

物理学科新进展

徐在新 缪克成 编著

大学后教育书系

教师必读丛书

袁运开 主编

中国科学技术出版社

教师必读丛书

物理学科新进展

大学后教育书系

徐在新 缪克成 编著

中国科学技术出版社

内 容 提 要

该书从较为宽广的背景中,着重对现代物理学科中几个最重要的领域,如光学、原子和分子物理学、原子核物理学、粒子物理学、统计物理和凝聚态物理学、天体物理和宇宙学、生物物理学、计算物理学、物理哲学等的新进展、新成就,从不同的侧面进行了深入浅出的介绍和阐述,有助于启迪思想、了解前沿、更新知识、促进教学与研究。它不仅是中学物理教师了解现代物理学新进展、新知识的一本大学后教育的进修书籍,同时也是各大专院校在校学生的一本不可多得的参考书籍。

教师必读丛书

物理学科新进展

大学后教育书系

徐在新 编著	中国科学技术出版社(北京海淀区白石桥路32号)
缪克成	新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
责任编辑:颜实	北京邦达公司电脑排版 北京李史山印刷厂印刷
封面设计:王小飞	开本:850×1168毫米 1/32 1991年4月第1版
技术设计:上震宇	印张:11.25 字数:268千字 1991年4月第1次印刷
范小芳	ISBN 7-5046-0083-0/O·1 印数:1—2500册

定价:9.25元

主 编 的 话

当今时代，社会发展、科技进步都有赖于全民教育不断提高，教育必须面向现代化、面向世界、面向未来。尤其是在深化教育改革的今天，对肩负培养未来建设者重任的广大教师来说，除了要坚持正确的政治方向以外，还必须努力汲取新知识和新思想，不断提高业务水平，增强适应性。事实上，自本世纪四五十年代发生的新技术革命以来，那种完全依赖于大学一次性教育的时代已不复存在，继续教育、终身教育，在世界各国已受到普遍的重视，对我国来说也是如此。一位三十几岁的优秀中学教师曾对记者说：“尽管我具有当好教师的愿望，但深知自己功底不够，我白天当教师，晚上当学生……”强烈的求知渴望溢于言表。《教师必读丛书》正是为了满足广大教师这种追求新知的欲望，从继续教育的特点着眼，以完善广大青年教师的知识结构，提高其文化科学素质为目的而编辑的。

一些发达国家在一次迎接 21 世纪的战略研讨会上普遍认为：“谁能在本世纪内把中小学教育的质量搞上去，谁就能掌握 21 世纪的主动权。”纵观历史，任何一个国家科技的发展，经济的起飞，乃至整个社会的进步，无

不是依赖教育——确切地说，是依赖教师——“超前”挑起了准备人才的重担。当前，我国人民在建设社会主义现代化强国的宏伟事业中，为90年代以至下个世纪初叶我国经济和社会的发展，大规模地准备新的能够坚持社会主义方向的各级各类合格人才的奠基重任，就压在了我国800万中小学教师的肩头。

面对这一严峻的挑战，广大中小学教师知难而上。他们深感责任重大，同时也清醒地认识到：培养一流的人才，需要一流的教师。做一名优秀教师，就要不断给自己提出新的学习任务。他们以饱满的热情，积极参加进修，认真接受培训，广泛开展自学，更新自己的观念与知识，扩展自己的视野与志趣，在教育改革的实践中不断提高自己的修养与素质。许多教师将这些更新知识的活动，称之为“我的追求”。其言其行其情，令人感动。我作为一名老教育工作者，总想为年轻同行们的继续教育尽一点绵薄之力，这也是编辑这套丛书的一个缘由吧。

继续教育的重要特点在于，它不是基础性的教育，而是提高性的教育。《教师必读丛书》遵循这一原则，从教育改革的实际出发，针对中学各科教师的共性问题和各大学科的共同要求，从提高修养、提高素质、更新知识入手进行编写，为各科教师提供一套通用的具有提高性质的自学读物。

丛书共12册。其中比重较大的是教育学

和心理学知识，但都不是泛泛地介绍。《学生心理与班级管理》、《学生认知与优化教学》、《教育测量、统计与评价》、《教育研究及其方法》等分册，以心理学、教育学理论和方法为指导，阐述如何更新教育观、办学观、人才观和教学观，如何科学地对 80 年代以至 90 年代的学生进行教育和教学，如何开展教育科学研究。这是每一位教师、各级教育工作的领导者必须认真回答的基本问题，必须掌握的基本知识与手段。

《当今时代与教师》和《教育与社会》两分册，将教育事业和教师工作置于“时代”和“社会”的大背景和大环境中，从更为广阔的视角，阐明了时代赋予教师的职责和使命，教育与社会相互依赖、相互促进的关系；有助于广大教师增强提高自身思想、道德修养，努力培养适应时代要求与社会发展需要的人才的自觉性。

丛书当中，有两本介绍国外教育和思潮的分册，即《国外中学教育》和《教育与现代西方思潮》。前者介绍和评价了一些国家的中学教育，可以帮助广大教师增广见识，在教育改革的实践中借鉴国外教育的经验和教训。后者介绍并评述了现代西方有代表性的思潮，这对于教师在改革开放的环境里，引导学生正确认识和对待西方思潮，学会分析、评价、批判、借鉴，提高识别能力，以更好地向学生进行坚持四项基本原则的教育，具有指导的意义。

该丛书还有四本介绍自然科学专业知识和教育技术的分册：《物理学科新进展》、《生命学科新进展》、《计算机辅助教学》和《现代教育技术学》。前两册介绍的是自然科学中最有发展前途并影响深广的两门主要学科，分别提供了两门学科各个主要新兴分支学科的基本内容及其新进展。文理渗透，社会科学与自然科学交叉、结合，科学发展既不断分化又不断综合已是客观趋向。所以我认为，非物理、生物学科的教师值得一读，即使文科教师也不防一读，既可以拓宽知识面，又可以开阔思路。后两册分别介绍现代教育技术的各个侧面和计算机辅助教学的理论与实践，指出掌握和运用现代化教育技术，是提高教育质量、扩大教育效益的重要手段。我相信，广大教师读后将会对此产生浓厚兴趣的。

丛书在写作上，还注意了科学性：各书在内容上力求准确、科学、完整、系统，同时又努力做到深入浅出；实用性：各书在介绍知识、理论的同时，都力求给读者以解决实际问题的思路和方法，注意有重要参考价值的个案与实例的列举；新颖性：在取材和写作风格上努力反映时代气息，体现改革精神，汇集科研最新成果；使具有不同知识与实践背景的广大中学教师不仅读有所获，而且感到好读、爱读，适于自学。

有人说，大学本科只是直接培养中级人才，而大学后的继续学习却在造就着高级人

才。如果本丛书有助于一大批思想修养好，具有丰富中学教育实践经验和较高教育科研素质的教育专家的形成，我们将感到莫大的欣慰。

本丛书的作者都是华东师范大学有关系、所的同志、担任各分册责任编委并负责统稿的均为正、副教授。他们的撰稿中，怀着为年轻的同行提供优质的精神食粮的责任感，字斟句酌，精益求精。但是由于时间紧，不当之处在所难免，敬希读者指正，以便再版时修改。

本丛书的出版得到国家教委领导同志与国家教委师范司、中学司、督导司、中小学教材办公室等单位有关负责同志的热情鼓励与支持，中国科学技术出版社编辑同志对各分册作了精心细致的审阅和加工，在此一并表示诚挚的感谢。并希望丛书出版以后，有关方面继续给予指导与关注，使这套读物在系统提高中学师资水平上发挥其应有的作用。

袁运开

1989. 12. 30. 于华东师大

前 言

本世纪以来，人类对于物理现象的研究逐步从宏观到微观。开始研究的是原子现象。原子的线度约为 10^{-8}cm ，结合能数量级约为 keV 。然后从 30 年代开始，物理学家又把他们的研究领域深入到线度约为 10^{-13}cm ，结合能数量级为 MeV 的原子核领域。随着高能加速器的建造和发展，物理学家的探索目标又进一步达到 $10^{-14}\sim 10^{-15}\text{cm}$ ，相应的能量约为 $1\text{GeV}\sim 100\text{GeV}$ 的微观区域。在更细微的微观领域，人们对于诸如真空，基本粒子及其内部结构，以及基本相互作用等观念，取得了更为深刻的了解。微观尺度愈小，所涉及到的能量就愈高。因此，可以说，更细微区域的微观物理学一定是高能物理学，或者说是高能粒子物理学。简称“粒子物理学”。在这种从宏观向微观的进军中，物理学家对宏观物体的研究也愈来愈深入了，统计物理、固体物理所研究的内容有了极大的扩展，从而衍生出凝聚态物理学。

由于物质的各种形式和运动形式之间存在着普遍的联系，随着现代物理学科的新进展，这种联系也充分显示出来，产生了一系列交叉学科，如天体物理、生物物理、计算物理等等。事

事实上不仅自然科学的不同学科互相渗透，而且作为现代自然科学基础的现代物理学还向哲学社会科学渗透，物理哲学等也就应运而生。在物理学基础研究过程中形成和发展起来的基本概念、基本理论、基本方法，已成为现代其他许多学科的重要组成部分，并产生了良好的效果。

总之，现代物理学科的新进展，向人们展示了一幅颇为壮阔的图景：现代物理学已逐步发展成为各分支学科彼此密切联系的，又向其他学科不断渗透的统一整体。这种整体化的趋势表明，现代物理学的探索是如此深入，渗透又是如此广泛，它对整个科学技术和人类文明生活的发展，已经产生并将继续产生无可估量的令人惊叹的巨大影响。面对着这个统一整体，最能吸引物理学工作者的就是力图寻找一切物理现象的基本规律，从而去统一地理解一切物理现象。这种作为物理学工作者的最基本追求的目标，正如中国科学院学部委员朱洪元先生指出的：“虽然逐步有所进展，使得这一目标有时显得很接近；但与此同时，新的物理现象又不断出现，使这一目标又变得更遥远，看来人们对于客观世界的探索、研究是无穷无尽的。”

现在摆在读者面前的这本书是专门为大学毕业后的中学教师所编写的。我们也是从大学毕业后走过来的人，现在又工作在高等师范教育的岗位上。教学和科研的实践使我们体会到，当今的物理学科正日新月异地推动着人类文明生活的进程，为了适应这种形势，我们每个都要把知识更新问题解决好。不论是物理学工作

者还是物理教师都需要不断学习新知识。正是怀着这种责任感和紧迫感，促使我们在编写本书时，十分注意从中学教师的实际情况出发，注重继续教育这一目的，尽量使本书具有下列特点。

第一，先进性：本书主要介绍 20 世纪以来物理学方面最基本最突出的新成就，新进展；

第二，知识性：本书区别于一般性介绍文章，各篇尽可能把一个领域的基本理论和框架讲清楚，在这个基础上，再阐述新进展中所涉及的一些主要课题与应用；

第三，趣味性：尽量避免物理教科书的写法，着重讲清原始思想，穿插某些重大发现史实，力求不依赖公式说明问题；

第四，实用性：密切结合中学物理教材中的内容来阐述现代物理学科的新进展，使中学教师阅读后，能将本书阐述的观点、思想和方法及物理学新成就、新进展应用于自己教学实践。

本书的编写大纲，经过多次讨论、修改，然后由执笔者分工撰写。执笔者是（以篇目先后为序）：徐在新、缪克成（前言），王祖赓（第一篇），潘楨镛（第二篇），徐在新（第三篇），朱宏雄（第四篇），王赢珍（第四篇中表面、界面物理部分），蒋元方（第五篇），陈家森（第六篇），杨介信（第七篇），缪克成（第八篇）。全书由徐在新、缪克成统编、定稿。在全书统编、定稿过程中，得到了《教师必读》丛书主编、华东师范大学校长袁运开教授的关心和指导，并承他在百忙中审阅了全书，在此表示谢意。

由于我们水平有限,难免不出错误,敬请广大读者给予批评指正。

编者

1988 年 7 月初稿

1988 年 12 月二稿

目 录

前言

第一篇 光学、原子和分子物理学

——异军突起的激光科学

- | | |
|------------------------------|----|
| § 1. 一个划时代的发明——
从微波激光器到激光 | 1 |
| § 2. 雪崩式的成就——
激光器件的进展 | 5 |
| § 3. 神光之谜——激光的奇特
性质 | 9 |
| § 4. 突破了分辨率的极限——
激光光谱学的功劳 | 15 |
| § 5. 方兴未艾的新领域——
非线性光学 | 30 |
| § 6. 逼真的三维图象——全息
照相 | 38 |
| § 7. 不是魔术，恰似魔术——
激光的应用 | 41 |

第二篇 原子核物理学

——核内“别有洞天”

- | | |
|---------------------------|----|
| § 1. “破土而出”的核——
原子核的特性 | 57 |
| § 2. 核的“粘合剂”——漫话
核力 | 60 |
| § 3. 深处的奥秘——核结构探索 | 66 |
| § 4. 来自原子深处的信息—— | |

放射性	76
§ 5. 现代“点穴术”——核反应	81
§ 6. 核物理大显身手——核技术的应用	87
第三篇 粒子物理学——	93
向微观领域的更深层次进军	
§ 1. 波粒二象性的高度统一——美妙的量子场理论	93
§ 2. 真空并非一无所有——谈谈真空	100
§ 3. 微观领域的新探索——基本相互作用和奇异粒子的发现	105
§ 4. 物理世界的优美性和简单性——对称性和守恒定律	112
§ 5. 基本粒子不基本——基本粒子的内部结构	119
§ 6. 构成强子的基元——夸克面面观	128
§ 7. 爱因斯坦的未竟事业——相互作用的统一	141
第四篇 统计物理和凝聚态物理学——揭开宏观物理奥秘	150
复杂性的奥秘	
§ 1. 对付复杂多体问题的高明——“一招”——重正化群理论浅说	150
§ 2. 不可逆性和“活”的结构——奇妙的自组织现象	162
§ 3. “乱中有序”的混沌运动	166

再谈物理世界中的随机性	172
§ 4. 举世瞩目的“超导热” ——超导研究的新进展	189
§ 5. 80年代的意外发现——低温 强磁场下的量子霍尔效应	202
§ 6. 大千世界的“表面”文章 ——表面和界面物理介绍	214
第五篇 天体物理和宇宙学—— 对宇观领域的不倦探索	222
§ 1. 一个均匀和各向同性的世界 ——宇宙	222
§ 2. 来自灼热奇点的神话—— 大爆炸学说	228
§ 3. “有章可循”的宇宙膨胀 ——引力理论及标准模型	233
§ 4. 意想不到的天外噪声—— 微波辐射背景	242
§ 5. 宇宙中周而复始的“悲喜剧” ——恒星的演化	247
§ 6. 真假真空度变幻术—— 暴涨的宇宙	254
§ 7. 是“玄”说否？—— 宇宙弦的论说	259
第六篇 生物物理学——物理 学的新兴分支学科之一	264
§ 1. 生物体的组成单元—— 生物大分子	264
§ 2. 生物体的反馈控制—— 感觉系统	277

§ 3. 生物体的活性之源—— 生物能概说	280
§ 4. 生物物理的一支新军—— 理论生物学	282
第七篇 计算物理学——物理 学的新兴分支学科之二	290
§ 1. “应运而生”的计算物理	290
§ 2. 计算机的基本结构介绍	293
§ 3. 计算物理中的几个基本运算	295
第八篇 物理哲学与研究方法 ——物理学同哲学之间 关系的新探索	310
§ 1. 物理哲学中的世界图景	310
§ 2. 对物理实在的新认识	314
§ 3. 物理哲学的基本特征 ——对称性和不可逆性	319
§ 4. 物理学家与科学哲学	323
§ 5. 物理学研究的方法论	332

光学、原子和分子物理学

——异军突起的激光科学

§ 1. 一个划时代的发明——从微波激光器到激光

20 世纪 60 年代以前,现代物理学家尽管利用量子力学原理解释和计算了许多涉及光学、原子和分子物理学领域的问题,但令人振奋的非常突出的结果却很少,以致许多现代物理学家的兴趣转向统计物理学、原子核物理学和粒子物理学领域。然而,随着 1960 年第一台激光器的问世,迅速地结束了光学、原子和分子物理学的这种沉寂状态。现在,激光频率不仅覆盖范围广阔,而且可以任意调谐。随着现代物理学科这一新进展,物理学家们可得以进一步发挥光学、原子和分子物理学领域的新的巨大威力。由于光学、原子物理学素有精确测量的特征,而激光的异军突起则使这一传统更为醒目。

1. 微波激光器

受激辐射及其相干性是微波激光器和激光的最基本的物理概念。这个概念最早由爱因斯坦提出并由量子力学的发展而得到完善。美国的汤斯与苏联的布洛赫洛夫和巴索夫分别独立提出微波振荡和放大的思想。他们都是无线电物理学专家,长期从事雷达、无线电波传播和微波波谱学方面的研究,