



天文学教程

上

A S T R O N O M Y

胡中为 孙 扬 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



责任编辑 杨迎春
封面设计 朱 懿



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信



天文学教程

ISBN 978-7-313-21655-7



9 787313 216557 >

定价: 89.00元

天 文 学 教 程

上册

胡中为 孙 扬 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书全面系统地阐述了天文学的基础知识,介绍了不同历史阶段出现的主要研究成果,同时也包括了各个分支领域的最新研究进展。全书分上、下两册。上册内容包括天球坐标和时间计量系统、天文观测和常用仪器、太阳系的各种天体。下册内容包括各类恒星、致密星(白矮星、中子星、黑洞)、双星、星团和恒星演化,银河系以及星系和宇宙学。为满足交叉学科的需要,本书还介绍了宇宙的元素丰度与起源。本书可作为天文、物理、地理等专业大学生的基础教材,也可供其他有关专业的师生和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

天文学教程.上册/胡中为,孙扬编著. — 上海:
上海交通大学出版社, 2019
ISBN 978-7-313-21655-7

I. ①天… II. ①胡… ②孙… III. ①天文学—高等学校—教材 IV. ①P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 150053 号

天文学教程(上册)

编 著: 胡中为 孙 扬

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

印 制: 上海天地海设计印刷有限公司

开 本: 710 mm×1000 mm 1/16

字 数: 524 千字

版 次: 2019 年 9 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-21655-7/P

定 价: 89.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 29 插页: 4

印 次: 2019 年 9 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021-64366274

前言

继往开来 开拓宇宙新视野

进入 21 世纪以来,天文学交融于迅猛发展的现代科学技术,成为最活跃的前沿学科之一。随着全波段天体电磁辐射和粒子辐射精细观测的大力发展,人造飞船探访太阳系天体,特别是对微弱的宇宙背景辐射和引力波的精准测定,古老的天文学已经进入一个突飞猛进的黄金时代。各种新发现和新成果纷至沓来,不仅揭示了天体和宇宙的新奥秘,展现了天体大千世界的美妙画卷,使人们大大地扩展了宇宙新视野,同时也出现了许多有待回答的重要问题,尤其是暗物质和暗能量这“两朵乌云”是否孕育着新的科学革命。

本书在 2003 年出版的普通高等教育“九五”国家级重点教材《天文学教程》(第二版)(高等教育出版社)的基础上改编而成。当年用过《天文学教程》第二版的青年已成长为我国天文和有关事业发展的生力军,在各自领域作出了卓越贡献,这是非常令人欣慰的!时过境迁,精英辈出,目前中国很多高校大力投入天文和有关专业的本科生及研究生培养,天文基础课也在各自改革创新,课件繁花似锦。因此,出版一部较全面系统、具备一定深度的本科基础课新教材是很有必要的。

《天文学教程》(第二版)是在已故的我国著名天文学家戴文赛教授的带领下,经过“科班弟子”几十年教学检验并不断更新完善的国家级重点教材。当年的编写者退休后,不忘初心和戴老的生前教诲,仍力所能及地调研,备写新版,参与讲座,为新人快速成长架桥铺路。由于天文学的领域很广,博大精深,尤其是近些年来物理学、航天与空间科学开辟了不同于传统天文学的新途径(诸如中微

子等粒子和引力波探测),以及融合天文学的粒子与(原子)核反应过程研究成为前沿热门领域,使得天文学发展日新月异,丰富多彩。因此教材应当与时俱进,舍弃过时的繁杂知识,更新和补充新内容,通过不同领域的合作,编写共同需要的新版《天文学教程》。

本书全面系统地阐述了天文学基本知识,并介绍了现代的重要进展,力求由浅入深,图文并茂,使用较多较新的信息资料。本书(上、下两册)基本上传承第二版的大纲和结构,上册(第1~8章)主要介绍天文学的发展历史和一般知识,以及太阳系天体的特征和运动规律。下册(第9~16章)则详细讨论宇宙中恒星和各种爆发性星体的形成和演化,以及星系和宇宙学的基本知识。新版特别增加了第15章“宇宙中的元素丰度及其起源”,从核物理的角度介绍宇宙中微观粒子的产生机制。本书可供1学年约120学时使用,也可以重点选讲80学时,其余作为课外阅读资料。本书也可供有志趣的师生和天文业余爱好者阅览。

本书撰写中参阅了一些老师的课件,吸取了同仁们很好的意见和建议,谨致谢意。感谢上海交通大学出版社对本书的器重和杨迎春博士的细致审阅与热情鼓励。

编著者虽然力所能及地吸取国内外有关著作和论文的精华,但因条件和能力所限,书中存在的缺点和错误,恳请读者批评指正。

编著者

2019年春

目 录

第 1 章 绪论 / 001

- 1.1 科技前沿的天文学 / 001
- 1.2 人类认识宇宙的几次大飞跃 / 003
- 1.3 量天尺和天文数字 / 006
 - 1.3.1 量天尺 / 007
 - 1.3.2 数目的表示和符号 / 008
- 1.4 宇宙概观 / 008
 - 1.4.1 地球 / 009
 - 1.4.2 太阳系 / 009
 - 1.4.3 太阳和恒星 / 011
 - 1.4.4 银河系和星系 / 013
- 1.5 微观、宏观和宇观 / 016
- 1.6 天文学的方法和分支学科 / 018
 - 1.6.1 天文学的方法 / 018
 - 1.6.2 天文学的分支学科 / 019

第 2 章 天球坐标和时间计量 / 025

- 2.1 天球及其基本点和基本圈 / 025
 - 2.1.1 天球概念 / 025
 - 2.1.2 天球的基本点和基本圈 / 026
- 2.2 球面三角学概要 / 028
 - 2.2.1 球面的基本概念和性质 / 028

- 2.2.2 球面三角形 / 029
- 2.3 常用的天球坐标系 / 034
 - 2.3.1 地理坐标 / 034
 - 2.3.2 天球的地平坐标系 / 035
 - 2.3.3 赤道坐标系 / 036
 - 2.3.4 黄道坐标系 / 037
 - 2.3.5 不同天球坐标的换算 / 038
- 2.4 星等、星座、星图、星表 / 039
 - 2.4.1 天体的视亮度和星等 / 039
 - 2.4.2 星座与星名 / 040
 - 2.4.3 星图 and 天球仪 / 043
 - 2.4.4 星表和天文年历 / 044
- 2.5 天体的周日视运动 / 045
 - 2.5.1 天球的周日旋转 / 045
 - 2.5.2 不同地理纬度处的恒星周日视运动 / 045
 - 2.5.3 天体的中天和出没 / 046
- 2.6 时间及其计量 / 048
 - 2.6.1 时间计量系统 / 048
 - 2.6.2 原子时和协调世界时 / 053
- 2.7 公历、农历和二十四节气 / 054
 - 2.7.1 太阴历 / 055
 - 2.7.2 太阳历和公历 / 055
 - 2.7.3 阴阳历和农历 / 056
 - 2.7.4 二十四节气 / 056
 - 2.7.5 干支 / 057
 - 2.7.6 儒略日 / 058
- 2.8 天体位置的精确测量与改正 / 059
 - 2.8.1 大气折射-蒙气差 / 059
 - 2.8.2 视差与距离 / 060
 - 2.8.3 光行差 / 062
 - 2.8.4 岁差与章动 / 063

2.8.5 恒星位置的归算 / 067

第3章 天体的运动和质量与大小 / 068

3.1 太阳和行星的视运动 / 068

3.1.1 太阳的周年视运动 / 068

3.1.2 内行星的视运动及其解释 / 070

3.1.3 外行星的视运动及其解释 / 072

3.1.4 行星的会合周期 / 074

3.2 行星的轨道根数和星历表 / 075

3.2.1 开普勒定律和万有引力定律 / 075

3.2.2 轨道根数 / 076

3.2.3 日地距离的测定 / 078

3.2.4 活力公式和宇宙速度 / 079

3.2.5 轨道运动的能量和角动量 / 082

3.2.6 引力摄动和海王星的发现 / 082

3.2.7 星历表 / 084

3.3 行星和卫星的轨道特征、引力范围和洛希限 / 084

3.3.1 行星的轨道特征 / 085

3.3.2 卫星的轨道特征 / 086

3.3.3 圆限制三体问题——洛希瓣和拉格朗日点 / 086

3.3.4 引力作用范围 / 088

3.3.5 引潮力和洛希限 / 088

3.4 行星和卫星的自转 / 089

3.4.1 行星的自转 / 090

3.4.2 卫星的自转 / 092

3.5 行星和卫星的质量和大小 / 092

3.5.1 地球半径的测定 / 092

3.5.2 月球距离的测定 / 093

3.5.3 测定天体大小的三角测量法 / 094

3.6 月球的运动、月食和日食 / 095

3.6.1 月球的运动 / 095

- 3.6.2 月食 / 101
- 3.6.3 日食 / 103
- 3.6.4 日食和月食发生的规律 / 106
- 3.7 行星会聚和掩食现象 / 108
 - 3.7.1 行星会聚 / 108
 - 3.7.2 掩食现象 / 109

第4章 天体辐射和天文观测 / 112

- 4.1 天体的辐射 / 112
 - 4.1.1 电磁辐射和大气“窗口” / 112
 - 4.1.2 天体的光谱 / 114
 - 4.1.3 热辐射定律 / 115
 - 4.1.4 非热辐射 / 117
 - 4.1.5 粒子辐射和引力辐射——引力波 / 118
 - 4.1.6 原子与光谱 / 118
- 4.2 光学望远镜 / 121
 - 4.2.1 光学天文观测仪器系统 / 121
 - 4.2.2 光学望远镜的性能 / 124
 - 4.2.3 光学望远镜的类型 / 127
 - 4.2.4 现代大型望远镜及主动/自适应光学 / 129
- 4.3 辐射分析器和探测器 / 134
 - 4.3.1 辐射分析器 / 134
 - 4.3.2 辐射探测器 / 136
 - 4.3.3 常用的探测器 / 137
- 4.4 天体光度测量 / 139
 - 4.4.1 天体光度学概念 / 140
 - 4.4.2 星等和星等系统 / 141
 - 4.4.3 大气消光改正 / 142
 - 4.4.4 色指数和色温度 / 142
- 4.5 天体光谱测量 / 143
 - 4.5.1 光谱线波长测定与认证 / 143

- 4.5.2 分光光度测量 / 144
- 4.6 射电望远镜 / 146
 - 4.6.1 射电望远镜的基本结构和性能 / 146
 - 4.6.2 射电干涉仪和综合孔径射电望远镜 / 148
- 4.7 空间望远镜 / 152
 - 4.7.1 哈勃空间望远镜与韦伯空间望远镜 / 152
 - 4.7.2 依巴谷卫星和盖娅飞船 / 154
 - 4.7.3 开普勒空间天文台 / 155
 - 4.7.4 红外望远镜 / 155
 - 4.7.5 紫外望远镜 / 158
 - 4.7.6 X射线望远镜和 γ 射线望远镜 / 159
- 4.8 行星探测器 / 163

第5章 行星地球和月球 / 167

- 5.1 固体地球 / 167
 - 5.1.1 形状和大小 / 167
 - 5.1.2 地球的内部结构 / 170
 - 5.1.3 地质过程 / 172
- 5.2 地球大气和水圈 / 179
 - 5.2.1 地球大气 / 179
 - 5.2.2 水圈 / 183
- 5.3 地球的磁场和磁层 / 184
 - 5.3.1 地球磁场 / 185
 - 5.3.2 地球磁层 / 185
 - 5.3.3 辐射带 / 187
- 5.4 地球系统科学 / 188
 - 5.4.1 开放的地球系统 / 188
 - 5.4.2 地球自转变化 / 191
- 5.5 地球的起源演化简史 / 193
 - 5.5.1 地球年龄和地质年代 / 193
 - 5.5.2 地球的起源 / 195

- 5.5.3 地球的地质演化 / 197
- 5.5.4 大气和海洋的演化 / 199
- 5.6 月球概况 / 200
 - 5.6.1 月球的大小、形状和质量 / 200
 - 5.6.2 月球的大气、水和磁场 / 201
- 5.7 月球的表面 / 204
 - 5.7.1 月陆 / 204
 - 5.7.2 月海与盆地 / 205
 - 5.7.3 陨击坑 / 207
 - 5.7.4 火山特征 / 209
 - 5.7.5 构造特征 / 211
 - 5.7.6 空间风化与陨击退化 / 212
 - 5.7.7 月球表面坐标和月面图 / 213
 - 5.7.8 人类登月活动 / 215
- 5.8 月球的内部结构和演化史 / 218
 - 5.8.1 月球的内部结构 / 218
 - 5.8.2 月球的演化史 / 219

第6章 行星、矮行星及它们的卫星 / 228

- 6.1 行星体分类和它们的结构 / 228
 - 6.1.1 行星体的分类 / 228
 - 6.1.2 行星体的结构 / 231
 - 6.1.3 行星的反照率和表面温度 / 233
 - 6.1.4 大卫星和矮行星的内部结构 / 235
- 6.2 行星体的大气 / 237
 - 6.2.1 行星体的大气成分 / 237
 - 6.2.2 类地行星的大气 / 239
 - 6.2.3 外行星的大气 / 241
- 6.3 行星的磁场和磁层 / 248
 - 6.3.1 行星的磁场 / 248
 - 6.3.2 行星的磁层 / 249

- 6.4 类地行星的表面 / 254
 - 6.4.1 水星的表面 / 254
 - 6.4.2 金星的表面 / 257
 - 6.4.3 火星的表面 / 264
 - 6.4.4 寻找火星上的生命 / 269
- 6.5 卫星的表面 / 272
 - 6.5.1 火星的卫星 / 272
 - 6.5.2 木星的卫星 / 273
 - 6.5.3 土星的卫星 / 279
 - 6.5.4 天王星的卫星 / 286
 - 6.5.5 海王星的卫星 / 290
- 6.6 矮行星的表面 / 291
 - 6.6.1 冥王星及其卫星 / 292
 - 6.6.2 谷神星的表面 / 295

第7章 太阳系小天体 / 299

- 7.1 小行星及其卫星 / 299
 - 7.1.1 小行星的命名和轨道特性 / 299
 - 7.1.2 小行星的物理性质 / 304
 - 7.1.3 小行星的表面特征和分类 / 307
 - 7.1.4 著名小行星 / 309
 - 7.1.5 小行星的卫星 / 318
- 7.2 彗星 / 321
 - 7.2.1 彗星的命名和轨道特性 / 321
 - 7.2.2 彗星的形态结构 / 326
 - 7.2.3 彗星的性质和物理-化学过程 / 333
 - 7.2.4 彗星的亮度变化、爆发和彗核分裂 / 338
 - 7.2.5 几颗著名彗星 / 341
 - 7.2.6 彗星的演变简史 / 347
- 7.3 柯伊伯带与弥散盘天体 / 349
 - 7.3.1 柯伊伯带 / 349

- 7.3.2 弥散盘 / 352
- 7.4 流星体和流星现象 / 353
 - 7.4.1 偶现流星 / 354
 - 7.4.2 流星群与彗星的关系 / 355
- 7.5 陨石和宇宙尘 / 358
 - 7.5.1 陨石 / 358
 - 7.5.2 宇宙尘 / 363
- 7.6 巨行星的环系 / 366
 - 7.6.1 土星的环系 / 366
 - 7.6.2 木星的环系 / 368
 - 7.6.3 天王星的环系 / 368
 - 7.6.4 海王星的环系 / 369
 - 7.6.5 行星环系的比较 / 371

第8章 太阳 / 372

- 8.1 太阳的基本性质 / 372
 - 8.1.1 太阳的大小、质量、光度和表面温度 / 372
 - 8.1.2 太阳的自转 / 374
- 8.2 太阳的观测 / 375
 - 8.2.1 光学观测 / 375
 - 8.2.2 射电观测 / 382
 - 8.2.3 空间探测 / 383
- 8.3 太阳的内部结构 / 384
 - 8.3.1 太阳内部层区 / 385
 - 8.3.2 揭开太阳中微子之谜 / 386
 - 8.3.3 太阳震荡 / 387
- 8.4 太阳大气——光球、色球、日冕 / 389
 - 8.4.1 光球层 / 389
 - 8.4.2 色球层 / 392
 - 8.4.3 色球-日冕过渡层 / 394
 - 8.4.4 日冕 / 394

- 8.5 太阳风和日球 / 398
- 8.6 太阳活动——黑子、耀斑、日珥、日冕物质抛射 / 400
 - 8.6.1 太阳黑子和光斑 / 401
 - 8.6.2 谱斑和耀斑 / 406
 - 8.6.3 日珥 / 413
 - 8.6.4 日冕物质抛射 / 416
- 8.7 日地科学和空间天气学 / 416
 - 8.7.1 日地科学 / 417
 - 8.7.2 空间天气学 / 417
 - 8.7.3 空间天气灾害 / 418

主要参考文献 / 422

附录 A / 424

- A.1 天文和物理常数及单位换算 / 424
- A.2 天文符号 / 428
- A.3 星座表 1 / 429
 - 星座表 2 / 430
- A.4 星图 / 433
- A.5 目视双星简表 / 436
- A.6 亮的星云、星团、星系简表 / 438
- A.7 最亮的 35 颗恒星 / 443
- A.8 主要流星群表 / 445

附录 B 彩图 / 449