

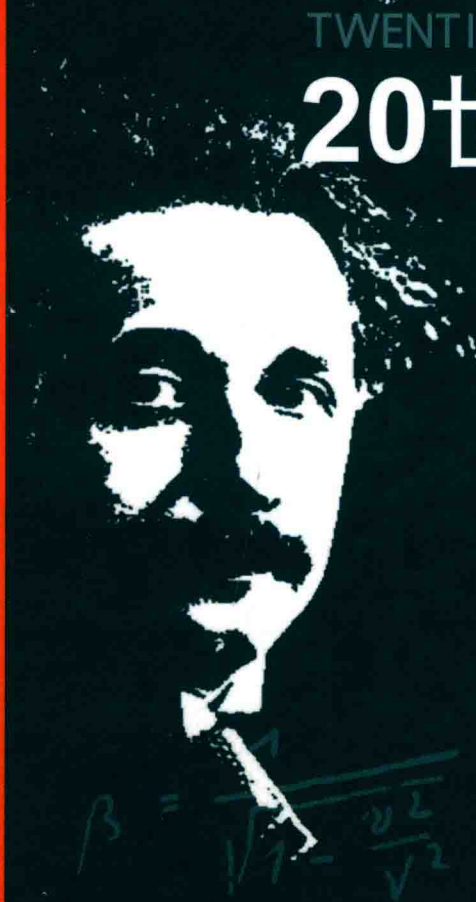


$$S_0 = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = p \cdot r$$
$$\cos \alpha + i \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$
$$\log_a b = \frac{\log b}{\log a}$$

TWENTIETH CENTURY PHYSICS

20世纪物理学

(第3卷)



[美] Laurie M Brown

[美] Abraham Pais

[英] Brian Pippard 爵士 编

刘寄星 主译



科学出版社

TWENTIETH CENTURY PHYSICS

20 世纪物理学

(第 3 卷)

〔美〕 Laurie M Brown Abraham Pais

〔英〕 Brian Pippard 爵士 编

刘寄星 主译

科学出版社

北 京

图字: 01-2011-1443

内 容 简 介

20 世纪是物理学的世纪, 物理学在 20 世纪取得了突破性的进展, 改变了世界以及世界和人们对世界的认识. 本书是由英国物理学会、美国物理学会组织发起, 由各个领域的知名学者(有很多是相关领域的奠基者、诺贝尔奖获得者)执笔撰写, 系统总结 20 世纪物理学进展的宏篇巨著, 其内容涵盖了物理学各个分支学科和相关的应用领域. 全书共分 3 卷 27 章, 最后一章为 3 位物理学大家对 20 世纪物理学的综合思考和对新世纪物理学的展望.

本书可供物理学科研工作者、教师、物理学相关专业的研究生、高年级本科生, 以及对物理学感兴趣的人员使用.

Twentieth Century Physics, Volume III by Laurie M Brown, Abraham Pais, Sir Brian Pippard.

© IOP Publishing Ltd, AIP Press Inc., 1995.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All Rights Reserved.

本书中文简体翻译版权由科学出版社独家出版并限在中国大陆地区销售, 未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分.

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售.

图书在版编目(CIP)数据

20 世纪物理学(第 3 卷)/(美)布朗(Brown, L.M.)等编;刘寄星等译. —北京:科学出版社, 2016

书名原文: *Twentieth Century Physics*

ISBN 978-7-03-047635-7

I. ①2… II. ①布… ②刘… III. ①物理学史-世界-20 世纪 IV. ①O4-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 047222 号

责任编辑: 钱 俊 鲁永芳 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 耕者设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 8 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2016 年 10 月第二次印刷 印张: 51 1/2

字数: 1000 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编辑及撰稿人名单

编辑兼撰稿人

Brian Pippard 爵士

英国剑桥大学卡文迪什实验室前卡文迪什教授 (Cavendish Laboratory, University of Cambridge, Cambridge CB3 0HE, UK)

Abraham Pais

美国纽约洛克菲勒大学 (Rockefeller University 1230 York Avenue, New York 10021-6399, USA),

丹麦哥本哈根大学尼尔斯玻尔研究所 (Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Blegdamsvej 17, DK-2100 Copenhagen, Denmark)

Laurie M Brown

美国西北大学物理学与天文学荣誉退休教授 (Northwestern University, 2145 Sheridan Road, Evanston, Illinois 60208-3122, USA)

撰稿人

Helmut Rechenberg

德国慕尼黑马克斯-普朗克物理研究所, 维尔纳-海森堡研究所 (Max-Planck-Institut, Werner-Heisenberg-Institut, Föhringer Ring 6, 80805 München, Germany)

John Stachel

美国波士顿大学物理系 (Department of Physics, Boston University, 590 Commonwealth Avenue, Boston, Massachusetts 02215, USA)

William Cochran

英国爱丁堡大学物理与天文系 (Department of Physics and Astronomy, James Clerk Maxwell Building, University of Edinburgh, Mayfield Road, Edinburgh EH9 3JZ, UK)

Cyril Domb

以色列巴依兰大学高等技术研究所 (Jack and Pearl Resnick Institute of Advanced Technology, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel)

Max Dresden

美国斯坦福直线加速器中心 (Stanford Linear Accelerator Center, PO Box 4349, Stanford, California 94309, USA)

Val L Fitch

美国普林斯顿大学约瑟夫·亨利物理实验室 (Joseph Henry Laboratories of Physics, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544, USA)

Jonathan L Rosner

美国芝加哥大学恩里科·费米研究所 (The Enrico Fermi Institute, University of Chicago, 5640 South Ellis Avenue, Chicago, Illinois 60637-1433, USA)

James Lighthill 爵士

英国伦敦大学学院数学系 (Department of Mathematics, University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, UK)

Athony J Leggett

美国伊利诺伊大学物理系 (Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1110 W Green Street, Urbana, Illinois 61801, USA)

Roger A Cowley

英国牛津大学克拉林顿实验室 (Clarendon Laboratory, University of Oxford, Parks Road, Oxford OX1 3PU, UK)

Ugo Fano

美国芝加哥大学詹姆斯·弗兰克研究所 (James Franck Institute, University of Chicago, 5640 South Ellis Avenue, Chicago, Illinois 60637-1433, USA)

Kenneth W H Stevens

英国诺丁汉大学物理系 (Department of Physics, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK)

David M Brink

英国牛津大学理论物理系 (Department of Theoretical Physics, University of Oxford,
1 Keble Road, Oxford OX1 3NP, UK)

Arlie Bailey

原任职于英国国家物理实验室电气科学部 (Division of Electrical Science, National
Physics Laboratory, Teddington TW11 0LW, UK)(个人通信地址: Foxgloves, New
Valley Road, Milford-on-see, Lymington, Hampshire SO41 0SA, UK)

Robert G W Brown

英国诺丁汉大学电气电子工程系 (Department of Electrical and Electronic Engineer-
ing, University of Nottingham, Nottingham NG7 2RD, UK)(个人通信地址: Sharp
Laboratories of Europe Ltd, Edmund Halley Road, Oxford Science Park, Oxford OX4
4GA, UK)

E Roy Pike

英国伦敦国王学院物理系 (Department of Physics, King's College London, The
Strand, London WC2R 2LS, and DRA, St Andrews Road, Malvern WR14 3PS, UK)

Robert W Cahn

英国剑桥大学材料科学与冶金系 (Department of Material Sciences and Metallurgy,
University of Cambridge, Pembroke Street, Cambridge CB2 3QZ, UK)

Tom Mulvey

英国阿斯顿大学电子工程与应用物理系 (Department of Electronic Engineering and
Applied Physics, Aston University, Birmingham B4 7ET, UK)

Pierre Gilles de Gennes

法国物理与应用化学高等学校 (Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Indus-
trielles, 10 rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex 05, France)

Richard F Post

美国罗伦斯·利弗莫尔国家实验室 (PO Box 808, Lawrence Livermore National Lab-
oratory, Livermore, California 94550, USA)

Malcolm S Longair

英国剑桥大学卡文迪什实验室 (Cavendish Laboratory, University of Cambridge, Cambridge CB3 0HE, UK)

Mitchell J Feigenbaum

美国洛克菲勒大学物理系 (Department of Physics, Rockefeller University, 1230 York Avenue, New York 10021-6399, USA)

John R Millard

英国阿伯丁大学生物医学物理与生物工程系前医学物理教授 (Department of Bio-Medical Physics and Bio-Engineering, University of Aberdeen, Aberdeen AB9 2ZD, UK)(个人通信地址: 121 Anderson Drive, Aberdeen AB2 6BG, UK)

Stephen G Brush

美国马里兰大学物理科学与技术研究所 (Institute for Physical Science and technology, University of Maryland, College Park, Maryland 20742-2431, USA)

C Stewart Gillmor

美国威斯利大学历史系 (Department of History, Wesleyan University, Middletown, Connecticut 06459-0002, USA)

Philip Anderson

美国普林斯顿大学约瑟夫·亨利物理实验室 (Joseph Henry Laboratories of Physics, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544, USA)

Steven Weinberg

美国得克萨斯大学物理系 (Department of Physics, University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712-1081, USA)

John Ziman

英国布里斯托大学物理学荣誉退休教授 (University of Bristol, Bristol BS8 1TL, UK)(个人通信地址: 27 Little London Green, Oakley, Aylesbury HP18 9QL, UK)

译校者名单

第 1 卷

- 第 1 章：刘寄星译，秦克诚校
- 第 2 章：秦克诚译，刘寄星校
- 第 3 章：丁亦兵译，朱重远、秦克诚校
- 第 4 章：邹振隆译，张承民、秦克诚校
- 第 5 章：姜焕清译，宁平治、秦克诚校
- 第 6 章：麦振洪译，吴自勤、刘寄星校
- 第 7 章：郑伟谋译，刘寄星校
- 第 8 章：郑伟谋译，刘寄星校

第 2 卷

- 第 9 章：丁亦兵译，朱重远校
- 第 10 章：朱自强译，李宗瑞校
- 第 11 章：陶宏杰译，阎守胜校
- 第 12 章：常凯译，夏建白校
- 第 13 章：龙桂鲁、杜春光译校
- 第 14 章：赖武彦译，郑庆祺校
- 第 15 章：姜焕清译，宁平治校
- 第 16 章：沈乃澂译校

第 3 卷

- 第 17 章：阎守胜译，郭卫校
- 第 18 章：宋菲君、张玉佩、李曼译，聂玉昕校
- 第 19 章：白海洋、汪卫华译校
- 第 20 章：孙志斌、陈佳圭译校
- 第 21 章：刘寄星译，涂展春校
- 第 22 章：王龙译，刘寄星校
- 第 23 章：邹振隆译，蒋世仰校
- 第 24 章：曹则贤译，刘寄星校

第 25 章: 喀蔚波译, 秦克诚校

第 26 章: 张健译, 马麦宁校

第 27 章: 曹则贤译, 刘寄星校

刘寄星 中国科学院理论物理研究所

秦克诚 北京大学物理学院

丁亦兵 中国科学院大学

朱重远 中国科学院理论物理研究所

邹振隆 中国科学院国家天文台

张承民 中国科学院国家天文台

蒋世仰 中国科学院国家天文台

姜焕清 中国科学院高能物理研究所

宁平治 南开大学物理系

麦振洪 中国科学院物理研究所

吴自勤 中国科学技术大学物理系

郑伟谋 中国科学院理论物理研究所

朱自强 北京航空航天大学流体力学研究所

李宗瑞 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院

陶宏杰 中国科学院物理研究所

常 凯 中国科学院半导体研究所

龙桂鲁 清华大学物理系

杜春光 清华大学物理系

赖武彦 中国科学院物理研究所

郑庆祺 中国科学院固体物理研究所

沈乃澂 中国计量科学研究院

阎守胜 北京大学物理学院

郭 卫 北京大学物理学院

宋菲君 大恒新纪元科技股份有限公司

张玉佩 浙江省计量科学研究院

李 曼 大恒新纪元科技股份有限公司

聂玉昕 中国科学院物理研究所

白海洋 中国科学院物理研究所

汪卫华 中国科学院物理研究所

陈佳圭 中国科学院物理研究所

涂展春 北京师范大学物理系

王 龙	中国科学院物理研究所
曹则贤	中国科学院物理研究所
孙志斌	中国科学院空间中心
喀蔚波	北京大学医学部物理教研室
张 健	中国科学院大学
马麦宁	中国科学院大学

原书序言

我们有足够的理由赞美物理学在 20 世纪取得的成就。1900 年到来之际，由 Newton、Maxwell、Helmholtz、Lorentz 以及许多其他人的思想奠基的辉煌的经典物理学大厦似乎已近乎完美；然而经典物理学的这一高度发展状态显现出了某些结构上的瑕疵，结果证明这些瑕疵远非看起来那样肤浅。在世纪转折前后几年的实验和理论发现直接导致了改变物理学家基本观念的革命：原子结构、量子理论和相对论。但是必须强调，此前的经典成就并未被抛弃，它们最终被视为更为一般的概念的特殊情况，因此现代物理学家仍然必须对经典动力学和电磁学保有正确的理解。除去最为先进的高技术之外，把相对论和量子力学掺和到大多数技术应用中毫无必要；除去极少数例外情况，经典物理对日常发生的事件和使用的装置都能做出有效的描述。

尽管如此，朝本质上属于 20 世纪创造的近代物理学的转换极大地扩展了物理科学的范畴。在近代物理学的框架内，不仅原子及原子核的结构乃至原子核的组成部分的结构，而且处于大小尺度的另一端的整个宇宙，均已变得可以观察、讨论并使研究者能做出有根据的想象。量子力学阐明了原子的结构并且在它被建立之后的一两年内即表明，至少在原则上它可以解释化学键的来源。

20 世纪 50 年代，用晶体学方法对几个最简单的蛋白质和 DNA 双螺旋结构的阐明改变了对生物学机理的研究。这当然完全不是说化学和生物学是物理学的分支学科，化学家和生物学家在处理他们那些极为复杂的材料方面有自己独特的方法。物理学家单独处理这些问题时，完全没法与化学家和生物学家相匹敌。但物理学家只要确信其他学科只是运用物理学思想阐明自己的发现，而不是注入迄今未知的自然规律从而毁掉自己领域的研究，他们仍然可以在这个方向上继续自己的探索。

从一开始我们就意识到，我们编辑的这几卷书只是撰写这部历史的第一步。在当前阶段这部历史的撰写不能仅仅留给专业的科学史专家，我们期望的是本书可以激励他们在以后承担这个任务。书写这部历史的第一步，是由物理学家们指出哪些是他们自认为的本领域中最重要的发展，并且尽可能地剥离掉那些不仅在外行人看来而且即使从事物理学研究的同行们看来也非常困难的复杂问题，使得大家都明白物理学是如何发展的。我们希望给学习物理学的学生们（也包括教师们和其他领域的专业人士）讲述一个展现这部历史中某些事件的故事，这个故事将使他们受到鼓舞而不是使他们感到无所适从。即使我们最后离达到这个目标仍有一些距离，我们至少给严肃的科学史专家们提供了一个研究这段近代史的起始点。事实上，对近代

物理学某些领域的历史已有相当深入研究,但这三卷书将清楚地表明,对近代物理学历史的研究还仅仅是开始。我们这样说,绝无低估已有成就之意。

20 世纪初还有一些顶尖的物理学家能保持与各个活跃的物理学研究方向接触,现在已没有人能做到这一点了。这不仅仅是因为现在已完成的研究工作比过去多得多,而且因为在不同领域工作的研究者们,除了他们学生时期所学的东西之外,已很少有共同的东西了。基本粒子物理理论和技术近来已很少有能向固体物理转换的内容,而由超导研究的进展曾激发起来对基本粒子物理的重大贡献,也已经过去好几十年。除去要求各位专家们撰写他们所从事领域的内容并希望他们能指出与其他领域的联系之外,我们别无选择。书中以页边旁注方式给出的交叉引用汇集了一些领域间的联系,它们有助于表明某些领域发展的具体思想所涉及的其他领域。

无论如何,这套书仍不可避免地会存在遗漏,我们谨向那些发现他们喜好的观点或他们自己的重要贡献被忽略了的读者致歉。尤其遗憾的是,我们找不到一个作者来讲述电子线路系统如何由无线电通信开始,通过雷达和电子计算机,直到其技术威力支配了实验设计、数学分析及计算的发展史。今天去参观任何一个物理实验室都会使人惊叹,如果没有发明晶体管,还有哪些研究可能进行或值得开展?这仅是技术发展与物理学研究密不可分的一个事例,但也许是最惊人的事例,这段历史完全值得与物理思想发展的历史并行研究。

我们也意识到,我们对物理学的社会作用没有给予足够的注意。例如,物理学发展在战争中的应用以及由军事项目积累起来的对物理学发展的利益(抑或可能的危害)等许多问题需要认真研究。我们还忽略了科学资助政策(特别是“大科学”的资助政策)、研究者之间、实验室之间和国与国之间的科学成果的交流以及其他一些主题。对于科学哲学与物理学的关系我们仅给予了极少注意,其实二者关系极大。我们并非认为这些问题不重要,与此相反,阐述这些论题需要远比这几卷书大得多的篇幅,我们希望这些论题以更为完整的方式得以处理。也许我们的工作可以为这种努力提供有用的背景。

我们在这几卷书里所采取的低调描述,可能会引起一些普通读者以及活跃的物理学家们的惊奇:因为前者已经习惯了新闻记者式的夸张,后者则对诸多研究论文和快讯中常见的对自己结果首创性吹嘘的现象感到无奈。如果任何人有资格使用那种高调语气,一定是那些为自己所撰写的工作付出一生并亲自做出杰出贡献的人。他们是真正懂得何谓杰出的。正如那些与 Einstein 或 Heisenberg 或 Feynman(以及其他物理学的英杰)交谈过的人绝不会不分青红皂白地滥施夸奖一样,我们的科学英杰们都不会做出夸大的宣称。当他们最终突然认识到真理时也许会感到激动不已,一些人在向他人解释自己的发现时甚至会略显炫耀,但他们都知道所有这些早已在那里等待着被发现。他们通常并不是从无到有的革命性的创造者,而是像他们的先辈一样,先在一件纺织品上发现瑕疵,然后找到如何去修补这些瑕疵的方法,

并为这件纺织品重新展现的美丽所陶醉。

谈到整套书的安排组织,指出以下几点或许是有益的。第 1 卷主要涵盖了 20 世纪前半期的材料,该卷的各章大部分由物理学兼物理学史专家撰写,也就是说,这些作者以前曾撰写过有关物理学及其历史的著作。第 2 卷和第 3 卷则含有更强的专业味道,主要处理 20 世纪后半期的较重要主题。20 世纪的一些伟大物理学家的照片和传略散见于全书的各章中。这些物理学家并不是按代表排名前 50 之类的标准去刻意选择的,而是要求每位作者在自己所撰写的领域内挑选几个做出最突出成就的学者的结果。通过这种方法,我们向读者奉献了一个具有多样性的现代物理缔造者们的样本。近代物理学的历史告诉我们,这些学者以及难以数计的其他一些人,尽管并非个个聪明绝顶,但却都具有天才并献身于他们所从事的、他们认为无比重要的事业。这是一个值得大书特书的故事,如果这一套书的讲解能鼓励他人更好地来讲这个故事,我们的目的就算达到了。

Laurie M Brown

Abraham Pais

Brian Pippard 爵士

全书所含传略目录

Anderson C D	美国人	1905~1991	第 5 章
Bardeen J	美国人	1908~1991	第 11 章
Blackett P M S	英国人	1897~1974	第 5 章
Bloembergen N	荷兰人	1920 年出生	第 18 章
Bogoliubov N N	俄国人	1909 ^① ~1992	第 8 章
Bohr N	丹麦人	1885~1962	第 2 章
Boltzmann L E	奥地利人	1844~1906	第 1 章
Born M	德国人	1892~1970	第 12 章
Bragg W L 爵士	英国人	1890~1971	第 6 章
Brockhouse B N	加拿大人	1918 年出生	第 12 章
Chapman S	英国人	1888~1970	第 26 章
Cottrell A H	英国人	1919~2012	第 19 章
Debye P	荷兰人	1884~1966	第 12 章
Eddington A S	英国人	1882~1944	第 23 章
Einstein A	德国/瑞士/美国人	1879~1955	第 4 章
Fermi E	意大利人	1901~1954	第 15 章
Feynman R P	美国人	1918~1988	第 9 章
Flory P	美国人	1910~1985	第 21 章
Frank C 爵士	英国人	1911~1999	第 21 章
Gabor D	匈牙利人	1900~1979	第 20 章
Gibbs J W	美国人	1839~1903	第 7 章
Glazebrook R T	英国人	1854~1935	第 16 章
Gray L H	英国人	1905~1965	第 25 章
Heisenberg W K	德国人	1901~1976	第 5 章
Herzberg G	德国人	1904~1999	第 13 章
Heycock C T	英国人	1858~1931	第 19 章
Hubble E T	美国人	1889~1953	第 23 章
Kamerlingh Onnes H	荷兰人	1853~1926	第 11 章
久保亮五 (Kubo R)	日本人	1920~1995	第 8 章
Landau L D	俄国人	1908~1968	第 22 章
Lawrence E O	美国人	1901~1958	第 15 章
Lorentz H A	荷兰人	1853~1928	第 1 章
Maiman T H	美国人	1927~2007	第 18 章
Massey H 爵士	澳大利亚人	1908~1983	第 13 章
Mayneord W V	英国人	1902~1988	第 25 章
Meggers W F	美国人	1888~1966	第 13 章

① 原文传主出生年有误。——译者注

Michelson A A	美国人	1852~1931	第 1 章
Minkowski H	德国人	1864~1909	第 4 章
Mott N F	英国人	1905~1996	第 17 章
Nernst W H	德国人	1864~1940	第 7 章
Neville F H	英国人	1847~1915	第 19 章
Onsager L	挪威人	1903~1976	第 7 章
Planck M	德国人	1858~1947	第 3 章
Prandtl L	德国人	1875~1953	第 10 章
Prigogine I	俄国人	1917~2003	第 8 章
Rosenbluth M N	美国人	1927~2003	第 22 章
Rutherford E	新西兰人	1871~1937	第 1 章
Schawlow A L	美国人	1921~1999	第 18 章
Schrödinger E	奥地利人	1887~1961	第 3 章
Seitz F	美国人	1911~2008	第 19 章
Shockley W B	美国人	1910~1990	第 17 章
Stratton S W	美国人	1861~1936	第 16 章
Strutt J W	英国人	1842~1919	第 1 章
(Rayleigh 男爵三世)			
Taylor G I	英国人	1886~1975	第 10 章
Townes C H	美国人	1915 年出生	第 18 章
Uhlenbeck G E	荷兰人	1900~1988	第 8 章
Van Vleck J H	美国人	1899~1980	第 14 章
von Laue M	德国人	1879~1960	第 6 章
Wegener A L	德国人	1880~1930	第 26 章
Weiss P E	法国人	1865~1940	第 14 章
Wilson K G	美国人	1936 年出生	第 7 章
Wilson R R	美国人	1914~2000	第 9 章
汤川秀树 (Yukawa H)	日本人	1907~1981	第 5 章

目 录

编辑及撰稿人名单

译校者名单

原书序言

全书所含传略目录

第 3 卷

第 17 章 固体中的电子	1
17.1 制备高品质的材料的需求	2
17.2 关于金属的实验事实	2
17.3 金属电导的初始模型	5
17.4 电子气的量子理论	7
17.5 Bloch 定理和其直接的后果	10
17.6 电阻率的机制	17
17.7 倒逆过程	19
17.8 热电效应	21
17.9 插曲——Brillouin 区	25
17.10 从普遍到特殊; 固体学派的涌现	26
17.11 早期的能带结构计算	27
17.12 早期的半导体	29
17.13 整流器和晶体管	33
17.14 光电导性	36
17.15 半导体物理学	38
17.16 热电子	43
17.17 战后年代的金属——液体氦的影响	46
17.18 作为个体的金属——Fermi 面计划	49
17.18.1 磁电阻	56
17.18.2 Azbel'-Kaner 回旋共振 (1956)	57
17.18.3 声共振 (1955)	58
17.18.4 螺旋振子 (1960)	58
17.18.5 磁击穿 (1961)	59

17.18.6 Shoenberg 磁相互作用 (1962)	59
17.19 独立粒子模型之外	59
17.20 无序材料	63
17.21 干涉效应	66
17.22 二维电子气; 量子 Hall 效应	68
17.23 后记	72
参考文献	73
第 18 章 20 世纪光学及光电子物理发展史	82
18.1 20 世纪前经典光学的发展	82
18.2 1900~1930 年: 早期量子光学	83
18.2.1 Planck 的唯象学	83
18.2.2 Einstein 的微粒气体	86
18.2.3 1909: 粒子与波	88
18.2.4 自发跃迁与受激跃迁	92
18.2.5 从成像理论到负色散	93
18.2.6 Miller 的故事	94
18.2.7 新量子理论	95
18.2.8 组合散射与 Raman 效应	97
18.3 1936~1960 年: 暴风雨前的平静	99
18.3.1 van Cittert, Zernike 及光学相干性	100
18.3.2 第二次世界大战时期的光学研究	102
18.3.3 量子电动力学——第一个规范理论	105
18.3.4 早期的全息术	106
18.3.5 迈向微波激射和激光	108
18.3.6 对于 Fourier 光学的探本穷源	109
18.3.7 光电子学的序曲	110
18.3.8 可任意弯曲的光管——光纤	110
18.3.9 光拍频学的诞生	111
18.3.10 激光诞生前的最后时光	112
18.4 1960~1970 年: 激光和非线性光学	114
18.4.1 非线性光学的起步	116
18.4.2 新的成像理论: 本征函数	120
18.4.3 全息术的实用化	123
18.4.4 量子相干理论	126
18.4.5 激光散射研究起步	127