

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

世界名校名家基础教育系列
Textbooks of Base Disciplines from World's Top Universities and Experts

Pearson



原理篇 [下]

PRINCIPLES & PRACTICE OF PHYSICS (PART 2)

(SERIES MAJOR)

【美】埃里克·马祖尔 著

张萍 王原 译

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”国家重点出版物出版规划项目



世界名校名家基础教育系列

Textbooks of Base Disciplines from World's Top Universities and Experts

马祖尔物理学：

原理篇（下）

[美] 埃里克·马祖尔 (Eric Mazur) 著
张萍 王原 译



机械工业出版社

《马祖尔物理学》包含《原理篇》和《实践篇》两部分，各分上、下两册，上册主要包括：力学、波、流体和热学，下册主要包括：电磁学、电路、光学。

《原理篇》讲授物理知识；《实践篇》主要涉及对知识的应用与解题方法的介绍。《原理篇》每章分为两个部分：第一部分为基本概念，通过定性描述与插图示意，用浅显的语言描绘概念框架；第二部分为定量研究，用数学工具分析前面提及的物理思想。

本书主要特点有：强调守恒原理；更早强化系统的概念；推迟引入矢量的概念；适时引入物理概念；整合近代物理；采取模块化的组织形式。

Authorized translation from the English language edition, entitled *Principles & Practice of Physics*, chapters 1-34, 9780321949202, by Eric Mazur, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2015 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by CHINA MACHINE PRESS, Copyright © 2018 by China Machine Press.

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签。

无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2014-7257 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

马祖尔物理学. 原理篇. 下/(美) 埃里克·马祖尔 (Eric Mazur) 著; 张萍, 王原译. —北京: 机械工业出版社, 2017. 12

(世界名校名家基础教育系列)

书名原文: Principles & Practice of Physics: Principles

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-111-58132-1

I. ①马… II. ①埃… ②张… ③王… III. ①物理学 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 241201 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张金奎 责任编辑: 张金奎 陈崇昱 任正一

责任校对: 刘志文 责任印制: 常天培

北京华联印刷有限公司印刷

2018 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26 印张·2 插页·753 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-58132-1

定价: 268.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649

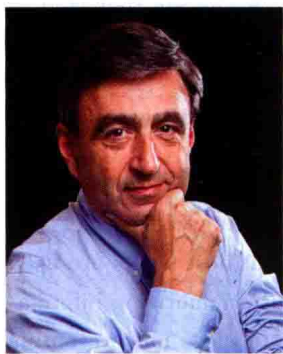
机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

作者简介



埃里克·马祖尔是哈佛大学物理与应用物理学“巴尔坎斯基”讲席教授，应用物理系负责人。他是光学和教育学领域的著名科学家，著作颇丰，现任美国光学学会主席。

在荷兰莱顿大学获得博士学位后，马祖尔教授赴哈佛大学工作。2012年，他被巴黎综合理工大学和蒙特利尔大学授予荣誉博士学位。他是荷兰皇家科学院院士，还是中国科学院半导体研究所、北京工业大学激光工程研究院和北京师范大学的荣誉教授。

马祖尔教授曾在卡内基梅隆大学、俄亥俄州立大学、宾夕法尼亚州立大学、普林斯顿大学、范德比尔特大学、香港大学、比利时鲁汶大学和台湾大学等多所高校担任客座教授或杰出讲师职务。

除了光学之外，马祖尔教授还对教育、科技政策、科技应用以及公共科学教育等领域甚感兴趣。1990年，他提出了同伴教学法，将交互式教学运用于大班教学中。这种教学方法在美国国内和国际上广为传播，其他许多学科也将这一方法应用于教学实践之中。

马祖尔教授的著述包括 250 余篇论文和专著以及 20 余项专利。他在教育学方面的著作 *Peer Instruction: A User's Manual*^① (Pearson, 1997) 介绍了在大班实现交互式教学的方法。2006 年，在他的帮助下，获奖 DVD《交互教学》(*Interactive Teaching*) 研制完成。此外，他还是教学平台“Learning Catalytic”的创始人之一，这个教学平台能在课堂教学中通过交互式教学提高学生的解题能力。



更多关于 Eric Mazur
(网易 A-Talk 专访)

① 中文版《同伴教学法：大学物理教学指南》已由机械工业出版社出版。

Preface to Chinese translation of P&P



It is with great pleasure that I write this preface for my audience in China. Since my first visit in 1988, I have been a frequent visitor of China and I've had the opportunity of interacting with faculty and students from a large number of Chinese universities. Over those thirty years, I have seen enormous change in the country. There is no question that it is a stimulating period in China and I am excited to see my book published in Chinese.

I began writing this book when I realized that the traditional approach to teaching was not very effective. Most instructors simply present the contents of books in their classes and at best books are used to support this transfer of information. However, learning physics is more than just memorizing information and so it became clear to me that as an instructor I should spend my time in class not presenting the content of a textbook, but engaging the students in thinking about physics. I developed an interactive approach to teaching called "Peer Instruction" which has been adopted all around the world, including China. That shift in focus in the classroom – from transferring information to helping students assimilate the information – made it necessary for me to find another way to transfer the information. This book is the result of that shift; I wrote it so as to transfer the basic information to you as best as I could (certainly better than I could if I was just lecturing). And because each chapter is separated into a conceptual and a quantitative part, I have tried to always focus on the understanding rather than just the manipulation of equations.

As I began writing this book, I also realized that our approach to teaching physics is very outdated. All books focus mechanics the way it has been taught more or less since the days of Isaac Newton over 300 years ago. As we understand it now, the heart of physics are not the laws of mechanics, but conservation and symmetry principles. These principles therefore lie at the center of this book, presenting a much more unified and coherent view of modern physics.

The English version of the book has been extremely well received. Hardly a week goes by without me receiving an email from a student somewhere in the world, who thanks me for writing this book – from South Africa, to the US, Europe and India. I look forward to hearing from you!

I would like to thank the people who made it possible to publish my book in China. They are Professor Ping Zhang from Beijing Normal University, Professors He-Lan Wu and Rui Zhang from Tongji University, Professors Wei-Yang Li and Zheng-Quan Pan from Zhejiang University, Professor Yuan Wang from Peking University Press, Senior editors Jin-Kui Zhang and Chong-Yu Chen from China Machine Press, and many others. Without the hard work of all of these people, you wouldn't be reading these lines now.

My congratulations to all on the publication of the Chinese translation of "Principles and Practice of Physics". Most importantly, I want to wish you best of luck in your study of physics and hope you will enjoy a fresh new perspective on physics.

Eric Mazur
Cambridge, MA, April 2018

译者的话

2009—2010年期间，我在哈佛大学 Mazur 教授的研究小组研究高等物理教育，之后一直与 Mazur 教授在教学方法改革领域保持合作。2009年前，我一直使用传统的教学方法讲授大学物理课程，期间使用过许多版本的大学物理教材，也参与过一些教材的更新与编写。总之，在传统教学中，知识传递的路径是由教师先将教材中的内容进行精细加工，然后在课堂上讲授给学生。从哈佛大学回国后，我开始使用 Mazur 教授创立的同伴教学法（Peer Instruction）讲授大学物理课程。同伴教学法要求学生课前自学，课上基于概念测试题进行小组讨论。相比于传统教学方法，该方法在促进学生概念理解，提高其学习兴趣，培养他们的合作能力、交流能力、批判性思维、推理能力和创新能力方面都取得了成功。在教学改革的过程中，我们发现，传统教材适合教师教学却不适合学生自学，因为学生在阅读教材时很难像教师那样对其中的文本信息进行自我加工，并推断文本信息字面内容中暗含的意义，填补文本信息中缺失和遗漏的信息。

2015年，Mazur 教授送给我一套他刚刚出版的《Principles & practice of physics》即本书英文原版，我惊喜地发现这是一部非常适合学生自学的教材，可以有效地支持教学方法改革。全书以守恒律为基本框架，从实验和生活中的例子出发，使用真实数据，强调物理建模，细化推理过程，渗透近代物理知识。该书关注学生已有的概念图示和学习物理的认知路线，在教学中使用有效的支架帮助学生深度理解，并学会迁移。书中的每个章节都明确分成两部分：基本概念和定量计算。先用语言文字、实验观察、示意图和图表等多种定性描述的形式引入新的物理概念和规律，建立物理图像，帮助理解概念和规律的本质，然后才使用公式进行推导和计算。书中的每一个例题都使用了与科学家实际工作流程相似的问题解决框架，包括四个重要环节：1. 分析问题（Getting started）2. 设计方案（devise plan）3. 实施推导（execute plan）4. 评估结果（evaluate result），将科学研究方法细化和外显，目的是借助问题教会学生科学的思维方法，培养其创新能力。该书系 Mazur 教授在开发并使用同伴教学法后，历经 20 余年的教学磨砺，精心打造而成。他认为“学习不是机械地记忆，而是通过思考和反思体会到发现的乐趣，掌握必要的科学思维方法以便将来更好地工作。”

Mazur 教授是哈佛大学著名的物理学家，美国光学学会主席，同时他又是著名教育家，曾在 2014 年获得首届全球高等教育 Minerva 奖。他编写的这部《马祖尔物理学》不仅具有前沿科学家的专业视角，又具有教学教法的适用性，是一部“仰望天空，脚踏实地”的教材，弥补了我国一般大学物理教材的不足，可以有效地支持教学改革和创新，适合大学生自学和大学、中学教师教学参考。

全书翻译分工如下：浙江大学厉位阳（1-4，6-10 章），同济大学张睿（5，14，18-21 章），浙江大学潘正权（11 章），同济大学武荷岚（12，13，15-17 章），北京师范大学张萍（22-30 章），北京大学出版社王原（31-34 章）。上册由张睿副教授统稿、校改，下册由张萍教授统稿、校改。欢迎读者就译文不妥之处提出宝贵意见和建议。

北京师范大学
张萍

致学生

说一些关于我的事情。

我的人生规划目标明确，但结果却总是在意料之外。

七岁时，爷爷送给我一本天文书。在荷兰成长的日子里，我对太阳系的结构、银河与宇宙着了迷。记得当时我难以理解空间的无限性，问了许多人也没得到满意的答案。后来我对太空与太空探索深感兴趣，期望将来能成为一名天文学家。尽管高中时我物理学得不错，但上大学后还是选择了天文学作为自己的专业。

仅仅几个月后，我对天文学的兴趣就烟消云散了。在课堂上，我没有学到神奇宇宙的结构，学到的都是类似赤经、赤纬、半长轴、偏心率这样令人头痛的概念。对天文学失去兴趣后，我转专业到了物理。比起天文学，学习物理的感觉也好不到哪里去。我靠死记硬背学习物理，一点也没体会到科学之美。

直到研究生阶段，我才认识到科学之美。当时我并不想从事学术研究，只想做点有实用价值的工作。在博士毕业前，我的计划是从事与光盘制造有关的工作。尽管如此，我还是选择了先做一年的博士后再说。

这一年可真长啊！出站后，我成了一名青年教师，从此开始了我的教学生涯。这时我才意识到将研究（发现宇宙的奥秘）和教学（帮助他人认识宇宙之美）结合起来是一项多么奇妙的工作。

开始教学后，我发现所有的教师都采取同一种模式——课堂授课的形式——开展教学活动。我花了将近十年的时间终于认识到我的课和当初自己听的课没有太大的区别，在课堂上学生通过机械记忆的方式学习教师所教的内容。我并没有向学生展示科学之美，只是不断地向学生重复讲授物理知识。

在发现学生对最基本的概念都没有掌握之后，我决定彻底改变过去的教学模式。我不再采取课堂授课的形式，而是课前向学生发放讲义，课堂上通过提问激发学生的思考，通过小组讨论让他们体验发现的乐趣。


二十年后，这些讲义汇集成这本教材。你可以把这本书看成是我的最佳课程，在这个课程中，你不是机械地记忆所学的内容，而是通过思考和反思体会发现的乐趣。

期望通过学习本课程，你能够掌握必要的思维技能以便将来更好地工作。请记住：你的未来可能和你的初衷大不相同。

衷心期待你的反馈。欢迎通过邮件和推特与我联系。

这本书为你而写。

埃里克·马祖尔

 推特账号：@eric_mazur

电子邮件：mazur@harvard.edu

于马萨诸塞州剑桥市

致教师

有人说，教学的人是在课堂上学得最多的人。的确，教学工作让我认识到许多过去没有体会到的观点。当然，编写这本书，也是一次令人激动的智慧之旅。

为什么要写一本新的物理教材

1993年5月，我应邀参加罗伯特·内斯尼克的荣休会议。在驱车前往纽约州特洛伊市的路上，我的朋友，马萨诸塞大学教授阿尔伯特·艾特曼问我是否熟悉马赫讲授物理的方式，我回应并不了解。马赫在运动定律之前讲授动量守恒，他的力学体系对爱因斯坦产生了重大影响。

通过实验观察，而不是牛顿定律以及力的概念介绍动量守恒，这样的讲法立刻使我产生了兴趣。毕竟由于力只用于力学而不出现在量子物理中，多数物理学家并不使用力这个概念。守恒定律贯穿于整个物理，比牛顿定律显得更加基础。此外，守恒定律只涉及代数，而学习牛顿定律需要掌握微分方程。

在我看来，马赫的做法还可以进一步探讨。是否可以在讲授动量守恒和能量守恒之后讲授力的概念？毕竟物理教学研究表明，在学习力的概念时，学生很容易犯错。此外，使用运动学和动力学知识费力推导出的公式，通过守恒定律往往只需要几步就可以推导出来。何不尝试一番新的思路？

经过多年的教学实践，我围绕守恒定律制定了基础物理的新框架。守恒原理贯穿全书，使得本书的结构显得更加统一和现代。

编写这本教材的另一个目的来自我的教学实践。许多教材的重点在于知识的获取以及程序性知识的介绍，而相对忽视概念的理解以及在新的情景下知识的应用。基于这一问题，我对本教材的结构做了适当调整。在编写过程中，也参考了许多物理教学研究（包括本课题组的工作）的研究成果。

本书的内容浅显易懂，方便学生自学，这样教师可以减少授课时间，将更多的课堂时间用于知识的整合、课堂讨论以及课堂练习。

设定新的标准

由于惰性和因熟悉而产生的偏好，教材的标准一直难以改变。教基础课是一项繁重的工作，一旦课程形成，改变起来就很难。不少人认为，标准课程适用于我们自己，当然也适用于我们的学生。

最新的教育研究显示上面的说法是不正确的。我们的学生和我们并不相同，他们中大部分学习物理仅仅是培养计划的要求，许多学生在学习基础物理学之后不再接触任何物理课程。物理教育研究显示标准教材并不适用于这些学生的学习。

由于物理系对非物理专业物理教育的压力的增加，物理教学正在发生改变。这些变化反过来需要我们编写一本从形式到内容都符合新教育理念的教材。

关于本书内容的组织

在思考基础力学教学的最佳方案之后，我觉得传统的教学计划确实需要反思。比如，在标准的教材中，一些概念被反复定义，引起了学生思维的混乱（例如，标准教材中功的定义就和热力学第一定律不搭配；在近代物理部分，能量也被重新定义）。

另一个困扰我的问题是对经典物理和近代物理的人为区分。对于大多数教材，一般在前

30 多章介绍 20 世纪以前的物理学，将“近代物理”部分放在课程的最后。这样的区分完全没有必要，我们的目标是基于目前对物理的理解，以最适合的方式向学生讲授物理知识。所有的物理知识都是近代的。

和标准教材的内容组织相比，本书的内容具有以下特点：

强调守恒原理 正如前面谈到的，本书更早介绍守恒原理，并把它们作为知识框架的基础。这样做的优点很多。首先，避免了许多讲授力的概念时容易出现的理解错误，自然而然地得到力的两体属性和相关运动定律。其次，通过守恒原理，学生不使用微积分计算也可以解决许多问题。事实上，对于复杂系统，运用守恒原理解题往往是最直接（唯一）的方法。最后，通过实验观察得到守恒原理，更容易建立相关原理与现实的联系。

我和其他几位教师采取了这一思路授课，通过诸如力学基本题库的测试题考察，发现学生解决动量和能量问题的能力有了显著的提高。

更早强化系统的概念 多数物理模型需要从环境中分离出系统。物理学家对于这一点十分熟悉，标准教材也就往往忽视这一步骤。本教材在守恒原理中引入系统的概念，并在后续内容中不断使用系统这一概念。

推迟引入矢量的概念 多数基础物理教材都会讨论一维条件下的物理问题，并将多维问题通过矢量标记分解成若干个一维问题。在这种情况下，一维问题显得格外重要。标准教材过早地引入矢量，增加了学生学习运动学的难度。

本书基于一维运动完整地构建了运动学与动力学框架。仅在介绍转动时，讨论二维运动。这样学生可以将注意力集中在对物理概念的理解上。

即时引入物理概念 只要条件允许，本书即在必要的情况下引入物理概念。这样学生可以及时将概念运用于练习之中，方便知识的融合。

整合近代物理 有关教学计划的调查显示，在美国少于一半的基于微积分的物理课程涉及近代物理。本书将近代物理的内容整合在全书内容中。例如，在力学的最后，即第 14 章，介绍了狭义相对论。在第 32 章，电子学部分，介绍了半导体与半导体器件。在第 34 章，波动光学与量子光学中，包含了有关量子化与光子的内容。

模块化 本书采取模块化的组织形式，方便不同教学大纲的使用（见表 1“教学模块”）。

表 1 教学模块

主题	章节	可以插入到以下章节之后	可被忽略而不影响连续性的章节
力学	1~14		6,13,14
波	15~17	12	16,17
流体	18	9	
热学	19~21	10	21
电磁学	22~30	12(但 29,30 需以 17 为基础)	29,30
电路	31,32	26(但 32 需以 30 为基础)	32
光学	33,34	17	34

本书内容涉及两个较长的单元（力学与电磁学）和五个较短的单元。两个较长的单元将近代物理的基本概念嵌入物理学基本图像的教学之中，可用于支撑两个学期或三个小学期的教学。剩下的内容可以在课时更多的课程或快班教学中引入。五个较短的单元尽管和前面的内容有关，但相对自成体系，在授课中可灵活处理。在章节或单元的末尾，提供了进阶材料供学生阅读。

教育学

本书涉及我教学生涯或他人教学研究中使用的模式或技术，主要包括以下几点：

将物理概念和数学工具分开 每章分为两部分：基本概念和定量研究。在第一部分，基

本概念中，建立和主题有关的概念框架并讨论学生遇到的常见问题。这一部分强调相关物理思想的理解和物理图像的建立，尽量不出现数学公式。在定量研究部分，主要介绍如何运用数学工具分析问题。

归纳的方法；思想优先于概念与公式 只要可能，尽量不通过一般性原理推导，而是通过观察归纳出物理规律。这样做更方便学生理解有关内容。根据同样的思路，在介绍物理概念和公式之前，先介绍有关物理思想。

与实验及体验的紧密联系 物理是一门源于观察的科学，本书的内容安排也遵循这一规律。规律尽可能不直接陈述，而是通过对实验的观察（学生也可以做到的）引出。多数章节通过真实数据说明物理规律，在编写中尽量使用日常生活中的例子，按照从特殊到一般的方式引入新的物理思想。

与本书的做法相反，标准教材总是先给出物理定律的一般形式，然后说明这些定律符合某些（通常是高度理想化的）特例。这样，物理世界和真实世界成了两个完全不同的体系。

解决物理难题 我强烈反对不真实的情景，对真实世界中的复杂问题在教材中也进行了处理。比如在教材中使用“无摩擦”和“无质量”的词语，将传递给学生物理世界并不真实的信息，学生甚至会认为物理世界与真实世界并不相关。通过在解题过程中指出摩擦力和质量可以忽略的原因，可以避免学生出现上述问题。

吸引学生的注意力 教育不仅仅是知识的传递，还需要通过吸引学生的注意力以强化对知识的理解。为了实现这一点，教材的书写以作者与读者间对话的形式展开，以吸引读者的注意。此外，本书通过在内容中插入思考题，达到激发读者思考的目的。思考题后面的内容将直接引用思考题的结果作为讨论的依据。在书的最后，给出了思考题的答案，答案的编写侧重物理思想与发现。

可视化 视觉图像对于物理十分重要，我在编写教材之前先根据各章的内容绘制了插图。许多插图通过不同的表征形式帮助学生理解物理量之间的联系，比如将简图、插图和柱状图结合在一起。插图风格简约，侧重描述物理思想以及物理量之间的联系，而不是无关紧要的细节。除非必要，一般不给出透视图。

本书的结构

分为原理篇和实践篇两部分

教材的内容分为两部分。第一部分，原理篇，讲授物理知识；第二部分，实践篇，主要涉及对知识的应用与解题方法的介绍。这样的划分将有助于完成不同的学习任务：掌握物理知识与强化解题能力的训练。在标准教材中，这两部分混在一起，加重了学生的认知负荷，导致学生在程序性知识和例题上花的时间过多，影响了对物理知识的学习。

原理篇结构

原理篇每章分为两个部分。第一部分为基本概念，通过定性描述与插图示意，用浅显的语言描绘概念框架。这一部分内容还包括自测点以及结尾处定性分析的自测题。

每章的第二部分为定量研究，用数学工具分析前面提及的物理思想。这一部分篇幅不长，内容相对传统，教师可以使用过去上课的材料讲解这一部分内容。为了表示物理公式并不比物理概念重要，所有的公式都没有加粗或加框。

在原理篇中还有一些例题，用于提高学生的解题能力。

实践篇结构

在实践篇中，原理篇介绍的概念与原理得到了应用。每个章节分成以下几个部分：

1. **章节总结** 这一部分以列表的形式总结原理篇对应章节的主要内容。
2. **复习题** 这一部分的目的，是让学生通过答题快速复习前面所学内容。复习题主要是

和概念有关的简短问题。

3. 估算题 这一部分主要涉及定性计算；将所学的内容和真实世界联系起来；培养学生近似估算的能力；增强学生在陌生环境下处理问题的信心。这一部分内容可用于自学、作业和口试。受费米问题以及《普林斯顿导学》的启发，这一部分的问题由浅入深，最终通过估算解决复杂问题（在前面几章，由于掌握的概念较少，很难设计复杂的估算题）。学生一开始接触这些问题，可能会觉得有点难，为方便学生解题，以问题的形式给出提示，在提示问题后面都附上了答案。

4. 例题与引导性问题 这一部分通过举例提高学生的解题能力。例题给出完整的解题过程，引导性问题通过给出一系列小问题引导学生思考如何解题。通常每个例题后面都有一道相关的引导性问题。

5. 习题 对应每一章节的习题集。习题的特点包括 1) 具有不同的难度，2) 涉及和不同学科相关的问题（生命科学、工程学、化学、天文学等），3) 对学生使用第二人称，尽可能地吸引学生，4) 不通过不必要的插图向学生直接传递信息。习题分为以下三个难度层次：(•) 单个概念应用；公式中数值的代入；(••) 单个概念的隐性应用或本章内容中多个概念的应用；简单的数值或代数计算；(•••) 多个概念的应用，可能涉及多个章节。情景问题用 CR 表示。

在编写和试用本教材的过程中，我的学生提供了大量的反馈意见。我将这些意见融合到教材的编写之中，以期对将来的学生尽可能提供帮助。此外，该教材也在许多学校进行了试用，采用本教材后，学生的成绩得到了显著的提高。因此，我对本教材促进你们班级学生的学习充满信心，这本书将帮助你的学生充分发挥他们的学习能力。

教师参考材料[⊖]

教师补充资源 DVD (ISBN 978-0-321-56175-6/0-321-56175-9) 包括图像库、原理篇中的过程框和专题框、源自 ActivPhysics 的 Java 演示库、PhET 仿真实验库以及 PheT 应答系统问题库。课程大纲包括教学参考、习题解答以及可以嵌入 PPT 中的应答器问题。

教学参考 (ISBN 978-0-321-94993-6/0-321-94993-5) 针对原理篇与实践篇各章提供了教学计划以及解决学生常见问题的策略。

习题解答 (ISBN 978-0-321-95053-6/0-321-95053-4) 是一个综合性手册，包括估算题、引导性问题以及实践篇习题的解答。引导性问题的解题过程采用的是书中的四步解题策略（分析题意、解题思路、解题步骤、结果评价）。

掌握物理[®]是一个集作业、学习、评价于一体的优秀在线学习平台，它能够帮助学生通过快速掌握概念来提高成绩。在线学习过程中，精准的错误反馈、学习提示以及丰富的教学资源都可以吸引学生更加投入地学习。教师可通过诊断性评价成绩单确定所在班级学生学习上的不足或概念错误，在教学中加以纠正。

掌握物理[®]这一在线学习平台使教师能够：

- 方便对学生单独指导，实现教习的个性化。
- 系统提供的标志性提示和反馈，在不占用教师办公时间的前提下，为学生提供了辅助性指导。
- 提示（陈述式和启发式）提供了解决问题的策略或将问题分解成简单的问题。
- 通过反馈让学生精确地知道在他们的回答中错误的想法或对概念的错误理解，且能够提供再次考虑该问题时的思路。

学习催化剂[™]是一个学生通过“自备设备”参与和评估，且可在掌握物理[®]学习平台中使用的课堂智能系统。通过学习催化剂，你可以：

⊖ 本部分内容所提及的材料为 Pearson 公司拥有的原版资料。

- 对学生进行实时评估，使用开放式任务了解学生的理解程度。
- 及时了解学生学习情况，并相应地调整你的授课。
- 提高学生的批判性思维能力。
- 通过大量的分析，了解学生的学习行为。
- 添加你自己的问题，使学习催化剂完全适合你的课程。
- 通过智能分组和定时交互管理学生内的交互行为。

试题库 (ISBN 978-0-130-64688-0/0-130-64688-1) 包含 2000 多个高质量的问题，问题包括选择题、是非题、简答题以及和原理篇、实践篇各章节有关的概念性问题。试题以 TestGen 和 Microsoft Word 两种文件提供，可供 Mac 和 PC 使用。

教学参考的内容可在教师资源 DVD 中找到，教学资源中心的网址是 www.pearsonh-ighered.com/irc，以及 www.masteringphysics.com 网站的教师资源区域。

学生参考资料[⊖]

掌握物理教学平台 (www.masteringphysics.com) 通过为学生提供定制辅导和个性化的反馈，以提高学生解决问题的能力。通过提供有针对性的帮助和个性化指导，学生能及时高效地完成作业。

交互式电子文本允许你随时随地标明你的文本、添加自己的学习笔记、复习老师的个性化笔记。电子文本可在掌握物理 (www.masteringphysics.com) 中得到。

致谢

这本书的出版得益于很多人的帮助。是培生公司高等教育的现任董事长 Tim Bozik，让我第一次有了写一本物理教科书的想法。如果不是他的劝说及其对我的信任，我认为自己是不会写这本教科书的。Tim 开发电子艺术的建议也对我这本书视觉部分的开发方式产生了重大影响。

Albert Altman 告诉我马赫讲授力学的方法是从动量守恒定律开始的。这些年来，在我努力重组守恒定律的内容时，是他一直在鼓励我。

我要感谢 Irene Nunes，她在若干次手稿的修改中担任项目编辑。Irene 迫使我不断反思自己写的东西，我一直都惊讶于她对物理的见解。她以不断的质疑告诉我，一个人不需要学习科学专业去获得对世界运行的深入理解，向非物理专业解释物理亦是可以做到的。

Catherine Crouch 帮我撰写了电磁学部分最后的章节以及电路和光学章节，使我能够专注于整体布局和书稿的艺术性。Peter Dourmashkin 帮我撰写的是狭义相对论和热力学章节。没有他的帮助，我就不能重新思考如何以连贯的方式引入现代物理学的思想。

许多人在书稿成形过程中提供了反馈意见。我特别感谢已故的 Ronald Newburgh 和 Edward Ginsberg，他们一丝不苟地审阅了多个章节。我也要感激 Edwin Taylor 对狭义相对论章节关键的反馈，以及我的同事 Gary Feldman 对改善这一章所提出的建议。

Gary Feldman 为许多自测题提供了素材，我的研究生 James Carey、Mark Winkler 以及 Ben Franta 在数据分析和附录的编写过程中给我提供了帮助。我还想感谢我的叔叔 Erich Lessing，我使用他的一些美丽的照片作为章节的开头。

许多人在《实践篇》编写过程中做出了贡献。没有 Daryl Pedigo 的努力工作、对内容的编辑，以及对整本书的整合，手稿就不会成形。同 Daryl 一起，下面的人也为《实践篇》提供了素材：Wayne Anderson, Bill Ashmanskas, Linda Barton, Ronald Bieniek, Michael Boss, Anthony Buffa, Catherine Crouch, Peter Dourmashkin, Paul Draper, Andrew Duffy, Edward Ginsberg, William Hogan, Gerd Kortemeyer, Rafael Lopez-Mobilia, Christopher Porter, David Rosengrant,

⊖ 本部分内容所提及的材料为 Pearson 公司拥有的原版资料。

Gay Stewart, Christopher Watts, Lawrence Weinstein, Fred Wietfeldt, 以及 Michael Wofsey。

我还要感谢培生集团的编辑和出版人员。Margot Otway 帮助实现了视觉艺术的工作。Martha Steele 和 Beth Collins 确保了生产的正常运行。此外,我要感谢 Frank Chmely 对手稿细致的校稿工作。我感谢 Jim Smith 和 Becky Ruden 对我最后阶段工作的支持,还要感谢 Prentice Hall 出版社的 Carol Trueheart, Alison Reeves 和 Christian Botting, 他们在这本书写作的初期阶段给我提供了帮助。最后,我要感谢 Will Moore 在做这本书的市场营销计划时所表现出的热情。

我也要感激美国国家科学基金会于 1997 年在剑桥市举办的教师发展会议“首先讲授物理守恒定律”的参与者。正是这次会议帮助验证和巩固了这本书中的方法。

最后,我要感谢我的数百名学生,是他们在课程中使用了这本书的早期版本,并提供了反馈,最终将我的手稿变成不仅适用于教师,而且适用于学生的教材,这是更重要的。

本教材审阅人员名单

长期以来，很多人对本教材提出了很好的建议，并在课堂上进行了实践。作者和出版者对他们的反馈表示衷心的感谢。如果由于我们的疏乎而漏掉了一些人，在此深表歉意！

- Edward Adelson, *Ohio State University*
Albert Altman, *University of Massachusetts, Lowell*
Susan Amador Kane, *Haverford College*
James Andrews, *Youngstown State University*
Arnold Arons, *University of Washington*
Robert Beirchner, *North Carolina State University*
Bruce Birkett, *University of California, Berkeley*
David Branning, *Trinity College*
Bernard Chasan, *Boston University*
Stéphane Coutu, *Pennsylvania State University*
Corbin Covault, *Case Western Reserve University*
Catherine Crouch, *Swarthmore College*
Paul D' Alessandris, *Monroe Community College*
Paul Debevec, *University of Illinois at Urbana-Champaign*
N. John DiNardo, *Drexel University*
Margaret Dobrowolska-Furdyna, *Notre Dame University*
Paul Draper, *University of Texas, Arlington*
David Elmore, *Purdue University*
Robert Endorf, *University of Cincinnati*
Thomas Furtak, *Colorado School of Mines*
Ian Gatland, *Georgia Institute of Technology*
J. David Gavenda, *University of Texas, Austin*
Edward Ginsberg, *University of Massachusetts, Boston*
Gary Gladding, *University of Illinois*
Christopher Gould, *University of Southern California*
Victoria Greene, *Vanderbilt University*
Benjamin Grinstein, *University of California, San Diego*
Kenneth Hardy, *Florida International University*
Gregory Hassold, *Kettering University*
Peter Heller, *Brandeis University*
Laurent Hodges, *Iowa State University*
Mark Holtz, *Texas Tech University*
Zafar Ismail, *Daemen College*
Ramanathan Jambunathan, *University of Wisconsin Oshkosh*
Brad Johnson, *Western Washington University*
Dorina Kosztin, *University of Missouri Columbia*
Arthur Kovacs, *Rochester Institute of Technology (deceased)*
Dale Long, *Virginia Polytechnic Institute (deceased)*
John Lyon, *Dartmouth College*
Trecia Markes, *University of Nebraska, Kearney*
Peter Markowitz, *Florida International University*
Bruce Mason, *University of Oklahoma*
John McCullen, *University of Arizona*
James McGuire, *Tulane University*
Timothy McKay, *University of Michigan*
Carl Michal, *University of British Columbia*
Kimball Milton, *University of Oklahoma*
Charles Misner, *University of Maryland, College Park*
Sudipa Mitra-Kirtley, *Rose-Hulman Institute of Technology*
Delo Mook, *Dartmouth College*
Lisa Morris, *Washington State University*
Edmund Myers, *Florida State University*
Alan Nathan, *University of Illinois*
K. W. Nicholson, *Central Alabama Community College*
Fredrick Olness, *Southern Methodist University*
Dugan O'Neil, *Simon Fraser University*
Patrick Papin, *San Diego State University*
George Parker, *North Carolina State University*
Claude Penchina, *University of Massachusetts, Amherst*
William Pollard, *Valdosta State University*
Amy Pope, *Clemson University*
Joseph Priest, *Miami University (deceased)*
Joel Primack, *University of California, Santa Cruz*
Rex Ramsier, *University of Akron*
Steven Rauseo, *University of Pittsburgh*
Lawrence Rees, *Brigham Young University*
Carl Rotter, *West Virginia University*
Leonard Scarfone, *University of Vermont*
Michael Schatz, *Georgia Institute of Technology*
Cindy Schwarz, *Vassar College*
Hugh Scott, *Illinois Institute of Technology*
Janet Segar, *Creighton University*
Shahid Shaheen, *Florida State University*
David Sokoloff, *University of Oregon*
Gay Stewart, *University of Arkansas*
Roger Stockbauer, *Louisiana State University*
William Sturru, *Youngstown State University*
Carl Tomizuka, *University of Illinois*
Mani Tripathi, *University of California-Davis*
Rebecca Trousil, *Skidmore College*
Christopher Watts, *Auburn University*
Robert Weidman, *Michigan Technological University*
Ranjith Wijesinghe, *Ball State University*
Augden Windelborn, *Northern Illinois University*

目 录

译者的话

致学生

致教师

第 22 章 电相互作用 1

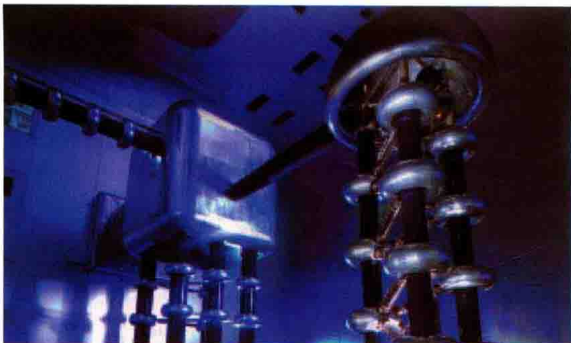
- 22.1 静电 2
- 22.2 电荷 3
- 22.3 载荷子的移动 6
- 22.4 电荷的极化 11
- 22.5 库仑定律 14
- 22.6 电荷连续分布时静电力的计算 18

第 23 章 电场 23

- 23.1 电场模型 24
- 23.2 电场图 26
- 23.3 电场的叠加原理 27
- 23.4 电场和静电力 30
- 23.5 带电粒子的电场 34
- 23.6 电偶极子的电场 35
- 23.7 连续分布电荷的电场 37
- 23.8 电场中的电偶极子 42

第 24 章 高斯定理 47

- 24.1 电场线 48
- 24.2 电场线密度 50
- 24.3 闭合曲面 51
- 24.4 对称性与高斯面 54
- 24.5 带电导体 56
- 24.6 电通量 60
- 24.7 高斯定理的推导 62
- 24.8 高斯定理的应用 64



第 25 章 静电学中的功和能 71

- 25.1 电势能 72
- 25.2 静电力的功 73
- 25.3 等势 75
- 25.4 静电场中的功和能 79
- 25.5 电势差 82
- 25.6 电荷连续分布时电势的计算 88
- 25.7 由电势求电场强度 90



第 26 章 电荷的分离和储存 93

- 26.1 电荷的分离 94
- 26.2 电容器 96
- 26.3 电介质 100
- 26.4 原电池和电池 102
- 26.5 电容 105
- 26.6 电场能和电动势 108
- 26.7 相对介电常数 111
- 26.8 有电介质存在时的高斯定理 115

第 27 章 磁相互作用 118

- 27.1 磁性 119
- 27.2 磁场 121
- 27.3 电荷运动与磁场 123
- 27.4 磁力的相对性 126
- 27.5 电流与磁场 131
- 27.6 磁通量 133
- 27.7 带电粒子在电磁场中的运动 135
- 27.8 电力和磁力的相对性 139

第 28 章 运动电荷产生的磁场 143

- 28.1 磁场的来源 144
- 28.2 载流线圈与自旋磁性 145

- 28.3 磁偶极矩和力矩 147
- 28.4 安培环路 150
- 28.5 安培环路定理 154
- 28.6 螺线管和螺绕环 157
- 28.7 电流产生的磁场 159
- 28.8 运动电荷产生的磁场 163

第 29 章 变化的磁场 167

- 29.1 导体在磁场中的运动 168
- 29.2 法拉第定律 170
- 29.3 伴随着变化磁场产生的电场 171
- 29.4 楞次定律 172
- 29.5 感应电动势 177
- 29.6 伴随着变化磁场的电场 181
- 29.7 自感 183
- 29.8 磁能 185



第 30 章 变化的电场 189

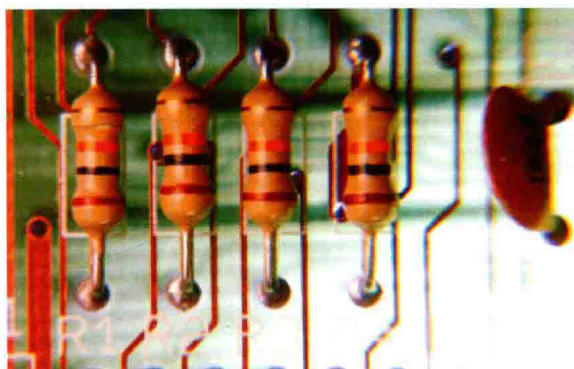
- 30.1 伴随着变化电场产生的磁场 190
- 30.2 运动电荷的场 193
- 30.3 振荡电偶极子和天线 196
- 30.4 位移电流 202
- 30.5 麦克斯韦方程组 206
- 30.6 电磁波 209
- 30.7 电磁场的能量 214

第 31 章 电路 219

- 31.1 基本电路 220
- 31.2 电流与电阻 222
- 31.3 节点与多回路 224
- 31.4 导体内的电场 227
- 31.5 电阻和欧姆定律 232
- 31.6 单回路电路 236
- 31.7 多回路电路 241
- 31.8 电路的功率 246

第 32 章 电子学 250

- 32.1 交变电流 251
- 32.2 交流电路 254



- 32.3 半导体 257
- 32.4 二极管 晶体管 逻辑门 259
- 32.5 电抗 265
- 32.6 RC 串联电路和 RLC 串联电路 270
- 32.7 共振 278
- 32.8 交流电路的功率 279

第 33 章 光线光学 283

- 33.1 光线 284
- 33.2 吸收 透射 反射 285
- 33.3 折射和散射 288
- 33.4 成像 292
- 33.5 折射定律 299
- 33.6 薄透镜和光学仪器 302
- 33.7 球面镜 309
- 33.8 透镜设计公式 312

第 34 章 波动光学和粒子光学 316

- 34.1 光的衍射 317
- 34.2 衍射光栅 319
- 34.3 X 射线衍射 322
- 34.4 物质波 326
- 34.5 光子 327
- 34.6 多缝干涉 331
- 34.7 薄膜干涉 336
- 34.8 单缝衍射 338
- 34.9 圆孔和分辨率极限 340
- 34.10 光子的能量和动量 343

附录 348

- 附录 A 符号 348
 - 附录 B 数学知识回顾 (略) 356
 - 附录 C 国际单位、有用数据, 以及换算关系 356
 - 附录 D 扩展物体的质心 360
 - 附录 E 洛伦兹变换方程的推导 361
- 自测点参考答案 364



第 22 章 电相互作用

- 22.1 静电
- 22.2 电荷
- 22.3 载荷子的移动
- 22.4 电荷的极化

- 22.5 库仑定律
- 22.6 电荷连续分布时静电力的计算

基本
概念

定量
研究