，我们都知道这种宇宙结构理论是错误的。然而欧都克塞斯和他以前的古希腊哲学家不同，欧都克塞斯力图用他的宇宙模型来解释观测到的天体运行情况，特别是行星的逆行，而在他以前的一些古希腊哲学家虽然能创立出接近于现代科学的观点，但这些观点的创立都是纯理性的分析，没有观测事实作为依据，也没有用创立的理论去解释观测事实。从这个意义上讲，欧都克塞斯是第一位称得上真正科学家的人。

亚里士多德是柏拉图的弟子，所以他几乎完全承袭了柏拉图宇宙结构的思想。亚里士多德在他的《形而上学》一书中把同心球增加到 55 个之多。他把宇宙分为八个天层，地球居于中心，向外依次为月球、水星、金星、太阳、火星、木星、土星诸天层，最外一层为恒星天层。亚里士多德认为一个物体的运动需要另一物体和它直接接触来推动它，所以有第一推动者推动了天上最外层的球壳，以便把运动逐次传递到日月五星上去，这个第一推动者就是宗教中的上帝。亚里士多德在宇宙理论上也有过积极的贡献：他以最简单而明确的方式证明地球为球形。他说月蚀时可以在月亮上看到地球的影子的一部分或全部，而影子的形状是圆周的一部分或整个圆。亚里士多德是第一个认真计算地球周长的人，虽然他计算出的地球周长比实际周长大了 85%。

托勒密是著名的天文学家、地球学家和数学家，他所发表的地心宇宙体系（托勒密体系）在天文学中占统治地位达 1300 年之久。托勒密在天文学上的研究成果主要体现在他所撰写的长达 13 卷的巨著《天文学大成》中。托勒密认为地球是宇宙的中心，天体运动可以用一些假想的、称为均轮和本轮的匀速圆周运动来

解释，一颗行星 P 附缀在一个被称为本轮的滚圆的小圆上，此圆的中心 C 在一个被称为均轮的大圆上滚动。地球 E 处在离均轮圆心 D 不远的位置，但地球仍是宇宙的中心。本轮中心 C 并非以匀速沿均轮的圆周滚动，而是以联结 C 与 Q (E 对 D 的对称点) 的直线在等时间内转过相等角度的速度旋转，行星沿着本轮进行圆周运动，如图 1-1 所示。由于行星实际上沿椭圆轨道绕

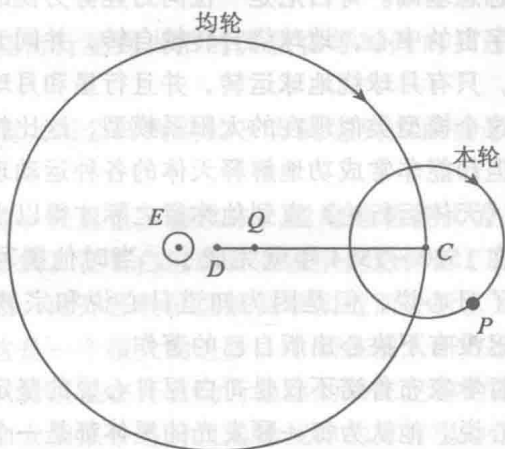


图 1-1 托勒密地心说简图

日公转，行星运动轨迹测得越精确，托勒密体系中的均轮和本轮就越复杂，而且计算越繁琐。托勒密系统的思想和亚里士多德系统的思想实质上没有什么不同，它没有触动地心说和圆周运动的本质，但是确实解释了所观测到的行星的运动，尽管到最后托勒密系统复杂得一般人无法理解。欧洲的奴隶社会解体以后，封建社会持续了一千年之久。中世纪欧洲封建社会是一个政教合一的社会，所以宗教的神学思想成了统治思想。这种思想主张精神第一，上帝万能，并且强烈反对科学，托勒密的地心宇宙观就成了神学思想的有力工具，也成了神圣不可动摇的偶像。因此托勒密