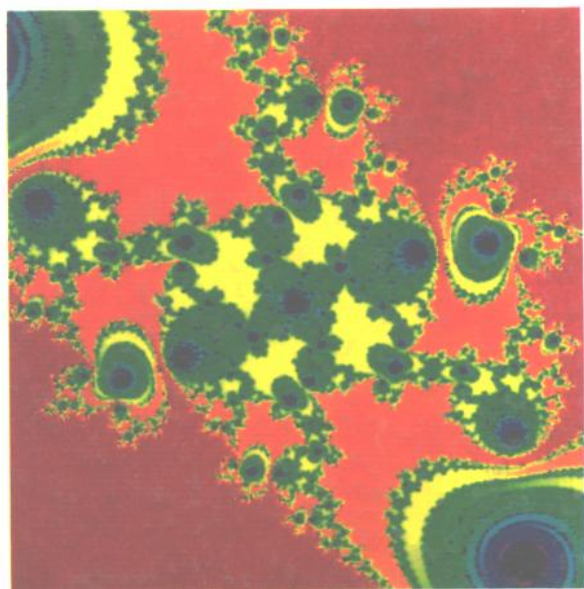


90年代物理学



学科交叉和 技术应用

〔美〕学科交叉和技术应用专门小组

科学出版社

23.05
21.1

90年代物理学

学科交叉和技术应用

〔美〕学科交叉和技术应用专门小组 著

曾泽培 王桂蓉 阮祖启 译

31.6591-2

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

《90年代物理学》是美国物理学评述委员会等单位组织许多科学家编写的一套调查报告,本书是其中之一。

本书通过物理学与其它自然学科交叉时的相互作用,及其在技术、医学和国防等方面的应用,阐明了物理学对社会和经济产生的巨大影响,及其与各学科交叉领域的现状、进展和前景。

本书对地球物理、生物物理、材料科学、化学、数学、微电子学、能源与环境科学、光信息技术、国防和医学等与物理有关的交叉学科的研究和教学人员有很大的参考价值,也可供负责制定科技政策的各级政府领导和科研管理部门了解物理学与其它学科交叉的现状和发展前景,制定学科发展规划和基金政策时参考。

Panel on Scientific Interfaces and Technological Applications
Physics Through The 1990s
SCIENTIFIC INTERFACES AND TECHNOLOGICAL APPLICATIONS
National Academy Press, 1986

90年代物理学

学科交叉和技术应用

〔美〕学科交叉和技术应用专门小组 著

曾泽培 王桂蓉 阮祖启 译

责任编辑 王昌泰

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994年10月第一版 开本:850×1168 1/32

1994年10月第一次印刷 印张:7 7/8 插页:2

印数:1-1500

字数:199000

ISBN 7-03-004109-7/O·718

定价:11.00元

前 言

物理学一贯以其基本发现为人类服务，这些发现丰富了人们关于自然界和宇宙的知识。物理学研究的基本推动力是对知识的好奇和探索。同时，国家的战略目的，居世界科学领先地位为自豪，与其它自然科学的共生而产生的社会影响，以及物理学的应用所提供的先进技术等，也推动了国家对物理学研究的大力支持。

这本物理学综述卷以物理学为出发点，通过它与其他一些自然科学交叉时的相互作用，及其在技术、医学和国防等方面的应用，阐明物理学对社会和经济产生的重大影响。其它六卷是《基本粒子物理学》、《原子核物理学》、《原子、分子物理和光学》、《引力、宇宙学和宇宙射线物理学》、《等离子体物理和流体》和《凝聚态物理学》，它们分别详细叙述作为科学事业的物理学在它的主要分支领域中的状况、进展和前景。另一综述卷论述物理领域的全面进展、机会和需求；分析美国物理学在国际舞台上的状况和趋势；讨论拨款、人力以及人员分布。

整套评述均突出反映物理学在推进整个科学事业的发展，以及为经济上极为重要的新技术提供基础中的重大作用，而目前这一卷的重点则是技术应用。

新的科学学科正在从物理学与生物学、地质学和材料科学的交叉中产生，物理学与化学及数学的交叉正在产生可望在研究方法上发生革命的新的交叉学科。本书用六章篇幅讨论这些科学的交叉，其中有选择地描述有关的共生关系中出现的进展和趋势中的一些例子。所得出的印象是，科学作为整体会极大地超过它的各部分之和。在最基础的研究层次上的交叉学科，在未来 10 年中看来是最有前途的。

本卷没有明确叙述物理学和各种工程学科之间的交叉，但是

强调了从最基础的研究到工程应用物理学所起的关键作用。为了国家的利益必须认识、支持和加强这种交叉。确实,越来越多受过物理学训练的人们正在从事应用或工程,而不是纯学术性的研究。

微电子学、光学通讯和新仪器制造学是当代物理学研究的主要技术应用领域。各种物理学应用对于医学诊断和治疗的提高、国家防务体系、能源和环境问题的解决都作出了贡献。本卷中有六章讨论这些重要的物理学应用领域,并主要从它们的社会效益和经济影响方面来论述。

考虑到物理学与其它科学的交叉及其应用,自然会导致人们建议设立一个目的在于加强科学、技术和国家繁荣所不可缺少的统一机构。对这一问题的说明和解释见第1章(概要和建议)的结论部分。

中 译 本 前 言

《90年代物理学》(Physics Through the 1990s)是由美国全国研究理事会(National Research Council)组织的物理学评述委员会(Physics Survey Committee)所写的调查报告。全书共9册,其中6册分别阐述物理学的6个基本领域,即:《原子、分子物理学和光学》(Atomic, Molecular, and Optical Physics)、《凝聚态物理学》(Condensed-Matter Physics)、《基本粒子物理学》(Elementary-Particle Physics)、《引力、宇宙学和宇宙射线物理学》(Gravitation, Cosmology, and Cosmic-Ray Physics)、《原子核物理学》(Nuclear Physics)以及《等离子体和流体》(Plasmas and Fluid)。另有3册分别是《总论》(An Overview)、《提要》(A Summary)、《学科交叉和技术应用》(Scientific Interfaces and Technological Applications)。

美国全国研究理事会共组织过三次物理学方面的调查。前两次分别于1966年和1972年完成。这次从1983年初开始,组织了近150位物理学家,耗资70万美元,于1986年4月出版本书。

这套书详尽地叙述了1985年前的十几年中物理学和与物理学有关的交叉学科所取得的重大进展以及物理学对其他学科、社会发展和人类进步的影响。本书还对美国物理学在世界上的地位、物理人才的培养和现代大型设备在物理学研究中的作用等作了详细的分析,并预测了20世纪90年代物理学的前沿课题及发展方向。

这套书的内容深入浅出,有一定的权威性,相信它将有助于我国物理学工作者了解当代物理学的重大进展、前沿课题及发展趋势。同时,本书对地球物理、生物物理、材料科学、化学、数学、微电子学、能源与环境科学、党信息技术、国防和医学等与物理有关的

交叉学科的研究和教学人员也有很大的参考价值。此外,对负责制定科技政策的各级政府领导和科研管理部门了解物理学的现状和发展,制定学科发展规划和基金指南等,也有一定的帮助。中国科学院数学部和复旦大学共同组织翻译了此书,将陆续出版。我们坚信,本书的出版将有助于推动我国物理学的发展。

在本书的翻译出版工作中,得到了科学出版社、复旦大学出版社、复旦大学物理系、中国科学院物理研究所、高能物理研究所和等离子体研究所等单位的大力支持,在此仅表谢意。

谢希德 周光召 章 综

专门委员会执行主席的总结

物理学研究使认识自然界的动力，与由物理学繁衍出来的技术对人类生活的普遍影响紧密地结合起来。令人振奋的 20 世纪发现和应用的节奏在过去 10 年中更快了。新技术，例如高速电子学、光通讯、高级医疗仪器、新奇的防务系统，以及能源和环境系统，都是在物理学的有关发现之后几年的时间内就在其基础上发育成熟了。与此同时，在交叉科学中诞生的新思想和新方法，正把科学的能力扩展到能应付越来越复杂的问题。物理学已用全新的方式对化学、生物学和数学等学科做出贡献，反过来又从这些学科中获益。计算机科学、地质学、工程学和材料科学已经开始全面地与物理学交相发展，为人类造福。

本卷通过有代表性的实例说明了这些进展，并提出建议。这些建议的目的是：采取行动，通过物理学与其它学科的交叉及其技术应用，提高物理学对社会的价值。只有了解科学-技术-经济这一纽带的重要性和复杂性，才能在关键领域中加强它们的内在关系。

除了在本评述的《总论》卷中提出的普遍性建议外，我们还提出如下几点建议：

- 拨款机构应设计出多种评价和资助跨学科研究合作的程序，这些合作研究包含有来自相关学科深处的参加者。应特别关注对开始进行跨学科项目的年轻人员的起动研究资助。
- 大学应颁布跨系、跨学科的研究计划项目和中心，以越过传统学科间的壁垒。提供跨学科教育，吸引并利用跨学科的研究经费。
- 大学和拨款机构应组织起来在教学和研究两方面容纳、加强工程学和物理学的交叉。

- 联邦政府应通过适宜的税收政策和反托拉斯政策，鼓励工业界内部组织的基础研究，以及与大学、国家实验室和其它工业界的合作性的工业研究。

- 长期性基础研究的资助应由任务性机构(尤其是美国国防部)分担，并应至少恢复到曼斯菲尔德修正案前(1970年)的水平。

目 录

专门委员会执行主席的总结	xi
1. 概要和建议	1
社会展望：物理学的应用、联系和交叉	1
科学的协同作用：物理学的学科交叉	2
生物物理学	3
物理学和材料科学	4
物理-化学交叉	5
地球物理学	6
数学物理学和计算物理学	8
今天的科学与明天的技术：创新的过程	9
物理学应用的进展：微电子学	11
光学技术	12
仪器制造学	14
能源与环境	15
国家安全	17
医学应用	18
建议	18
2. 生物物理学	22
引言	22
生物大分子	25
分子生物物理学的实验方法	28
膜和细胞生理的生物物理学	34
脑和神经的生物物理学	38
膜通道	40
脑的构造和记忆	41
理论生物物理学	42

结论和建议.....	45
3. 物理-化学交叉的新面貌	49
引言.....	49
仪器促成的合作.....	50
激光科学.....	50
表面和界面探测.....	52
中子和同步辐射.....	55
聚合物和复杂流体.....	57
有机电子材料.....	58
导电性分子晶体.....	59
共轭聚合物.....	59
分子组合.....	60
建议.....	61
教育.....	61
学术研究.....	62
基金.....	63
总结.....	63
4. 物理学与材料科学	64
引言.....	64
历史上的成就.....	65
物理学与材料科学的交叉.....	68
新材料.....	69
新工艺.....	71
化学分离和分析.....	71
表面.....	72
缺陷.....	73
测量仪器.....	73
理论和模拟.....	74
非晶和有序材料.....	75
冶金学微观结构.....	78
结束语.....	83

5. 地球物理学	84
引言	84
科学背景	85
板块构造学	85
作为热机的地球	86
大陆的形变	87
地球化学储层	88
大气和海洋	89
比较行星学	91
应用	93
灾害	93
能量	94
从空间获得的数据	96
国家安全	96
未来的研究方向	97
大陆的地震研究	97
大陆的深钻	97
全球性数字式地震阵列观测	97
大规模计算设备	98
高压下地壳和地幔物质的研究	98
空间遥感	98
其它地球物理数据集	99
6. 计算物理学	100
引言	100
复杂系统的理论探索	101
基本粒子物理学	102
统计力学	103
凝聚态理论	104
原子和分子物理学	105
等离子体物理学	107
核物理学	108

流体物理学.....	109
天体物理学.....	110
万有引力理论.....	111
计算物理学科学研究的特点.....	112
政策和建议.....	114
7. 物理学和数学的交叉	116
引言.....	116
场论和数学.....	117
数学和物理交叉中的混沌.....	120
8. 微电子学和物理学	125
引言.....	125
从晶体管到超大规模集成电路.....	126
甚大规模集成电路的 10 年	127
共生现象.....	131
其它技术.....	132
砷化镓.....	132
约瑟夫森结——超导计算机?	135
非晶态半导体.....	137
缩小尺寸, 小型化的限度.....	137
材料.....	137
界面和表面.....	139
输运.....	140
组装.....	141
磁信息技术和信息储存.....	143
磁记录.....	144
磁泡技术.....	145
磁光记录.....	146
进入未来.....	147
下一个是什么?	148
9. 物理学在光信息技术中的应用	150
引言.....	150

光通信技术	151
光通信系统的各个组成部分	152
演变中的系统配置	159
技术上的挑战	159
光纤光学传感器技术	160
光学信息处理	161
光学存储器	162
集成光学和光电子学	164
光子学的远景: 今天的研究是为了明天的技术	165
全光学逻辑	165
把秒进行分割: 对高速度的基本限制	169
异乎寻常的传播模式和介质	169
光学和基础物理学之间互不可缺的协作	170
10. 仪器制造学	172
11. 物理学应用于能源和环保	183
能源	183
凝聚态物理学和太阳能转换	184
材料	186
聚变能	187
物理学在燃烧研究中的作用	190
未来的发展	192
环境	193
大气科学	193
酸雨	193
二氧化碳浓度和温室效应	194
水圈的研究	196
土壤物理学	197
生物群和生态学	198
建议	199
12. 物理学和国防	200
引言	200
物理学对国防贡献的最新例证	201

激光及其应用	201
回旋共振微波喷射器和自由电子激光器	203
光学纤维和集成光学	203
准确时钟和相对论应用	204
离子注入的应用	205
化合物半导体电子器件	206
磁泡存储器	206
未来的方向	207
传感、处理和蒙蔽	207
定向能量武器	209
低度可观察量技术	210
物理学和军备控制	210
加强国防与物理学的交叉	211
13. 物理学的医学应用	218
引言	218
放射学	219
诊断用放射照相术	219
同位素和核医学	221
X射线计算机化层析扫描	222
正电子发射层析摄影术	224
超声学	225
核磁共振	227
光子学和医学	230
激光	230
内窥镜和传感器的纤维光学	233
荧光免疫化验	234
结束语	235
建议	237

1. 概要和建议

社会展望：物理学的应用、联系和交叉

物理学研究提高了我们对自然界的基本认识，产生了对人类有深远意义的知识。它所孕育出的新技术已深深扎根于我们的文化中，以致人们常常忽视了它们的科学根源。《90年代物理学》的这一卷将论述物理学在技术中的应用及其与其它学科的交叉对社会所引起的深刻影响。

物理学作为一门基础科学，向人类思维提出了一些最深入的挑战。本世纪以来物理学中令人兴奋的发现不断加速着它的发展步伐。本调查报告的其它各卷已按各个分支领域对这些发现作了详细的介绍，这些分支领域是基本粒子、等离子体和流体、核物理以及原子、分子和光学物理、凝聚物质、宇宙学和万有引力。

与中世纪的权贵们有时对艺术所作慷慨无私的庇护不同，当代联邦政府对物理学研究给予相当高水平的资助，其动机是期望实际受益。然而，尽管传播媒介经常报道诸如基本粒子物理学、行星际航天科学、核聚变和奇异的超导体等领域中的惊人发现，但在公众的心目中，常常还是把科学研究看作与美国经济实际上是不相关的。本卷论证了物理学对社会的价值，并阐明了美国在基础研究和技术创新两方面占有世界领先地位对使它的经济兴旺发达所具有的重要意义。

物理学的应用及其与其它学科的交叉结合所包含的活动范围很广，本卷只介绍了几个当前激起人们兴趣并具有未来潜力、以及对社会有直接重要意义的领域。所选择的交叉都是那些在基础层次上跨学科相互影响、特别富有活力的领域：生物物理学、材料科学、化学-物理学交叉、地球物理学，以及数学物理学和计算物理

学。

在物理学不胜枚举的各种应用中，我们选择的是一些以最新研究成果为主要依靠，又可认为具有相同水平的大型工艺技术领域。介绍的重点是物理学在电子学、光信息技术、供科学和社会使用的新器械、能源和环境、国家安全及医学等方面的应用。

在许多这一类的应用中，常常需要跨越物理和工程之间的界线。虽然工程学不在本卷专门讨论之列，但它的关键作用实质上已渗透到本书列举出的各种技术的每一个方面。技术的继续进展依赖于物理与工程紧密的相互作用，正如科学的继续进展依赖于物理与其它学科的相互作用一样。事实上，科学、技术和工程之间一系列观点的交互前进，正是贯串于本卷的一个主要论题。

本卷每一章都按物理学研究的框架概述了过去 10 年的主要进展，重点放在有代表性的实例上，而不是作详尽无遗的汇编。有关某一特定技术或学科交叉的具体建议，都放在相应各章中；其它超出一个专门学科，而有关使物理学的进展能继续造福于社会和科学发展的计划项目和建议，则一并放在本章最后一节。

科学的协同作用：物理学的学科交叉

由于物理学原理是其它学科的基础，所以物理学中的新发现常常会激励相关学科的研究。反过来，其它学科中的课题也能激励物理学家去作精深的探究。

本书介绍了六个交叉面，以说明物理学与不同方面的联系，指出物理学能在它们中得到的机会，并分别提出看法和建议。

书中虽然没有单独讲到物理学与各工程学科之间的交叉，但我们强调指出：在物理学中一直存在着技术活动，从最基础的科学研究，一直到最直接的技术应用，基本上都是如此。在那些新的物理学科正在迅速转入应用的技术领域中，区分物理和工程已经毫无意义。