

Mc
Graw
Hill
Education

Berkeley Physics Course (In SI Units)

第5卷

英文影印版

统计物理学

Statistical Physics

[美] F. 瑞夫 (F. Reif) 著
University of California, Berkeley

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



伯克利物理学教程(SI版)



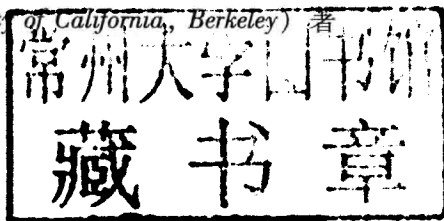
伯克利物理学教程(SI版)
Berkeley Physics Course

第5卷

统计物理学 (英文影印版)

Statistical Physics

[美] F. 瑞夫 (F. Reif) (*University of California, Berkeley*) 著



机械工业出版社

本书研究由大量分子或原子组成的宏观体系的热运动规律。作者试图从原子论的基本概念出发，建立新的统计物理学系统。全书共 8 章：宏观体系的特征、基本的几率概念、多粒子体系的统计描述、热相互作用、微观理论与宏观测量、经典近似中的正则分布、一般热力学相互作用，以及输运过程分子运动论基础。各章的大量习题不仅可以加深对概念的理解，而且对统计物理学在其他领域的应用也颇有启发。

本书可作为高等院校物理学、应用物理学专业或其他理工科专业的教材或参考书，也可供相关科技人员参考。

F. Reif

Statistical Physics, Berkeley Physics Course - Volume 5

[ISBN 978 - 0 - 07 - 004862 - 1]

Copyright © 2011 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized English reprint edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2014 by The McGraw-Hill Asia Holdings (Singapore) PTE. LTD and China Machine Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权英文影印版由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司和机械工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）销售。

版权©2014 由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司与机械工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号：01 - 2013 - 6389

《伯克利物理学教程》序

赵凯华 陆 果

20世纪是科学技术空前迅猛发展的世纪，人类社会的科技进步上经历了一个又一个划时代的变革。继19世纪的物理学把人类社会带进“电气化时代”以后，20世纪40年代物理学又使人类掌握了核能的奥秘，把人类社会带进“原子时代”。今天核技术的应用远不止于为社会提供长久可靠的能源，放射性与核磁共振在医学上的诊断和治疗作用，已几乎家喻户晓。20世纪五六十年代物理学家又发明了激光，现在激光已广泛应用于尖端科学研究、工业、农业、医学、通信、计算、军事和家庭生活。20世纪科学技术给人类社会所带来最大的冲击，莫过于以现代计算机为基础发展起来的电子信息技术。号称“信息时代”的到来被誉为“第三次产业革命”。的确，计算机给人类社会带来如此深刻的变化，是二三十年前任何有远见的科学家都不可能预见到的。现代计算机的硬件基础是半导体集成电路，PN结是核心。1947年晶体管的发明，标志着信息时代的发端。所有上述一切，无不建立在量子物理的基础上，或是在量子物理的概念中衍生出来的。此外，众多交叉学科领域，像量子化学、量子生物学、量子宇宙学，也都立足于量子物理这块奠基石上。我们可以毫不夸大地说，没有量子物理，就没有我们今天的生活方式。

普朗克量子论的诞生已经有114年了，从1925年或1926年算起量子力学的建立也已经将近90年了。像量子物理这样重要的内容，在基础物理课程中理应占有重要的地位。然而时至今日，我们的基础物理课程中量子物理的内容在许多地方只一带而过，人们所说的“近代物理”早已不“近代”了。

美国的一些重点大学，为了解决基础物理教材内容与现代科学技术蓬勃发展的要求不相适应的矛盾，早在上世纪五六十年代起就开始对大学基础物理课程试行改革。上世纪六十年代出版的《伯克利物理学教程》就是这种尝试之一，它一共包括五卷：1. 力学；2. 电磁学；3. 波动学；4. 量子物理学；5. 统计物理学。该教程编写的意图，是尽可能地反映近百年来物理学的巨大进展，按照当前物理学工作者在各个前沿领域所使用的方式来介绍物理学。该教程引入狭义相对论、量子物理学和统计物理学的概念，从较新的统一的观点来阐明物理学的基本原理，以适应现代科学技术发展对物理教学提出的要求。

当年《伯克利物理学教程》的作者们以巨大的勇气和扎实深厚的学识做出了杰出的工作，直到今天，回顾《伯克利物理学教程》，我们仍然可以从中得到许多非常有益的启示。

首先，这五卷的安排就很好地体现了现代科学技术发展对物理教学提出的要求，其次各卷作者对具体内容也都作出了精心的选择和安排。特别是，第4卷《量子物理学》的作者威切曼(Eyvind H. Wichmann)早在半个世纪前就提出：“我不相信学习量子物理学比学习物理学

其他部分在实质上会更困难。……当然，确曾有一个时期，所有量子现象被认为是非常神秘和错综复杂的。在最初探索这个领域的时期，物理学工作者确曾遇到一些真正的心理上的困难，这些困难一部分来自可以理解的偏爱于经典观点的成见，另一部分则来自于实验图像的不完整性。但是，对于今天的初学者，没有理由一定要重新制造这些同样的困难。”我们不能不为他的勇气和真知灼见所折服。第5卷《统计物理学》的作者瑞夫（F. Reif）提出：“我所遵循的方法，既不是按照这些学科进展的历史顺序，也不是沿袭传统的方式。我的目标是宁可采用现代的观点，用尽可能系统和简洁的方法阐明：原子论的基本概念如何导致明晰的理论框架，能够描述和预言宏观体系的性质。……我选择的叙述次序就是要对这样的读者有启发作用，他打算自己去发现如何获得宏观体系的知识。”的确，他的《统计物理学》以其深刻而清晰的物理分析，令人回味无穷。

感谢机械工业出版社，正是由于他们的辛勤工作，才为广大教师和学生提供了这套优秀的教材和参考书。

Handwritten signature in black ink, consisting of two characters: '李' (Li) on the left and '锐' (Rui) on the right, written in a cursive style.

2014年4月12日于北京大学

《伯克利物理学教程》原序（一）

本教程为一套二年期的初等大学物理教程，对象为主修科学和工程的学生。我们想尽可能以在领域前沿工作的物理学家所应用的方式介绍初等物理。我们旨在编写一套严格强调物理学基础的教材。我们更特别想将狭义相对论、量子物理和统计物理的思想有机地引入初等物理课程。

选修本课程的学生都应在高中学过物理。而且，在修读本课程的同时还应修读包括微积分在内的数学课。

现在美国另外有好几套大学物理的新教材在编写。由于受科技进步和中、小学日益强调科学这两方面需要的影响，不少物理学家都有编写新教材的想法。我们这套教材发端于1961年末康奈尔大学的 Philip Morrison 和 C. Kittel 两人之间的一次交谈。我们还受到国家科学基金会的 John Mays 和他的同事们的鼓励，也受到时任大学物理委员会主席的 Walter C. Michels 的支持。我们在开始阶段成立了一个非正式委员会来指导本教程。委员会一开始由 Luis Alvarez、William B. Fretter、Charles Kittel、Walter D. Knight、Philip Morrison、Edward M. Purcell、Malvin A. Ruderman 和 Jerrold R. Zacharias 组成。1962年5月委员会第一次在伯克利开会，会上确定了一套全新的物理教程的临时大纲。因为有几位委员工作繁忙，1964年1月委员会调整了部分成员，而现在的成员就是在本序言末签名的各位。其他人的贡献则在各分卷的前言中致谢。

临时大纲及其体现的精神对最终编成的教程内容有重大影响。大纲全面涵盖了我们认为既应该又可能教给刚进大学主修科学与工程的学生们的具体内容以及应有的学习态度。我们从未设想编一套专门面向优等生、尖子生的教材。但我们着意以独具创新性的、统一的观点表达物理原理，因而教材的许多部分不仅对学生，恐怕对老师来说都一样是新的。

根据计划五卷教程包括：

- I. 力学 (Kittel, Knight, Ruderman)
- II. 电磁学 (Purcell)
- III. 波动学 (Crawford)
- IV. 量子物理学 (Wichmann)
- V. 统计物理学 (Reif)

每一卷都由作者自行选择以最适合其本人分支学科的风格和方法写作。

因为教材本身强调物理原理，令有的老师觉得实验物理不足。使用教材初期的教学活动促使 Alan M. Portis 提出组建基础物理实验室，这就是现在所熟知的伯克利物理实验室。这所实验室里重要的实验相当完善，而且实验室专门设计得与教材很匹配，相辅相成。

编写教材的财政资助来自国家科学基金会，加州大学也给予了巨大的间接支持。财务由教

育服务公司（ESI）管理，这是一家非赢利性组织，专门管理各项课程改进项目。我们特别感谢 Gilbert Oakley、James Aldrich 和 William Jones 积极而贴心的支持，他们全部来自 ESI。ESI 在伯克利设立了一个办公室以协助教材编写和实验室建设，办公室由 Mary R. Maloney 夫人负责，她极其称职。加州大学同我们的教材项目虽无正式的联系，但却在很多重要的方面帮助了我们。在这一方面我们特别感谢相继两任物理系主任 August C. Helmholtz 和 Bulton J. Moyer、系里的全体教职员工、Donald Coney 以及大学里的许多其他人。在前期许多组织工作中，Abraham Olshen 也给了我们许多帮助。

欢迎各位提出更正和建议。

Eugene D. Commins

Frank S. Crawford, Jr.

Walter D. Knight

Philip Morrison

Alan M. Portis

Edward M. Purcell

Frederick Reif

Malvin A. Ruderman

Eyvind H. Wichmann

Charles Kittel, 主席

1965 年 1 月

伯克利，加利福尼亚

《伯克利物理学教程》原序（二）

本科生教学是综合性大学现在所面临的紧迫问题之一。随着研究工作对教师越来越具有吸引力，“教学过程的隐晦贬损”（摘引自哲学家悉尼·胡克 Sidney hook）已太过常见了。此外，在许多领域中，研究的进展所导致的知识内容和结构的日益变化使得课程修订的需求变得格外迫切。自然，这对物理科学尤为真实。

因此，我很高兴为这套《伯克利物理学教程》作序，这是一项旨在反映过去百年来物理学巨大变革的本科阶段课程改革的大项目。这套教程得益于许多在前沿研究领域工作的物理学家的努力，也有幸得到了国家科学基金会（National Science Foundation）通过对教育服务公司（Educational Services Incorporated）拨款的形式给予的资助。这套教程已经在加州大学伯克利分校的低年级物理课上成功试用了好几个学期，它象征着教育方面的显著进展，我希望今后能被极广泛地采用。

加州大学乐于成为负责编写这套新教程和建立实验室的校际合作组的东道主，也很高兴有许多伯克利分校的学生志愿协助试用这套教程。非常感谢国家科学基金会的资助以及教育服务公司的合作。但也许最让人满意的是大量参与课程改革项目的加州大学的教职员所表现出来的对本科生教学的生机盎然的兴趣。学者型教师的传统是古老的，也是光荣的；而致力于这部新教程和实验室的工作也正展示了这一传统依旧在加州大学发扬光大。

克拉克·克尔（Clark Kerr）

注：Clark Kerr 系加州大学伯克利分校前校长。

出版说明

为何要采用 SI 国际单位制？

在印度次大陆所有的使用者都认为 SI (Système Internationale) 单位更方便，也更受欢迎。因此，为使这套经典的伯克利教材对读者更适用，有必要将原著中的单位改用 SI 制。

致谢

我们要对承担将伯克利教材单位制更改为 SI 制工作的德里大学圣斯蒂芬学院（新德里）的退休副教授 D. L. Katyal 表示诚挚的谢忱。

同样必须提及的是班加罗尔大学依纳拿巴拉提校区（卡纳塔克邦）物理系 Ramakrishna Damle 的精准校核。

征求反馈和建议

Tata McGraw-Hill 公司欢迎读者的评论、建议和反馈。请将邮件发送至 tmh.sciencefeedback@gmail.com，并请举报和侵权、盗版相关的问题。

前 言

本书是《伯克利物理学教程》的最后一卷，专门研究由许多原子或分子组成的大型（即宏观）体系，因而它为统计力学、分子运动论、热力学及热学等学科提供了入门课程。我所遵循的方法，既不是按照这些学科进展的历史顺序，也不是沿袭传统的方式。我的目标是宁可采用现代的观点，用尽可能系统和简洁的方法阐明：原子论的基本概念如何导致明晰的理论框架，能够描述和预言宏观体系的性质。

在写作这本书的过程中，我心目中的读者是：他对这门学科没有任何先入之见，在第一次遇到这门学科时只是从他学过基础物理和原子性质的有利地位出发。因此，我选择的叙述次序就是要对这样的读者有启发作用，他打算自己去发现如何获得宏观体系的知识。在力求使叙述明晰和统一的过程中，我系统地阐述一个基本原理作为整个讨论的基础，这个原理指出，一个孤立体系有向最无规则状况接近的趋向。尽管我限于集中阐述一些简单的体系，但处理这些体系的方法是能广泛应用并易于推广的。尤其是，我在全书都试图强调物理洞察力，也就是迅速而直接地了解有重要意义的那些关系的能力。因此我力求做到：详细地讨论物理概念，而不迷失于数学公式中；用简单的例证说明普遍的抽象概念；对一些重要的量作出数值估计；把理论与由观察和实验得出的真实世界联系起来。

我不得不极其细心地选择本卷中应包括的题材。我的意图是要强调那些最基本的概念，它们不但对于物理学工作者有用，也对化学、生物学或工科的读者有用。“教学说明”概括说明了本书的结构和内容，并为教师和学生提供了若干指南。本书采用非传统的讲述次序，目的在于强调宏观尺度的描述和原子尺度的描述之间的关系，然而却并不一定要牺牲那些传统的方法中所固有的优点。具体地讲，值得提出下列几个特点：

(1) 读者学完第7章后（即便他略去了第6章），对于经典热力学的基本原理与重要应用的理解程度，就应像他按传统方式所学习到的一样好。当然，关于熵的意义他将有更深入的理解，还会对统计物理学有相当深入的了解。

(2) 我在本书中曾特意强调，统计理论导出的某些结果，在内容上纯粹是宏观的，而且与我们对所研究体系的原子结构可能假定为什么样的模型完全无关。这样，书中就十分明显地说明了经典热力学的普适性以及与模型的无关性。

(3) 虽然按历史叙述的方法极少能对某一学科提供最严格的或最有启发性的阐述，但是熟悉一些科学概念的演变，还是有意义的，并且是有教益的。因此，本书中也有若干必要的评论，使学生对本学科的进展有某些理解。

学习本卷所需的前提，除了经典力学和电磁学的基本知识外，只需要懂得最简单的原子论以及下列最初步的量子论知识：量子态和能级的意义，海森伯测不准原理，德布罗意波长，自

旋的概念以及箱中的自由粒子问题。所需的数学工具不超过简单的微分、积分和泰勒级数。掌握了《伯克利物理学教程》前几卷（特别是第4卷）主要内容的读者，当然为学习本书打下了充分的基础。本书也能很好地用作任何其他现代基础物理学教程的最后部分，就是说适用于二年级或二年级以上大学生水平的任何同类课程。

正如我在前言的开头指出的，我的目标是充分阐述一门复杂学科的基础，使它成为简洁的、明晰且易于为初学学生所接受的教材。虽然这个目标是值得追求的，但是达到它却是困难的。对我来说，写这本书的确是一项艰巨而独特的工作，它耗费了很多的时间，真使我感到精疲力尽。如果我知道自己已经足够好地达到了我的目的，本书确实是有些用处的，也就算是对我的某种补偿了。

教学说明

本书的结构

本书分为三个主要部分，我将依次叙述。

A. 预备性概念（第 1、2 章）

第 1 章：本章对本书所要探讨的最基本的物理概念作定性介绍，使学生懂得宏观体系的特点，并把学生的思考引向一条富有成效的路线。

第 2 章：本章在性质上更像数学，试图使学生熟悉概率论的基本概念（假定学生预先并没有几率的观念）。全章始终强调了系综的概念，所举的例子全都是物理上很有意义的情况。尽管本章是针对后面各章的应用而写的，但所讨论的几率概念当然期望在更广泛的范围内都可以应用。

这两章不必花太多时间。实际上，有些学生很可能已有足够的基础，已经熟悉了这两章的部分内容。虽然如此，我明确地建议这样的学生也不要跳过这两章，而是把这两章当作有益的复习。

B. 基本理论（第 3、4、5 章）

这部分是本书的核心。实际上，本书主题逻辑上的及量的发展是从第 3 章开始的（就这个意义上说，前两章可以略去，但从教学效果来看，那是不明智的）。

第 3 章：本章讨论如何用统计术语描述由许多粒子所组成的体系。本章还引进了统计理论的基本假设。学完这一章后，学生应当已经认识到：宏观体系的定量理解，本质上说，取决于对体系可到达的状态数的研究，但他还不可能看到这一认识具有多么有用的价值。

第 4 章：本章构成了实质上的核心内容。这章很自然地研究两个体系如何通过热传递发生相互作用入手。但是，这一研究很快就导出了熵、绝对温度、正则分布（即玻耳兹曼因子）等一些基本概念。到本章结束，学生就能处理一些很实际的问题了。事实上，他已懂得了如何由基本原理计算物质的顺磁性质和理想气体的压强。

第 5 章：本章把理论的概念完全引到实际中来。因而本章讨论如何把原子论与宏观测量联系起来，如何从实验上确定一些物理量，例如绝对温度、熵等。

授课时间十分紧迫的教师教完这五章就可结束，而不必感到惋惜。到此为止，学生应当已十分清楚地懂得了绝对温度、熵和玻耳兹曼因子，即统计力学和热力学的最基本的概念。（的确，至此尚未讲到的唯一热力学结果只是准静态绝热过程中熵保持不变。）我认为这样本课程

的基本目的已经达到了。

C. 理论的详尽阐述 (第6、7、8章)

这一部分由彼此独立的三章组成,在某种意义上,每一章都可以独立存在,而不必以另外两章为前提。并且在读另一章之前只选用任一章的开头几节也是完全可行的。因此,任何教师都可利用这一灵活性以适应他自己的爱好或学生的兴趣。其中第7章又是整个理论中最重要、最基本的一章,因为它完成了热力学原理的讨论。它也可能是对化学或生物学的学生最有用的一章。

第6章:这一章把近似经典概念引入统计描述中,从而讨论正则分布的某些特别重要的应用。气体分子的麦克斯韦速度分布及能量均分定理是本章的主要论题。作为例证的应用包括分子束、同位素分离及固体热容等。

第7章:本章一开头就证明在准静态绝热过程中熵保持不变。这就完成了热力学定律的讨论,然后对这些定律又以最普遍的形式加以总结。这一章还讨论了几个重要的应用:普遍平衡条件,包括吉布斯自由能的性质;相平衡;以及对热机和生物有机体的意义。

第8章:最后一章打算阐述体系的非平衡性质。本章以最简单的平均自由程论证处理稀薄气体的输运过程,也阐述了黏滞性、热传导、自扩散及电导等。

本书基本结构的阐述就到此为止。在伯克利进行教学的过程中,大约用了基础物理学教学时间中最后四分之一中的八周时间,完成了本书主要内容的教学任务。

上面的概述清楚地表明,尽管本书的叙述方式是新颖的,但仍有自己严密的逻辑结构。这一逻辑发展过程学生可能比教师更感到自然和直接,因为学生接触这一课时没有成见,而教师的头脑已受到教授这门课程的传统方法的影响。我建议教师们重新考虑这门学科。如果顽强的习惯势力会使教师不明智地掺进传统的观点,那么他可能会打乱本书的逻辑发展,这就不是使学生明白,而是使学生糊涂了。

本书的其他特点

附录:四节附录包括了若干有关的外围题材。特别对高斯分布和泊松分布专门作了讨论,因为它们在许多领域中都是重要的,而且又与《伯克利物理学教程》的实验部分有关系。

数学注释:这些注释只是把正文中或某些习题中用得着的数学片断集中起来。

数值常数:可在书末的表中查到。

定义摘要:为了便于引证和复习,在每章末尾列出了这些摘要。

习题:习题是本书的一个重要组成部分。为了提供丰富的启发性材料,我列入了大约160道题供选用,尽管不能期望学生都做完,但我鼓励他在读完每一章之后,应能解答章末习题的大部分;否则,他不能从本书得到什么好处。带“*”的习题稍许难一些。补充题主要涉及附录中所讨论的题材。

习题答案:绝大多数习题答案已列在书末。有了这些答案,自学本书就方便了。另外,尽

管我赞成学生首先设法解出题目再看答案，但是我相信，如果在求出结果之后马上核对一下答案，在学习方法上是有益的。这样，学生可以及时发现自己的错误，促使他进一步思考，而不是被错误所蒙蔽，以至于无根据地自满。（尽管我力求使书后所列的答案正确无误，但是我不能担保这一点。如果读者把可能发现的任何错误告诉我，我将非常感谢。）

辅助材料：是由例证说明及各种注解组成的材料，用小字体排出，以使它们与逻辑发展的主要内容区别开来。这些材料第一次阅读时不要跳过去，但是以后复习时就不必再看。

方程（公式）编号：方程在每章之内按次序编号，一个简单的数字，如（8），即指这一章中的方程编号8。两个数字指其他各章的方程，如（3.8）指第3章的方程（8），（A.8）指附录A中的方程（8），（M.8）指数学注释中的方程（8）。

对学生的忠告

学习是一个积极主动的过程，单纯阅读或死记硬背得不到什么真正效果。对待书中的内容要像你自己去力图发现它那样，教科书只是一种指导，你应当超过它。科学的任务在于学会思考的方法，这些方法对描述和预言所观察世界的特性来说是有效的。学会新的思考方法的唯一办法是具体思考。应努力去追求深入的知识，努力在前人还未发掘的地方去寻找新的关系和简单性。尤其不能死记公式，要学会推理的方式方法。值得用心记忆的关系只是少数几个重要关系，我已经把它们明显地罗列在各章末尾了。如果这些关系式还不足以使你用大约20秒或更短一些时间内就能联想起其他的重要公式，那说明你就还没有弄懂主要内容。

最后，掌握少数几个基本概念要比堆砌大量零乱的事实和公式重要得多。如果说，我在本书中对某些简单的特例（如自旋或理想气体体系）似乎讲得太多的话，这是有意而为。某些简单的陈述，往往会导出意想不到的普遍结论，这在统计物理学和热力学的研究中更是如此。相反，也发现许多问题很易导致概念上的佯谬，或者导致似乎是无法处理的计算工作。这就又一次表明，相当简单的例子常常能够解决概念上的困难，并指出新的计算步骤或近似方法。因此，我的最后建议是：首先努力彻底地理解简单的基本概念，然后再去做许多习题，包括书中给出的习题和你自己提出的问题。只有这样，你才能判断你理解的情况；也只有这样，才能懂得如何靠自己而成为一位独立的思考者。

Acknowledgments

I am grateful to Professor Allan N. Kaufman for reading the final manuscript critically and for always being willing to let me have the benefit of his opinions. Professors Charles Kittel and Edward M. Purcell made valuable comments concerning an earlier version of the first couple of chapters. Among graduate students, I should like to mention Richard Hess, who made many helpful observations about the preliminary edition of this volume, and Leonard Schlessinger, who worked out complete solutions for the problems and who provided the answers listed at the end of the book. I feel especially indebted to Jay Dratler, an undergraduate student who read both the preliminary edition and a substantial portion of the final manuscript. Starting out unfamiliar with the subject matter, he learned it himself from the book and exhibited in the process a fine talent for detecting obscurities and making constructive suggestions. He is probably the person who has contributed most significantly toward the improvement of the book.

The making of the computer-constructed pictures took an appreciable amount of time and effort. I wish, therefore, to express my warmest thanks to Dr. Berni J. Alder who helped me enormously in this task by personal cooperation uncontaminated by financial compensation. My ideas about these pictures could never have come to fruition if he had not put his computing experience at my disposal. We hope to continue our collaboration in the future by making available some computer-constructed movies which should help to illustrate the same ideas in more vivid form.

Mrs. Beverly Sykes, and later on Mrs. Patricia Cannady, were my loyal secretaries during the long period that I was occupied with this book. I feel very much indebted to them for their skill in deciphering and typing its successive handwritten versions. I also owe thanks to several other persons for their assistance in the production of the book. Among these are Mrs. Mary R. Maloney and Mrs. Lila Lowell, who were always willing to help with miscellaneous chores, and Mr. Felix Cooper, who is responsible for the execution of the artwork. Finally, I am grateful to Mr. William R. Jones, of Educational Services, Inc., for his efforts in handling relations with the National Science Foundation.

This volume owes an enormous debt to *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics* (FSTP), my earlier book published by McGraw-Hill in 1965, which represented an attempt at educational innovation at the more advanced level of upper-division college students. My extensive experience derived from FSTP, and many details of presentation, have been incorporated in the present volume.† I wish, therefore, to express my gratitude to

† Some portions of the present volume are thus also subject to the copyright provisions of *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics*.

those individuals who assisted me during the writing of FSTP as well as to those who have provided me with constructive criticisms since its publication. I should also like to thank the McGraw-Hill Book Company for disregarding the conflicting copyright provisions to give me unrestricted permission to include material from FSTP in the present volume. Although I am not dissatisfied with the general approach developed in FSTP, I have come to recognize that the exposition there could often have been simpler and more penetrating. I have, therefore, made use of these new insights to include in the present volume all the improvements in organization and wording intended for a second edition of FSTP. By virtue of its similar point of view, FSTP may well be a useful reference for students interested in pursuing topics beyond the level of the present book; such students should, however, be cautioned to watch out for certain changes of notation.

Although the present volume is part of the Berkeley Physics Course project, it should be emphasized that the responsibility for writing this volume has been mine alone. If the book has any flaws (and I myself am aware of some even while reading proof), the onus for them must, therefore, rest upon my own shoulders.

目 录

《伯克利物理学教程》序	
《伯克利物理学教程》原序（一）	
《伯克利物理学教程》原序（二）	
出版说明	
前言	
教学说明	
致谢	
第 1 章 宏观体系的特性	1
1.1 平衡中的涨落	4
1.2 不可逆性和趋近平衡	15
1.3 其他例证	28
1.4 平衡情况的性质	31
1.5 热与温度	35
1.6 典型数值	39
1.7 宏观物理的重要问题	45
定义摘要	50
建议补充阅读	51
习题	51
第 2 章 基本的几率概念	55
2.1 统计系综	56
2.2 几率之间的基本关系	64
2.3 二项式分布	67
2.4 平均值	75
2.5 自旋体系平均值的计算	80
2.6 连续的几率分布	86
定义摘要	90
重要关系式	90
建议补充阅读	91
习题	91
第 3 章 多粒子体系的统计描述	99