

普通天体物理学

J. C. 佩克尔 E. 夏茨曼

科学出版社

J. C. Pecker et E. Schatzman
Astrophysique Générale
Masson & Cie, Paris, 1959

內 容 簡 介

本书內容共分五篇：第一篇介紹本书讀者所需掌握的一些基本的物理概念；第二篇敘述仪器和观测技术；第三篇論述恆星物理，是本书的主要部分，对恆星大气与內部結構，闡述特別詳細；第四篇討論恆星系統；第五篇討論太阳和太阳系。

本书內容丰富，材料新穎，是天文領域中的一部好书，可供高等学校、天文专业和物理专业高年級学生閱讀，也可作天文工作者的参考用书。

普 通 天 体 物 理 学

J. C. 佩克尔 E. 夏茨曼 著
李 珩 譯

*

科学出版社出版

北京朝陽門大街 117 号

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

*

1964 年 11 月第 一 版 开本：787×1092 1/18

1964 年 11 月第一次印刷 印张：35

精裝：0001—1,500 插頁：24

平裝：0001—1,200 字数：841,000

統一书号：13031·1932

本社书号：2981·13—2

定价：[科七] 精裝本 6.60 元
平裝本 6.00 元

譯 者 序 言

这本书是法国两位有名天文学家根据他們在大学的讲义編写而成的。內容丰富,材料新穎,是天体物理学的一本好书,可供天文专业和物理专业高年級学生閱讀,也可作天文工作者的参考书。作者希望年輕的研究者在閱覽专门杂志的艰难道路上,能够从这本书得着一些帮助。

本书分为五篇。第一篇是基本物理概念,扼要地叙述了有关統計学、經典力学、流体力学、光譜学及輻射与物质之間的能量交换和統計平衡的理論。包括有湍流、磁性流体动力学和磁阻尼輻射等嶄新題材。

第二篇主要是关于仪器和观测技术的叙述,討論了大气消光、光度学、分光学与分光光度学,以及光学望远鏡、零件、装置与圓頂室,也簡略地提到射电望远鏡与干涉仪、干涉滤光器与火箭。

第三篇讲述恒星物理,是本书的核心,其中有关作者专长的題目,如恒星大气与內部結構,闡述得特別詳細。这一篇先叙述恒星光譜的分类及根据恒星大气理論給予的解釋。然后說明輻射轉移的問題,大气模型的計算,譜綫与其輪廓的形成。再討論到局部热动平衡的偏离、相干与非相干散射,并应用生长曲綫法,以測定温度与元素的丰富度。

在这一部份之后描写了恒星視差、赫罗图、质光关系、双星与质量。变星一章叙述相当詳尽,并談到脉动理論,且介紹了冲击波。各类变星皆有典型光变曲綫的說明。

恒星內部結構一章談到有关經典物理和原子核物理的知識,例如原子核碰撞截面与天体物理有关的热核反应等。恒星結構的原理与其模型的計算都有詳細的举例,并应用以研究演化的問題。最后討論到白矮星,并涉及流体力学和稳定方面的問題。

第四篇討論恒星系統,开始叙述恒星的运动与分布,并涉及星团与星协,归結到銀河系中心的測定与各种次系的区别。继后两章是恒星运动学与动力学,討論一些經典的与近代的問題,例如星团与星协的結構和稳定的問題;利用 21 厘米射电波的观测,且根据銀河系較差自轉的理論,以描繪銀河系旋渦臂的結構。其次一章再回到恒星演化的問題,并引用銀河星团、光度函数和其他数据,以为推理的事实根据。

在长达三万字的一章內,討論了星际物质的重要問題,从統計方法开始,談到星际吸收、散射、偏振等現象的观测与理論。更談到发射星云的物理性质和 21 厘米发射波与連續波。这一篇的最后一章討論了河外星系和有关宇宙論的各种理論,篇幅虽然不多,但在天体物理学书中却是必須談到的一个題目。

第五篇論到太阳,这一課題也是一位作者的专长。本篇除了在能量分布、临边昏

暗、太阳模型、色球、日冕、磁效应与磁性流体效应之外,还有两章叙述太阳黑子、太阳活动与日地关系。最后一章叙述了行星和太阳系里的小天体及行星表面温度、大气逃逸、内部结构等问题的理论。

本书很成功地将天体物理学在近二十年内的成就表达出来。其中有些反映作者专长的篇章叙述得特别详细,而另外一些章节的编写稍嫌简略,译者特别补入一些最新文献,以供读者作进一步的参考。

本书译者在北京天文台程茂兰先生的鼓舞下从事翻译,又蒙天体物理学家龔树模、王授琯、黄礪(第一篇),閻林山、胡景耀(第二篇),李競、黄磷(第三篇),賀天健、李競(第四篇),叶式輝、林元章(第五篇)諸位同志不惜花費精神,給予細致和反复的校閱,使译者对于誤解錯落之处得加修改,译者謹向他們表示敬意与感激。译者希望譯文不致有重大錯謬,得完成朋友們的期望,使这譯本对于天体物理学在我国的发展起一点小小的作用。

原书中有几十处排印及征引錯落之处,翻譯时都一一加以修正,但译者仍恐譯文有錯謬和难解之处,尚望讀者提出批評意見,以便再版时加以修改。

2P66/36 11

中文版序言

中法两国天文学家之間一向为友誼所联系，我們很高兴今天中国天文界里許多朋友是我們在法国早就認識的。李珩教授不惜花費大量劳力將我們的书譯成中文，使我們深深地受到感动。1955年我們着手写这本书的时候，并没有想到它的讀者会这样快就普遍到全世界；这个事实使我們相信这本书实在滿足了一般的需要。发行了几年之后，我們認識了本书的缺陷，但是对于象天体物理学这样进展迅速的科學，书里有一些缺陷是难免的。我們本意要在这本书里提供天体物理学的基本工具，六年后看去，这目的大致是达到了的。也許下列几章需要加以补充：如热动平衡的偏离，河外星系，电离介质物理与其在太阳物理学上的应用。但是这本书不是一本百科全书，它的讀者对象是预备做研究工作的学生，我們不可能对每个問題作深透的討論，只是为他們的学习提供一些基本的知識而已。

我們希望中文譯本能够幫助我們中国的同事和朋友去培养許多学生和研究工作者。法文本不少排印錯誤之处，經李珩教授加以仔細的校勘，使譯本更加完善，唯一的缺陷是作者們为自己的研究工作所影响，不免有一些任性偏重之处。也許讀者在他們研究方向的选择上可能受到这种影响。我們希望讀者根据最近的研究趋势去决定自己的方向，那样才会对天体物理学的进展有所貢獻。

在这个为政治分裂的世界里，科学思想的一致和科学家之間的友誼，实在是超越国界不可多得的幸福。我們誠懇地感謝李珩教授，他的劳力对于中法两国天文学家之間的友誼以及我們两国人民之間的和好，无疑地作出了貢獻。

J. 佩克尔 E. 夏茨曼

巴黎天体物理研究所 1962年1月19日

前 言

这本书是为大学物理系和数学系预备天文学文凭考试的学生而编写的。它是根据近几年作者在克勒孟菲让 (Clermont-Ferrand) 和巴黎两大学的讲义加以发展而写成的。

作者认为这本书可以填补一个空缺：无论是在法国还是外国，目前出版的论述天体物理学的书籍可以分为两类，一类是通俗的（高级的或初级的），另一类是关于天体物理中各个狭窄领域的极专门的著作。因此，似乎有必要在这两者之间有一种中间水平的著作，不但为了供大学生阅读，而且可以给青年科研工作者参考，我们希望这本书对于他们在开始阅读专门文献的艰难道路上能提供一些帮助。

首先我们必须提出，天体物理是一门独立的科学。

就一方面说，在天体或星际的物理情况，如温度或密度的范围，要比实验室里的情况广阔得多，我们甚至可以似非而是地把物理学包括到天文学里面去，而且天体物理上的发现常先于或导致物理学上的重要发现。例如，白矮星与简并态，高度电离元素的谱线理论，热核反应，磁性流体动力学等等。

就另一方面说，天体物理学的主要任务是认识宇宙和组成宇宙的天体。基础的物理学技术与概念只是作为天体物理的工具，而且对于不同的天体使用不同的工具。在这意义上，天体物理学成为一种“应用科学”，正如物理、化学、气象学或矿物学……那样。为了达到目的，它用了一切可用的方法而不计及其一致性。

这就说明为什么近三十年来安排大学和其它学校的课程的人，虽然知道天文学的重要性，而却把它当做是一种应用科学，一种次要的科学，在强调基本训练的方针下，把它忽略掉了。可是他们却忘记了，对于应用科学或工程技术而言，天体物理学有它基本的意义。他们没有充分考虑到天体物理学的一些应用，如电离层，地磁与气象的预报，太阳能的利用，一种非比寻常的、毫无危险的核物理实验室* 的利用等等。

天体物理学所处的这种两可的地位，以及所带有的纯粹科学与应用科学的色彩，使得更有必要让它在大学课程里占有应有的位置。

要在几百页的篇幅内将整个天体物理学叙述清楚，肯定是一个过奢的计划。天体物理学是一门既陌生又广阔的科学，由于材料丰富，不得不有所删裁；另外，恒星物理所要联系到的物理学，其内容之繁复，分枝之众多，形成一个冗重的汇集，这些难题作者恐怕不能说是已经解决，这是应当请求读者原谅的。

我们要着重提出，事实上，天体物理学不象数学那样，是一门可以逻辑地贯穿起来叙述的科学。它是一门发展迅速而又凌乱的科学，其中逻辑推理和观测事实相互交織，甚至发生矛盾。我们相信，在这本书的开头，将我们所需要的近代物理学基本

* 意思指星球世界。——译者注

理論和儀器加以簡略的敘述，是必不可少的。雖然這些資料的絕大部分，即使不能在大學教科書里找到，但是在學生們所能見到的著作中，特別是在 Masson 出版社出的書中是找得着的。至於還沒有法文書籍（至少是初級水平的）敘述過的有關純粹天體物理學的知識，我們將按“螺旋上升”的方式加以描寫。例如，從熱氣體的物理學出發，去說明恆星光譜的經驗分類，而這種分類的進一步深入的研究，又須回到恆星大氣的理論。我們希望主要的綫索總是清楚的，讀者遵循它就可以安然通過天體物理學的迷宮。

這樣的敘述方法有時會遇到的困難是在於如何對所處理的問題選擇一個合理的觀點：我們可以按照研究的方法將問題分為若干章，例如攝譜學，射電天文學，太陽攝譜學等；或者按研究的對象分章，如太陽，行星，恆星等。除了天文技術的一般描寫之外，天體物理學在今天已經是一門有了相當組織的科學，使我們無需知道儀器設置的細節，便可對整個結果有一個概觀，我們已經達到了一個綜合的階段。儘管如此，但仍然有些部門，如射電天文學，技術問題還是占着主要的地位，不管它的成就有多么驚人，主要的課題還是要求助於新儀器。肯定地說，我們是決定了採取“綜合的”觀點。雖然本書中有一篇專講儀器，但是已有的成就是按天體，而不是按方法敘述的。為着略為減輕這樣做所引起的困難，我們希望借助本書的索引，讀者可以在書中各個地方找到方法方面和应用方面的各種技術問題。

困難不只是在書的內容和計劃上。另外在編寫時，我們大量採用了某些優秀著作里的論證和圖表；在編寫第二篇時，丹容 (Danjon) 和古德爾 (Couder) 的“反光和折光望遠鏡”一書便給予我們不少的幫助。因此，在本書的各個分支里，我們怎么能以專家自居呢？但愿這些被我們所掠美的作者，把我們的征引，當作是對他們專長的敬意。

在編寫時還須考慮到平衡的問題；有些問題，如太陽物理固然已經有不少的著作，但其他問題，如恆星的內部結構只有少數人在研究。又如恆星大氣的理論，該課題研究成果之多，使我們不能將所有做過的工作一一加以綜述。還有不少研究，雖然現在還往往有人引用，近年來已成陳腐。在那些尤其彰明較著的情形中，我們只得將這些已被揚棄的理論的邏輯性論述代之以簡略的歷史敘述。

最後，為了明白易懂起見，我們盡量多用插圖，並列出很多數字表。每章末尾附有簡要的文獻，以便讀者作進一步研究的參考。

許多同事和朋友對本書提出批評與建議。讓我們特別向下列諸位致謝：伯耳 (M^{lle} Bel)，卡納瓦基婭 (M^{lle} Canavaggia)，凱雷耳 (Cayrel)，夏德奧 (M^{lle} Chadeau)，丹容 (Danjon)，德拉伊 (Delhaye)，費倫巴赫 (Fehrenbach)，昂翁 (Hénon)，馬邵克斯 (Massaux)，明納爾特 (Minnaert)，佩克爾 (M^{me} Pecker)，萬·爾格莫特爾 (Van Regemorter)，萬·特維爾 (M^{me} Van T'Veer)，邱克馬恩 (M^{lle} Zuckermann)。

历史簡介

天体物理学成为一門独立的科学还是相当近代的事。

可是它的开始却可追溯到很早的时期。当人們研究的对象不尽限于天体的方位,而推广到天体的性质、大小和起源的时候,可以說天体物理学已經誕生了。这样說来,古代人表現在神話里的玄想和开天辟地的傳說,也可算是天体物理学的萌芽了。

但是直到哥白尼和伽利略的时代,这一类的探討才得到真正的发现。自从那个时代以来,天体物理学循着三条不同的、而却互相影响的路徑向前进展:即 a) 仪器和追求知識的工具的进展; b) 对于宇宙的認識与描繪; c) 思想認識的进展,或表現在宇宙的起源和演化論里,或表現在研究的方向上。

a) 先談仪器进展的主要阶段(参看第二篇)。

17 和 18 世紀里折光和反光望远镜的发明与发展,如消色差物鏡,鍍銀、鍍鋁的反光鏡,目鏡,測微器等的改善,使太阳系里的天体,双星,变星,星团等观测得以展开。

19 世紀里因使用物鏡成象获得了几种重要的成果。如方和斐(Fraunhofer),克希霍夫(Kirchoff),哈根斯(Huggins)和塞西(Secchi)之于光譜学;让桑(Janssen),哈根斯和德腊珀尔(Draper)之于天体照相,以后更将光电技术用在天文的研究上。照相增加了仪器的能力,为我們提供了可以在任何方便时刻加以研究的客观条件,这无疑为天文学带来了最大的革命,从而开辟了現今的阶段。

在改进太阳观测技术的同时,終于突破了日食观测听天由命的情形。如利用让桑和洛基尔(Lockyer)的摄譜仪,哈根斯的寬縫,赫耳(Hale)和德朗达尔(Deslandres)的太阳单色光相机,以及最近李約(Lyot)所作成的日冕仪、单色濾光器、日冕計等一系列优良仪器进行观测。

为探測日益遙远的宇宙,人們制造了大型的仪器,如威尔逊山和帕洛馬山的巨型望远镜。在相同的目下,拉耳芒(Lallemand)的电子望远镜使一般望远镜增加 100 倍的能力,同时施密特照相鏡使我們得以研究銀河系的結構。

另一方面的进展,当是将观测推广到和可見光的波长迥不相同的电磁波。自 1940 年以来,射电天文学在无綫电波的領域里(由毫米波至米波)开辟了广大的研究园地。在紫外区,利用大气外火箭和人造卫星进行观测,在不久的将来将大大扩大我們認識的范围。

b) 在天文仪器提供新資料的同时,物理学的进展使我們得以解釋这些資料。就发展的次序而言,先有牛頓的物理学(这使行星系的运动作出了总结);继后有光学和电学的发展(这使我們得以制造新仪器);再后是相对論,量子論对原子的更深刻的認識,波动力学,原子核物理学等。

因此人們更清楚地認識了宇宙：在太陽系里發現了許多衛星〔伽利略，赫歇耳（Herschel）〕，小行星〔奧耳貝斯（Olbers），高斯（Gauss），白塞耳（Bessel）〕以及彗星，流星和隕星的天文性質與行星的物理性質；同時人們也更好地認識了太陽，得以辨別光球、色球、日冕等不同的大氣層，而且知道了各層里的溫度與壓力。另一方面，雖然我們已經了解太陽活動的周期性，可是對這一現象我們還不能作出解釋。

自 19 世紀以來，天體測量學的進展使恒星的距離、大小、質量和運動等問題都得以列入研究日程內〔白塞耳，斯特魯維（Struve），卡普泰因（Kapteyn），邁克耳森（Michelson）〕。銀河系的結構更加明確〔奧耳特（Oort）〕。特殊恒星〔斯特魯維，安巴楚敏（Ambarzumian）〕和星際物質〔斯冲格林（Strömgren），斯皮澤爾（Spitzer）〕的重要性日益顯著。恒星的物理性質和分類也更加清楚〔埃姆登（Emden），羅素（Russell），赫茲普龍（Hertzsprung），米耳恩（Milne），愛丁頓（Eddington），強德拉斯卡（Chandrasekhar）〕。

越過銀河系里的星星，我們認識到遠方的星云是由恒星組成的星系〔哈布耳（Hubble）〕。河外星系的距離〔夏普勒（Shapley）〕和它們所表現的散離〔哈布耳，斯里弗爾（Slipher），哈馬桑（Humason）〕均得以測定。天文學家發現了星團、星系團以及星系間有大量物質的存在〔茲威基（Zwicky）〕。

c) 可是天文學家並不滿意於只對現時所看見的宇宙作靜止的描繪，他們還追求一個普遍的概念去說明由觀測得來的現象。於是他們便不能不接觸到哲學的思維，在現象的解釋上，精密的理論、邏輯的推闡和不可避免帶有形而上學色彩的假設，三者之間的取舍有時是很困難的。

從力學和熱力學的观点出發，研究多式多樣的宇宙，形成近代的天體演化學說。從 17 和 18 世紀的太陽系起源的假說〔笛卡兒（Descartes），康德（Kant），拉普拉斯（Laplace）〕到 19 世紀的恒星演化學說（洛基爾），我們現時正在明了演化過程的機制，想從一瞬間的現象以窺破永恒。我們認識河外星系雖然是最近幾年的事，但這些星系卻為我們提出了宇宙結構的問題。在這一類問題的研究上，我們已經不滿意於牛頓的引力理論，而使用了愛因斯坦的相對論，於是建立了不同的幾個宇宙模型〔愛因斯坦，弗里德曼（Friedmann），德希特爾（De Sitter）〕。在這一類的問題上，假說在不斷地更換，為着探測日益遙遠的宇宙，這是我們必經的歷程。

本世紀初人們還把宇宙當做是靜止的，現今卻已認識到它具有多式多樣的運動，而且永遠在變化不息的過程之中。我們在這本書里敘述現今（1959）大家認為是確定了的和還是在假說中的一些知識。如果這本書不久便成為過時，我們並不以為可惜，而卻感到歡喜。因為，這不是正表現我們的科學富有發展的生命力嗎？

目 录

譯者序言	iii
中文版序言	v
前言	vii
历史簡介	ix

第一篇 物理学的基本概念

第一章 統計学的基本知識	3
1. 概率 通論	3
2. 概率論的記法	4
3. 組合分析	5
4. 分布定律	7
5. 相关系数	10
6. 估計的問題 抽样的利用	12
第二章 力学与流体动力学的問題	16
7. 力学定律的拉格朗日与哈密頓表达式的建立	16
8. 刘維定理	18
9. 波动理論概要	19
10. 冲击波理論概要	22
11. 特征曲綫法	24
12. 湍流理論概要	28
13. 磁性流体动力学	31
第三章 光譜学概論	37
14. 光譜 光譜項	37
15. 光譜的图解与分类	37
16. 玻尔原子	40
17. 过渡到波动力学	42
18. 电子的自旋 原子的符号	45
19. 能級間的跃迁	47
20. 分子的能級	48
第四章 物质与輻射之間的相互作用問題	51
A. 統計平衡	51
21. 玻耳茲曼定律	51
22. 电离平衡的研究 沙哈定律	54
23. 双原子分子結構的离解 古德堡-瓦格定律	55

B. 物质与辐射之间的能量交换	57
24. 普朗克定律.....	57
25. 振子的经典理论 色散.....	59
26. 相对论概要.....	61
27. 电子的辐射.....	64
28. 对磁阻尼辐射的应用.....	69
29. 发射、吸收与受迫发射.....	74
30. 绝对振子强度的计算.....	76
31. 相对振子强度.....	77
32. 激发能级的宽度 谱线的自然宽度.....	79
33. 原子碰撞阻尼.....	81
34. 离子与电子的碰撞阻尼 线性和二次斯塔克效应.....	84
35. 统计多普勒效应.....	87
36. 连续吸收.....	89
C. 热动平衡的偏离	90
37. 局部热动平衡的讨论.....	90
38. 玻耳兹曼定律的偏离.....	91
39. 电离能级的分布.....	94
 第二篇 仪器与观测方法 	
第一章 天文观测的局限性	99
40. 地球大气的选择吸收.....	99
41. 地球大气的非选择消光.....	103
42. 消光与吸光的改正.....	104
43. 大气折射与星光闪烁.....	105
44. 目视观测的局限性.....	107
45. 天文观测的物质条件.....	109
第二章 光度测量	111
46. 定义与单位.....	111
47. 单色光度测量.....	113
48. 定标和标准化.....	116
49. 标准光源 黑体.....	117
50. 目视光度测量 光度星表.....	121
51. 照相底片的性质.....	125
52. 照相光度测量.....	127
53. 光电光度测量.....	129
54. 辐射星等与热星等.....	131
55. 太阳热辐射测量.....	133
第三章 光谱分析 分光光度测量	136

56. 有縫摄譜仪	136
57. 无縫摄譜仪 物端棱鏡与物端光柵	138
58. 波长的測量	139
59. 直視棱鏡	140
60. 分光光度測量	141
61. 磁場的測量	142
62. 太阳表面微弱磁場的測量	144
63. 恒星磁場的測量	145
64. 測微光度計	147
65. 光譜观测的导星和光譜展寬等問題	147
66. 干涉濾光器	148
第四章 物象的形成	149
67. 引言	149
68. 物鏡制造的发展史	149
69. 象的大小 分辨率	151
70. 色象差	155
71. 几何象差	156
72. 物鏡的檢驗	161
73. 象的亮度	164
74. 有显著視直徑的物体	166
第五章 复合物鏡的結構	167
75. 折射物鏡	167
76. 拋物面反光鏡	170
77. 干涉的方法(光学天文与射电天文)	172
第六章 物象的观测	176
78. 目視观测	176
79. 照相观测	179
80. 物象的光电研究	181
81. 射电成象的观测: 波导 天綫	184
82. 偏振輻射的測量	185
第七章 天文仪器的附件、装置与运动	189
83. 目鏡	189
84. 天文仪器的装置	192
85. 定天鏡、定星鏡、圓頂室	195
第八章 几种重要的近代天文仪器	197
86. 方位天文学的仪器	197
87. 天体物理学的大型仪器	199
88. 射电望遠鏡与射电干涉仪(参看 § 77)	200
89. 經典太阳物理的仪器: 摄譜仪与太阳单色光照相仪	201

90. 李約的偏振濾光器·····	203
91. 日冕儀与日冕計·····	207
92. 高空火箭与人造卫星·····	209
93. 天文远征队·····	210

第三篇 恒 星 物 理

第一章 恒星光譜的經驗分类法 ·····	213
94. 原則与历史·····	213
95. 根据吸收和发射譜綫的分类法·····	214
96. 哈佛分类法·····	215
97. 叶凱士分类法·····	219
98. 利用綫光譜的分类法·····	221
99. 根据連續光譜的分类法·····	222
100. 两参数分类法的缺陷·····	226
101. 不属于以上分类的恒星·····	228
102. 結論·····	229
第二章 根据大气理論对恒星光譜的解釋 ·····	231
103. 关于恒星物理結構的几点說明·····	231
A. 恒星大气里的轉移問題 ·····	231
104. 恒星大气理論所根据的原則 恒星大气的平衡·····	231
105. 大气模型的实际計算 平均吸收系数·····	237
106. 灰体的情形·····	239
107. 非灰体的情形(一般的情形)·····	242
108. 連續光譜里可觀測量的計算·····	244
109. 譜綫的形成·····	245
110. 大气模型計算的特殊問題·····	249
111. 特殊能源函数的情形·····	252
112. 对流能量轉移·····	254
113. 影响譜綫輪廓的宏觀現象·····	257
B. 大气里局部热动平衡的偏离 ·····	259
114. 局部热动平衡輻射的能源函数·····	260
115. 局部热动平衡对能源函数的适用性·····	261
116. 譜綫的能源函数; 相干散射·····	263
117. 多重譜綫的能級的鏈鎖效应·····	265
118. 非相干散射·····	266
119. 結論: 轉移的局部条件·····	267
C. 恒星光譜的解釋 ·····	268
120. 几个重要量的經驗測定·····	268
121. 有效温度和表面温度·····	268

122. 經驗生长曲綫的建立和使用	270
123. 生长曲綫的应用	272
124. 模型的使用	275
125. 特殊問題的举例	276
附录	277
126. 恒星大气理論 历史概要	277
127. 恒星大气理論的数字根据	279
a) 常数与参数	280
b) 原子, 电离	281
c) 分子与离解	286
d) 連續吸收	286
e) 譜綫的振子强度	288
f) 譜綫輪廓里的吸收系数	288
g) 碰撞截面	289
第三章 恒星距离与絕對亮度的測量	290
128. 定义	290
129. 三角視差	291
130. 統計的方法(运动学的判別标准)	294
131. 赫罗图与分光視差	297
132. 間接測定視差的其他方法	301
133. 恒星距离和光度研究的現狀	302
第四章 双星 质量 半徑	305
134. 目視双星(观测与发现)	305
135. 目視双星的軌道	306
136. 质量	309
137. 双星的暗伴星	311
138. 分光双星	311
139. 光度双星	315
140. 食双星的軌道	317
141. 密接双星的其他性质	320
142. 統計性质	320
143. 质光关系	322
144. 恒星的半徑	323
第五章 变星 新星 特殊光譜	325
145. 概論	325
146. 变星的分类	325
147. 周期变星的周期与光变曲綫	326
148. 周期变星的光譜	329
149. 周光关系	330
150. 視向速度	331

151. 脉动理論的檢驗	333
152. 脉动的本质	334
153. 波动理論的应用	336
154. 很短周期的造父变星	339
155. 长周期变星	340
156. 长周期变星的光譜	342
157. 长周期变星光譜的解釋	343
158. 大犬座 δ 型变星	344
159. 半規則变星	345
160. 不規則变星	346
161. 爆发矮星	347
162. 爆发变星	349
163. 新星	350
164. 新星的光譜	353
165. 新星光譜的解釋	356
166. 超新星	357
167. 天鵝座 P 型星	359
168. 沃耳夫-拉叶星	360
第六章 恒星内部結構	362
169. 問題的范围	362
170. 平衡方程	362
171. 輻射压	365
172. 恒星内部物质的物理情况	366
173. 吸收系数	369
174. 能量的輸出 概論	371
175. 势垒的穿越	373
176. 碰撞截面	376
177. 經典的热核反应	378
178. 平衡方程的解	382
179. 多层球	384
180. 同調轉換	387
181. 主序星的模型	389
182. 巨星与亚巨星	392
183. 内部結構与近星点的进动	394
184. 恒星内部物质的普遍环流	395
185. 白矮星	398
186. 恒星内部的流体动力学	400
187. 稳定問題	403

第四篇 恒 星 系 統

第一章 銀河系的結構	409
188. 概論	409
189. 坐标系	409
190. 自行	411
191. 視向速度	412
192. 銀道坐标	412
193. 恒星的空間分布	413
194. 星团	413
195. 星团的赫罗图	414
196. 星协	417
197. 銀河系的形态 銀心	418
198. 次系	422
199. 旋臂星族与銀盘星族	423
200. 恒星的計数	425
第二章 恒星运动学	427
201. 太阳的运动	427
202. 銀河系的較差自轉	428
203. 氢旋臂与銀河系旋臂	431
204. 剩余速度	433
205. 銀河系的逃逸速度	437
206. 星团与星协的运动学	438
第三章 恒星动力学	440
207. 作为气体的恒星	440
208. 銀河系恒星的运动	441
209. 星团的稳定性(稀疏星团)	446
210. 星团的稳定性(密集星团)	448
211. 球状星团的結構	451
212. 恒星流体动力学	452
第四章 演化的問題	457
213. 演化的因素	457
214. 星团成员星的演化	457
215. 双星	459
216. 光度函数的形成	459
217. 恒星的自轉与演化	460
218. 极年輕的星团	462
219. 演化的最后阶段	463
220. 恒星演化与化学組成	464

221. 結論	466
第五章 星际物质	468
222. 引言	468
223. 暗星云的观测	468
224. 星系数目的起伏	472
225. 天空亮度的起伏	473
226. 较差消光	475
227. 星际偏振	477
228. 吸收谱线	479
229. 漫射发光星云; 观测事实	481
230. 漫射粒子的性质	483
231. 光的偏振	485
232. 发射星云	488
233. 行星状星云	490
234. 行星状星云的物理状况	492
235. 弥漫星云的物理状况	495
236. 星际物质的温度	498
237. 射电发射	498
238. 氢的 21 厘米谱线	502
239. 星际物质动力学概要	504
240. 磁性流体动力学现象	505
第六章 河外星系	507
A. 各种星系的性质	507
241. 星系表 星等	507
242. 分类	508
243. 距离 绝对星等	510
244. 哈勃-哈马森定律	511
245. 斯迪宾-惠特弗德效应	515
246. 星系的結構	516
247. 星系的自轉	518
248. 星系的形态	520
249. 星系的碰撞	522
B. 空間分布	523
250. 本星系团	523
251. 双河外星系与星系的质量	525
252. 星系团	527
253. 星系团的結構	529
254. 星系际物质	531
255. 河外射电源	532