# 前 言

在书店里摆满了各种基础天文学教本的今天，真有必要再写一本吗？我个人的回答是肯定的。在这引论里，我将陈述选写此卷基础天文学教本的理由。

这个教本是经我在石溪大学 (Stongbrook) 和加州大学伯克利分校 (Berkeley) 多年讲授天文学导论课 (一个半学期，共 20 讲，每讲 90 分钟)，积累和提炼而成的。该教本也适合于一学年的课程。我的同事和我的学生都鼓励我把讲义改成教本，因为他们认为我的讲义中，有一些其它天文学课本中所没有的东西。我认为最重要的是在我的讲稿中，并不只是给学生描述和罗列一些天文知识，而是力求从几个基本原理出发组织和解释这些事实。 例如，学生们不仅被告知什么是红巨星和白矮星，而且我还讲授为什么恒星会演化成红巨星和白矮星。类似地，我用现代引力场理论的几何方法，清晰易懂地解释 ”黑洞” 和 “时空弯曲” 的概念。在讲稿中，我力图向学生强调微观世界中的基本粒子、原子和分子与宏观世界中的人、恒星、星系和宇宙之间的密切联系。这样一来，我不希望误导学生把天文学看成是一门介绍使 人迷惑，而毫无内在本质联系的各种奇异天体的科学。我深感那种所谓 ”令人惊叹” ，并有无限暇想的 “天文学” 只能激起廉价的兴奋。天文学乃至科学的真正媚力在于西夏马 ( Sciama) 提出的 “宇宙和谐性”。如果我的书能够，那怕只是一点点，传播这种宇宙的和谐 性，以及众多科学家何以全身心陶醉于科学的原因，那可以说这本书圆满地表达了我的初衷。

撰写这个教本当然也还有一个技术原因。我感到在片面介绍现代天文学的基础教本比比皆是。我们确对太阳系了解得最详细。但对普通读者来说，从科学或哲学角度出发，太阳系并不是唯一的重要内容。这个教本力求对基本原理、恒星、星系和宇宙论，以及太阳系和生命 ，给于同等的关注。再者，我无意把此书写成一本面向最普通读者的初等读物。即使是对最优秀的大学生来说，本书也将是对他们智力的挑战。我感到不这样做即意味着未尽到为人师者的责任。然而，不应忽视的是基础天文学课程吸引着众多知识背景千差万别的求知者。对于那些具有强烈好奇心的商业管理系、生命科学系的学生，那些将来可能成为国会议员的学生，那些兴致勃勃才进校的新生和精疲力尽的物理系高年级的学生，以及那些医学院预科生和成人教育学院的学生，天文学确实是一门值得选修的课程。因此，我力图把本书写成可以在两种层次上使用的教材，即要求和免做书中习题的两类学生。对于非理科的学生来说，可以跳过习题，只阅读阐述和讨论的正文。对于理科学生来说，选做教本中的习题，可以帮助他们获得正文所涵 盖的 “量” 的概念。解题只需高中数学和物理，很少或几乎不涉及微积分。然而，不做习题的读者不应忽略概念推演，这种概念推演是科学的精髓，是日常解决问题关键。从长远观点看，忽略这一点是没有什么好处的。

毫无疑问，天文学是自然科学中发展得最快的学科之一。本书涉及许多尚未完全解决的论题。我将不会在书中因引入推测性的观点而致歉，我只希望在书中对此类推测有明确的标记；知识的前沿往往包含着使人疑惑不解的问题，我愿与读者一起大胆地探索这片领地。我宁愿最终证明是错误的，也不愿谨小慎微，而忽略那些非常有科学前景，却颇有争论性的新思想。在科学中，错误 并非是一种过失，只要你的猜想和结论不是轻率的。切记某些最成功科学之路，往往是迷 “误” 地走入了未开垦的科学处女地。在这一点上，一个有名的格言曰：科学不是绝对的东西；绝对的东西不是科学。读者并不因为有几个被告知最终证明是错误的论点而有任何损失。

关于单位制，谨作以下几点说明：除了标明以外，所有计算都使用 CGS 制。为了得到便于处理的值，最后的结果可能再用各种天文单位表示，即太阳质量等。星等和秒差距的使用只限于习题(特别是第九章的习题)。视亮度和绝对亮度的星等标度，对于非理科学生的天文教学来说，于其说是邦助，还不如说是麻烦，一点好处也没有。对于一般初学者来说，这种专门性的习惯用法，既不要弄懂，也不必使用。对于专业学生来说，做几道习题即可掌握这个概念。单位秒差距的使用，有使人想起测量恒星距离的观测技术的优点。而光年是一个既使用方便，又强调时空关系的长度单位。相对于大尺度的长度概念来说，大多数人比较容易理解大尺度时间概念。因此，当人们被告知恒星的典型直径只有几个光秒，而它们之间的典型距离有几光年，他们会很快的理解恒星的大小比它们之间的平均距离来说要小得多。

对于象这样一本半大众化的书籍来说，讲述天文学成就的真正归属问题是相当辣手的。天文学是一门涉及面很广的科学。而我不能说我通晓天文学各个分支的发展状况。然而，我认为在科学上把杰出的贡献归因于它们的真正发现者是有价值的，也是公平的。谁也不会梦想写一部英国文学引著，而不提及 ＜哈姆莱特(Hamlet)＞ 的作者是莎士比亚(Shakespeare)。在写此教本中，我试图遵循以下不很精确的准则来处理这个问题。一个或几个人，因他们做了开创性的研究而显著于世，我便称他们为这项工作的奠基人。尽管如此，这样的历史观常常是不正确的。若知识丰富的读者，能指出我的错误，我将感激不尽。

我的许多同事和朋友至少读了本书的部分手稿，也有人在他们的课程中，引用过这个手稿中的内容。并提出一些建设性的批评意见。在此，我要特别感谢迪克·邦德(Dick Bond)，朱迪·科恩(Judy Cohen)，马丁·科恩(Martin Cohen)，约翰·高斯塔德(John Gaustad)，彼德·戈德里奇(Peter Goldreich)，唐·戈德斯密斯(Don Goldsmith)，汤姆· 琼斯(Tom Jones) ，乔·米勒(Joe Moller)，以及 唐·奥斯特伯罗斯(Don Osterbrock)。毫无疑问，此版尚有许多错误和不足。在他们所见的早期版本中没有这些错误，当然是我后来改动所致。许多人私下很友好的答应我，再多制一些照片和提供他们所拥有的资料。我同样十分感谢出版商布鲁斯·安希鲁斯特(Bruce Armbruster)，手稿编辑艾丹·凯列(Aidan Kelly)，以及制作编辑迪克·巴拉马(Dick Balmer)，感谢他们的耐心和努力。他们向我显示了在出版艺术中的真正的职业家必须对他的工作抱有满腔的热忱。最后但绝非是不重要的，我谨感谢徐海伦(Helen Shu)的邦助和支持。她不仅教我所需的生物学知识，而且倾注了她的所有艰辛。

# 敬请授课者注意

＜物理学宇宙＞ 是为几个不同层次的读者撰写的。作为文科学生的基础天文学，我建议跳过习题和书本中大部分方程，这些方程的含义总可以从邻近的课文内揣摩出来。这样，使 用该教本将向读者连贯讲述天文学的伟大的科学思想和惊人的发现，它们将有助于读者形成一座在浩瀚的宇宙中，基于人类智慧的现代科学大厦。讲授不仅是描述，要更侧重于解释教本中的内容。在很大程度上，该教本自成一个系统。它提出了一些为了懂得各个不同科学领域之间联系所必要的重要概念。具有较好高中数理基础的学生，对教本出现的方程不会有什么困难。他们可以从适当地选做一些习题中获益。习题出现在那些需要用习题扩大和深化正文的地方。在教学(从代数至微积分)和概念(从简单的证明到尚未定论而要查阅研究文献继续探索的问题)两个方面。习题的困难程度变化很大。因此，一些授课者可以使用 ＜物理宇宙＞作为大学三年级或四年级的基础天文学课本。

最近几年，书的印刷费用暴胀，为了减少学生负担又不明显降低此教本的教学效果，经作者同意，出版者在该版中删略采色插图。

# 目录

前言

**第一部分 基本原理**

1. 科学的诞生

星座和航海

星座和计时

占星术的兴起

天文学的兴起

现代天文学

天文宇宙的粗略尺度

宇宙的成圆

2. 经典力学、光和天文望远镜

经典力学

光的性质

*平面波的能量密度和能流*

*带电粒子对光的响应*

天文望远镜

*折射*

*棱镜的原理*

*透镜的原理和折射望远镜*

*反射*

*抛物镜原理和反射望远镜*

*角分辨率*

*天文仪器和测量*

3. 微观物理学中的重要定律

力学

*引力定律的高斯公式*

*能量守恒*

*万有引力定律*

*电场力*

*电场力和引力的相对强度*

*电磁学*

*核力*

量子力学

*光的量子力学行为*

*物质的量子力学行为*

*氢原子光谱*

*角动量*

*轨道角动量*

*自旋角动量*

*量子统计*

*元素周期表*

*原子光谱学*

狭义相对论

*时间膨胀*

*洛仑兹收缩*

*相对论性多卜勒频移*

*相对论性质量增加*

*质量等同原理*

*相对论量子力学*

哲学性评述结语

4. 宏观物理学中的重要定律

热力学

*热力学第二定律的另一种表述*

*热力学的统计基础*

统计力学

物质的热力学行为

*理想气体的性质*

*声波和冲击波*

*实际的气体、液体和固体*

*宏观量子现象*

辐射的热力学行为

一个实例

哲学性评述结语

**第二部分 恒星**

5. 作为恒星的太阳

太阳大气

太阳的内部结构

*太阳中的辐射转移*

*太阳的能源*

*太阳的稳定性*

*恒星结构原理概要*

*太阳的对流层*

太阳的色球层和日冕

*太阳的磁活动*

太阳与另外的恒星以及与人类的关系

6. 核能和原素的核成

物质和四种力

*原子和中子*

*电子和中微子*

*粒子和反粒子*

*力的量子力学概念*

核力和核反应

*强核力*

*弱核力*

*原子核*

*热核反应*

*质子－质子链*

*CNO 循环*

*热核反应的温度灵敏性*

*原子核束缚能*

*三 α 粒子反应*

*热核聚变的一般模式*

*γ过程和s过程*

*太阳中微子实验*

将来的推测

7. 恒星的终态

白矮星

*电子⎯简并压力*

*白矮星的质量 ⎯ 半径关系*

*白矮星的光度源*

中子星

*中子星的质量上限*

*可作为脉冲星观测的中子星*

*中子星的质量*

黑洞

*时空的引力扭曲*

*黑洞热力学*

哲学性评述结语

8. 恒星演化

理论的H ⎯ R 图

*主序星的性质*

低质量恒星的演化

*上行的巨星分支*

*氦闪和向水平分支的下行*

*上行的渐近巨星分支*

*行星状星云和白矮星*

大质量恒星的演化

*逼近铁灾变*

*II 型超新星*

哲学性评述结语

9. 星团和哈罗图

观测的哈罗图

*光度*

*有效温度*

*UBV 光电光度测量和光谱分类*

*光度级*

近太阳恒星的哈罗图

星团的哈罗图

*开星团*

*毕星团的距离*

*造父周 ⎯ 光关系*

*球状星团*

*天琴 RR 变星*

*星族 II 造父变星*

星团动力学

哲学性评述结语

10. 双星

双星的目视分类

双星的形成

潮汐影响下的轨道演化

洛希模型下的密近双星分类

*在半相接双星中的质量转移*

*在相接双星中的能量转移*

半相接系统的演化

*不相接子星为正常恒星：大陵型星*

*吸积盘*

*不相接子星为白矮星：激变变星*

*不相接子星为中子星：双星、X射线源*

一些特别有趣的密近双星

*天鹅座 X 射线源：是一个黑洞吗？*

*双星脉冲星：爱因斯坦广义相对论的证据*

*SS433*

结语注释

**第三部分 星系和宇宙论**

11. 星际介质

星际尘埃的发现

星际气体的发现

气体星云的不同光学特征

*暗星云*

*反射星云*

*热发射星云：氢 II 区*

*非热发射星云*

*超新星遣迹*

气体星的电波辐射特征

*电波复合线*

*热电波连续辐射*

*HI 区的21 厘米线辐射*

*分子云的电波谱线*

气体星云的红外特征

星际介质的紫外、X 射线和γ射线观测

宇宙线和星际磁场

恒星和星际介质的相互作用

恒星消亡

恒星的诞生

结语注释

12. 银河系

银河系的大小和真实形状

星族

*恒星的运动和银河系形状*

*质量无踪问题*

*本地质光比*

*银晕质量*

银河系的较差自转

*本地静止标准*

*银河系质量的粗略估计*

*恒星计数的意义*

*本轮轨道理论*

*大尺度较差自转速度场*

*气体层厚度*

*动力学距离*

螺旋结构

*旋臂的性质*

*银河系螺旋结构的密度波理论*

*;螺旋结构的基本成因*

*旋臂上的恒星形成*

结语注释

13. 宁静和活动星系

Shapley ⎯ Curtis 之争

*螺旋状星云的距离*

*螺旋状星云：是恒星系统或是气体系统？*

*隐带*

*争论的解决*

星系的分类

*哈勃形态分类*

*椭圆星系*

*螺旋星系*

*哈勃形态分类的改进*

*星族*

*范登贝尔分类*

规则星系的亮度和质量的分布

*星系的表面光度测光*

*椭圆星系的速度弥散和螺旋星系的旋转曲线*

*椭圆和螺旋星系的L ～ ν4 定律*

*棒旋星系动力学*

活动星系

*西佛星系*

*蝎虎 BL 天体*

*电波星系*

*类星体*

活动星系核的超质量黑洞模型

星系核

捡测超质量黑洞的观测能力

*银河系核*

*M87 核*

哲学评述结束语

14. 星系团和宇宙的膨胀

互扰双星系

吞并星系

阶式成团

*富星系团*

*星系吞并*

*在富星系团中的热气体*

*在富星系团中的质量*

*在富星系中的无踪质量*

*有关小星系群和星系团的疑惑*

宇宙膨胀

*河外星系的距离尺度*

*哈勃定律*

*哈勃常数值*

*哈勃定律物理意义的朴素解释*

哲学评述结语

15. 引力和宇宙论

牛顿宇宙论

*宇宙论原理*

*在牛顿宇宙论中引力的作用*

*膨胀率的减速*

*宇宙年龄*

*宇宙最后的命运*

广义相对论和宇宙论

广义相对论基础

相对论性宇宙

时空的大尺度几何学

*空间弯曲*

*时空弯曲*

*平宇宙和开宇宙*

*利用哈勃图作宇宙论测试*

结束注释

16. 大爆炸和物质世界的开创

稳恒态大爆炸

*电波星系和类星体的分布*

*奥伯斯佯谬：为什么夜晚的天空是黑的？*

*宇宙微波背景辐射*

热大爆炸

*早期宇宙的热史*

*大爆炸核合成*

*氘问题*

*大质量中微子*

*宇宙的演化*

物质宇宙的开创

*物理学知识的限制*

*质 ⎯ 能从虚无中产生吗？*

*宇宙的品性*

*物质和反物质的不对称性*

*破缺对称*

*局域对称和力*

*超对称、超引力和超统一性*

哲学评述结语

**第四部分 太阳系和生命**

17. 太阳系

太阳系成员

*行星和它们的卫星*

*小行星：流星体，流星和陨星*

*彗星*

行星内部

*内部结构*

*力学平衡*

*热转移和能量平衡*

行星环的起因

行星大气

*类地行星大气的热结构*

*逃逸温室效应*

*外气层*

*行星环流*

*风暴*

*海洋环流*

*木星大气*

*磁场和磁球*

太阳系天文学与其本领域天文学的关系

18. 太阳系和地球的起源

太阳系和地球的年龄

*放射性*

*放射定年*

*流星的爆光年龄*

*放射性元素的年龄*

行星的运动

*行星运动的开卜勒第三定律*

*开卜勒定律牛顿推导*

*太阳系的动力学演化*

*太阳系中的共振*

*决定于初始条件的太阳系正则性*

太阳系起源

*星云假设*

*类地和类木行星的差别：凝聚理论*

*行星大小和它们的轨道空间*

*月亮、环和彗星*

地球的起源和演化

*固态地球的溶化*

*地球大气和海洋的形成：大嗝*

*大陆漂移和海床扩展*

*陆洲的过去和将来*

地球生命的出现

*地球大气的演化*

*臭氧层的演化*

*生命对改变地球大气的作用*

历史评述

19. 地球生命的特性

生长

繁衍

自然选择和进化

*进化的无目标性*

*达尔文的伟大成就*

*有利于达尔文进化论的证据*

宏观和微观进化论的桥梁

*生命基本单元的细胞*

*遗传基本单元的基因*

*染色体、基因和 DNA*

分子生物学和生命的化学基础

*中柱*

*蛋白质合成*

*ATP 和酶*

*细胞分裂*

*性繁衍*

*细胞变异*

*病毒：生命的开端*

*癌、肿瘤和生物的进化*

哲学评述结语

20. 宇宙中的生命和生灵

地球生命的起源

*自发生的巴斯德实验*

*生命化学起因的假说*

地球生命简史

*最早期的细胞：先核*

*细菌中的性别：真核的出现*

*多重细胞组织和细胞变异*

*社会的组织性*

宇宙中和地球上的生灵

*人类文化出现的时间尺度*

*在银河中的智彗生命*

*UFO，古代宇航员以及类似的无稽之谈*

*银河系文明世界数目的估计*

地球生命和生灵的未来

*作为脑基本单元的神经元*

*脑组织和智慧*

*硬件、;软件、基因工程和教育*

*人工智能*

*地球上的硅生命*

*宇宙超人*

两个文明的童话

后记

附录

A. 常数

B. 欧几里得几何

C. 希腊字母

D. 周期表

术语汇编