

# 物理学

上册

[美] P. A. 蒂普勒 著

科学出版社

# 物 理 学

上 册

〔美〕P. A. 蒂普勒 著

李申生 韩辉翼 周炳辉 译

孙泽先 林 婉 校

科 学 出 版 社

1 9 8 7

## 内 容 简 介

本书是美国近年来较为流行的理工科用的物理教材。1976年初版，1982年第二版。中译本是按原书第二版译的。

本书系统地论述了普通物理学的基本内容。全书共三十七章，分为力学、机械波和声学、热力学、电学和磁学、光学以及近代物理学六部分。书中附有各方面专家撰写的短文17篇。每章均附有例题、思考题、练习题和综合题共二千多题。书末附有答案。

中译本分为三册出版。上册包括第一到十三章：绪论，一维运动，二维和三维运动，牛顿定律，牛顿定律的应用，功和能，能量守恒，点质系，刚体绕固定轴的转动，空间转动，振动，引力以及固体和流体。

本书可作为理工科院校物理专业和非物理专业普通物理学的教学参考书，也可供有关科技人员参考。

Paul A. Tipler

PHYSICS

(Second Edition)

Worth Publishers, 1982

## 物 理 学

### 上 册

〔美〕P. A. 蒂普勒 著

李申生 韩辉翼 周炳辉 译

孙泽先 林 婉 校

责任编辑 赵惠芝

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街137号

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

\*

1987年4月第一版 开本：850×1166 1/32

1987年4月第一次印刷 印张：18 3/8

印数：0001—4,700 字数：480,000

统一书号：13031·3443

本社书号：5078·13—3

定价：5.50元

## 译者前言

本书是1976年美国P. A. 蒂普勒为理工科专业编著的一本物理学教科书；出版后就受到美国教育界和出版界的赞扬。经过几年教学实践，于1982年修订后又发行第二版。中译本是按第二版译出的。

针对学生在数理方面的基础参差不齐的实际情况，著者力图使本书对不同水平的学生都有裨益。著者以简洁的语言着重叙述物理概念，在数学方面作了精心的设计。因此，对基础稍差的学生，本书也能阅读并掌握物理学的系统知识。对基础较好的学生，本书中的选读段落和部分较难的综合题也可使他们得到锻炼。

本书从课文到各类习题都较注意联系实际，体现了物理学在近代科学和技术中的应用，并培养学生解决实际问题的能力。此外，著者还特地为本书组织了十七篇短文，以开扩学生的眼界。

总之，这是一本既简明扼要、联系实际，又具有一定理论水平的物理学教科书，不仅适合于理工科专业的学生，也是非物理专业的科技工作者自学物理的一本良好教材。

本书由下列几位同志翻译：李申生（第一章到第十章以及第十八章），韩辉翼（第十一章到第十七章，第十九章，第三十二章到第三十五章及第三十七章），周炳辉（第二十章到第三十一章以及第三十六章）。全书由 **孙泽先** 和林婉同志校订，并得到孙念台教授的指导和帮助，特此表示感谢。由于水平有限，错误及不当之处在所难免，恳请读者指正。

## 第 二 版 序

本书的第二版反映了第一版的评论者和使用者的许多有益的反响和建议。与第一版一样，这是一本适用于两个或三个学期基础物理学课程的理工科专业标准的教科书。假定学生们已经学完或者正在学习微积分课程。在第二版中，对教学顺序作了变动，以便更紧密地符合大多数基础物理学课程的结构。特别是把机械波和声学两章(第十四章和第十五章)紧接在力学之后，这样它们就可以在第一学期内教完；此外，把电学和磁学的内容安排在光学之前进行讨论。目前的整体编排顺序如下：力学(第一至十三章)，机械波和声学(第十四和十五章)，热力学(第十六至十九章)、为电学和磁学(第二十至三十一章)，光学(第三十二至三十四章)以及近代物理学(第三十五至三十七章)。对于愿意把各种波放在一起讲授的教师(我本人就是如此)来说，可以很容易地把第十四、十五、三十二、三十三和三十四章组成一个单元，放在电学和磁学的前面或后面讲授都行。

为了阅读和讲授起来更为清晰起见，对本书中特别是力学部分的许多章曾进行重写、重行编排顺序并加以组合。某些具体例子如下：

1. 第二章(“一维运动”)已经重新组织和重写过，使得刚刚开始学习微积分的学生学起来更容易一些。诸如初值问题和积分这样的微积分课题，现在都安排在每章的最后作为选读内容。

2. 第四章和第五章(“牛顿定律”和“牛顿定律的应用”)已经重新安排，使得在牛顿定律的表述以及力和质量的讨论之后，把对一维恒力问题的解题技巧都包括在第四章中。关于基本相互作用的材料(原先在第六章中)现在安排在第五章的开始处，位于牛顿定律的应用之前。在该章中还增添了一节关于转矩以及刚体静力平

衡的新内容。提前引入转矩的概念，以便学生们在学习了牛顿定律之后，立即可以着手解决静力学问题，并且使他们对第九章和第十章中关于转动动力学的学习更加容易些。

3. 关于功和能的几章已经重写和重新安排，使得原先在第八章中稍为有点形式和数学化的材料变成比较定性的讨论，并安排在第六章中定义了能量的概念之后。

4. 所有关于质心的材料现在都集中在第八章“质点系”中，其中还包括碰撞问题。碰撞问题首先在一般的参照系中加以讨论，然后把对质心参照系的讨论作为选读的一节。

5. 对于阻尼和受迫振动的讨论(原先在第十五章内)加以压缩和简化，并安排在简谐运动(第十一章)的最后。

6. 关于高斯定律的内容现在集中在第二十一章内，其中还包括对处于静电平衡中的导体的讨论。

第二版中增添了三章和若干节新的内容。第十三章“固体和流体”中，包含了关于弹性以及流体静力学和动力学的材料。第十八章“热性质和热过程”中，包含了关于范德瓦耳斯气体、相图以及传热的新材料。第三十七章“原子核物理学”初步介绍了原子核、放射性(包括碳测年方法)以及核反应(包括裂变和聚变)的性质。至于新的节，则有第一章中的“科学记数法和有效数字”；第八章中的“变质量系：火箭运动”以及第三十五章中的“广义相对论”。

新版中共有 2000 道以上的练习题和综合题。综合题的数目大约增加了三分之一。大多数新的综合题都是相当容易的；它们将在练习题与比较困难的综合题两种水平之间提供一个平稳的过渡。不过，有少数新的综合题，即使对学习最好的学生来说也应当是相当难的。

目前，整本教科书中几乎全部采用标准国际单位制，包括全部例题、练习题和综合题。仅有的例外就是第四章和第十八章，前者包括力的单位变换的少数练习题(例如将磅变换为牛顿)，后者则采用美国惯用单位制来表示隔热材料的  $R$  因子。

新版中还增添了三篇新的短文：L. 霍奇斯(Hodges)写的“太

阳能”、A. 巴特利特 (Bartlett) 写的“指数型增长”以及 C. W. F 埃弗里特 (Everitt) 写的“詹姆斯·克勒克·麦克斯韦”(James Clerk Maxwell)。

再版的一个新特征是在每章的开始列出一张学习目的的简表,借以帮助学生们把精力集中在所提出的重要知识上,对所要求的理解深度有一个明确的概念,并对今后的复习有所帮助。个别的教师可以根据他们的喜爱对这些简表的内容有所增减。

第一版中仍旧保留下来的特点有以下几个方面:

1. 本书的水平是既能被基础较差的学生阅读和欣赏,同时,也对基础较好的学生富有挑战性。为了使本书能对广泛范围内能力不同的学生具有吸引力,许多新概念都以直觉和非数学的方式引入,经常从一个特定的例题引导到一个比较普遍的关系式。典型的做法是,在每节或每章的结尾处附有一般的或正式的推导作为选读段落。

2. 在每章内各节的结尾处提出思考题。这些思考题中有一些是常规性的,根据本节前述内容可以很容易地回答;另一些则是开放性的,可以作为课堂讨论的基础。

3. 在每章的结尾处都有一节复习内容,包含单词和词组清单以及一组正-错题。在清单中的每一项后面都附有该项定义出现的页码,而所有正-错题的答案都在书末给出。

4. 在每章的结尾处都有一组数量相当大但却比较容易的练习题,随后是一组比较难的综合题。练习题是按每章内的各节进行编排的。所有奇数号练习题和综合题的答案都在书末给出。(偶数号练习题和综合题的答案以及某些作出的解答都包含在《教学指导书》中。)

5. 保留了第一版中的十四篇短文。在新版的总共十七篇短文中,有四篇是传记性的(关于艾萨克·牛顿、本杰明·富兰克林、詹姆斯·麦克斯韦和阿伯特·爱因斯坦),而其余则都是应用性的(例如静电印刷术、晶体管、射电天文学)或当前感兴趣的题目(例如热污染、指数型增长、黑洞、声爆)。包含这些简略的短文是为了

使学生和教师能够得到享受和启发。在短文中没有练习题或综合题。

P. A. 蒂普勒

罗彻斯特,密执安 1982 年 2 月



# 第一版序

本书是理工科专业用的初等物理学教科书，可供两个学期或三个学期的标准课程使用。假定学生已经学过或正在同时学习微积分课程。书中介绍了经典物理学中的通常课题：力学（第一到十六章）、热力学（第十七到十九章）、波动学（第二十到二十七章）和电磁学（第二十九到四十一章）。此外，第二十八章中讨论了狭义相对论，第四十二章中讨论了量子化。

虽然我稍为偏离传统的课题顺序，但仍试图通过一个共同的理论描述把许多现象联系起来，以强调物理学的统一性和物理理论的简明性。许多课题的引入，都是作为说明更一般的物理原理的例子。例如，关于流体力学就没有单写一章，而把阿基米德原理的讨论放在第五章中作为牛顿定律应用的一个例子；同时把伯努利方程的推导放在第九章中作为功能定理的一个应用。同样，气体压强和分子动能之间的关系是在第十一章中作为冲量-动量方程的一个应用而得到的。这种把一般原理直接应用于描述有关现象的做法，可使初学的学生对于理论感到不太抽象。

由于在一个典型班里，学生的基础和能力差别很大，使得初等物理学的教学复杂化了。有一些学生在高中已学过较好的物理学课程和微积分课程；而另一些学生则没有学过高中物理学课程，刚刚开始钻研初等微积分课程。我试图将本书写得连预备知识最少的学生也能够阅读和欣赏，并且他们由于能够做得出大多数练习题而获得信心。同时，在书中也包括了一些选读段落和一些难题，以适应预备知识比较充分的学生的需要。由于学生们的数学基础不同，所以我在第一章中加进了三角学的复习，并在第二章中引入速度和加速度等运动学概念时讨论了微分和积分。

虽然从一般理论到具体结果的数学推导具有优美和简明的特

点,但引入新的概念时,采用直观的非数学方式,从具体例子到更一般的关系,可使大多数学生更容易学懂.我在很多情况下都采用了这个方法,只在章节末尾的选读段落中补充了一般性的或正式的推导.尽可能在一维情况下引入概念,然后再推广到三维情况.

书中尽量不用微积分进行推导,但同时列出以微积分为基础的推导以供比较.简单的微分和积分是在全书的例题和问题中阐述的.而那些数学上较难或略去后不会损害连贯性的内容,则在节号前打“\*”号,表明为“选读”部分.许多推导都纳入这种选读栏内.

为了表明现象之间的相互联系,虽然某个概念要到以后才详细讨论,但也往往先简单地提及.例如,牛顿的万有引力定律和库仑定律先在第六章作为基本力的例子引入,而后在第十六章和第二十九章中再加以详细探讨.又如,引力势能在第七章末先是用功的复原的概念提到,然后在引入保守力的概念时更充分地加以讨论.

涉及应用和技术的教材往往安排在“应用”的章节中,这样,就能使用许多由易到难的例子,不至于干扰概念讨论的连贯性.例如,牛顿定律在第四章中讨论,而它们对问题的应用则在第五章中用例子说明.又如,电场及其性质在第二十九章中讨论,而计算各种电荷分布的电场则在第三十章中阐明.

与传统教学顺序的一个次要偏离是,在经典力学(第六章)中较早地提出了关于四种基本相互作用的简单讨论,并且还讨论了分子力与诸如支承力、摩擦力以及绳子和弹簧所施加的力等这些经验接触力.在这里提出万有引力和静电力,就使得在第八章中比仅仅采用恒力或弹簧力可以举出更多不同的势能函数的例子,也使得在第九章中作为应用能量守恒的例子,可以讨论象逃逸速度、结合能和分子离解等这些有趣的现象.

对传统教学顺序的一个更为重要的变动是对波的统一处理.反射、折射、干涉、衍射、散射等都作为一般性波动现象加以讨论,并应用于绳子上的弹性波以及声波和光波等.这种把不同的波动

现象统一起来进行讨论的做法，可以具体地显示出物理理论的广泛应用，并使学生更容易理解声波和光波的一些重要性质。特别是第二十五章中关于衍射的一般性讨论和光线近似法的有效性是学生了解自然界中波粒二象性(第四十二章)以及将来学习量子论的基础。我把这部分教材安排在电学和磁学的前面有两个理由：(1)简谐运动的学习这时在学生头脑中还记忆犹新；(2)大多数学生会发现，关于波动的教材，连同在课堂上有可能进行的许多演示，比电学和磁学中较为抽象的概念更容易看懂和更为直观。宁愿先讲电学和磁学的教师，可以在讲完第十九章后先跳到第二十九章，然后再回到第二十章。

在每一章中，各节末尾都安排了一些思考题。有一些是常规性的，从该节的内容很容易找出答案。另一些则是灵活性的，可以作为课堂讨论的基础。每章末都有一节进行复习，该节一般包括一张要求学生“给出定义、解释或其他识别法”的名词或词组清单以及一组正-错题(这类题目要求学生指出题中的说法是正确的还是错误的，并说明理由——译者注)。清单中每一项的后面列出了该词(或词组)定义出现的页码，而全部“正-误”题的答案都在书末给出。在复习节之后安排了一大批练习题(通常约为30个)，由本章各节的内容所组成。这些练习题并不难，每个题只涉及到本章、本节的内容。练习题之后是一组综合题，比练习题稍为难点，需要更多的数学，或者要求学生运用一节以上的内容，也可能需要从他的经验中提供合理的数据。书末给出所有奇数号练习题和综合题的答案(有时是提示)。我建议指定做的练习题应比综合题多得多，因为根据我的经验，学习的自信心是一个重要的因素，而过多的难题很容易使学生丧失信心。书中的练习题就是为建立学生的自信心而选定的。

特地为本书组织了十五篇短文。三篇是传记性的(关于牛顿、爱因斯坦和富兰克林)，多数是关于实际应用的(例如静电印刷术、晶体管和射电天文学)，其余则是介绍目前普遍感兴趣的一些课题(例如热污染、黑洞和能源)。组织这些短文是为了学生和教师的

欣赏和提高。没有安排与这些文章有关的练习题或综合题。

虽然书中主要采用国际单位制 (SI), 但也引入了英国工程单位制, 并在力学各章中经常采用。另外, 在方便时也使用如卡、电子伏、大气压等常用单位。

为了完整性和灵活性, 本书所包括的内容多于两个学期所能用的; 甚至足够作为三个学期的课程; 或者再补充一些近代物理学的内容, 还能作为四个学期的课程。当我把本书作为两个学期的课程时, 除了略去标有 \* 号的选读部分外, 还有一些章节也必须略去, 或者只是浏览一下就过去。扩展课程内容 (同时牺牲一些深度) 的一个方法, 就是指定阅读某章或某节, 而不指定有关的练习题或综合题。对于打算略去第十五章的教师, 我愿推荐这种做法, 因为共振这个重要概念应当尽早地介绍给学生。某些课题的取舍自然要取决于教师的判断和学生的特定需要。如作为两个学期的课程, 我愿建议, 除略去选读的各节外, 还可以略去下列各节中的部分内容: 第 5-4 节(减速力与速率成正比的运动)、第 9-3 节(伯努利方程)、第 10-6 节(利用积分求质心)、第 11-7 节(三维的弹性碰撞)、第 11-9 节(反应阈)、第 11-10 节(恢复系数)、第 12-6 节(刚体的静力平衡)、第 13-6 节(迴转器的运动)、第 14-8 节(两个简谐运动的合成)、第 21-7 节(谐声波的能量和强度)、第 23-3 节(谐波的分解和合成)、第 23-4 节(波包)、第 23-5 节(弥散)、第 25-8 节(布喇格散射)、第 26-8 节(衍射光栅)、第 29-8 节(电场中的电偶极子)、第 34-6 节(电荷守恒和静电平衡的近似)、第 37-3 节(狭义相对论和磁场)以及第二十八章(狭义相对论)、第四十章(交流电路)、第四十一章(麦克斯韦方程组和电磁波)和第四十二章(量子化)。

P. A. 蒂普勒

# 目 录

译者前言	i
第二版序	ii
第一版序	vi
第一章 绪论	1
1-1 数学和物理学	2
1-2 怎样学习物理学	3
1-3 单位	4
1-4 单位的换算	8
1-5 物理量的量纲	9
1-6 科学记数法和有效数字	10
1-7 代数复习	14
1-8 三角学复习	17
1-9 二项展开式	23
第二章 一维运动	32
2-1 速率、位移和速度	33
2-2 瞬时速度	36
2-3 加速度	41
2-4 匀加速运动	45
*2-5 初值问题和积分	51
*2-6 微分	55
第三章 二维和三维运动	72
3-1 位移矢量	73
3-2 矢量的分量	75
3-3 矢量的性质	78
3-4 速度矢量	81
3-5 加速度矢量	84

3-6	匀加速运动: 抛射体运动 .....	85
3-7	圆周运动 .....	94
第四章	牛顿定律 .....	113
4-1	力和质量 .....	115
4-2	引力和重量 .....	120
4-3	力和质量的单位 .....	122
4-4	牛顿第三定律和动量守恒 .....	125
4-5	解题应用: 恒力问题 .....	131
4-6	参照系 .....	141
短文	艾萨克·牛顿(1642—1727年)(I. B. 科恩) .....	149
第五章	牛顿定律的应用 .....	173
5-1	基本相互作用 .....	174
5-2	分子力; 弹簧和绳子 .....	181
5-3	接触力; 支承力和摩擦 .....	184
5-4	圆周运动 .....	190
5-5	刚体的静力平衡 .....	196
5-6	在与速度有关的减速力作用下的运动 .....	204
*5-7	摩擦力 .....	208
第六章	功和能 .....	231
6-1	恒力作用下的一维运动 .....	232
6-2	合力所做的功: 动能 .....	233
6-3	随位置变化的力所做的功 .....	235
6-4	三维的功和能 .....	238
6-5	势能 .....	243
6-6	能量守恒 .....	247
6-7	保守力和非保守力 .....	248
6-8	求势能函数 .....	251
6-9	一维的势能和平衡问题 .....	253
6-10	功率 .....	255
短文	能源 (劳伦特·霍奇斯) .....	256
第七章	能量守恒 .....	275
7-1	一些例证 .....	278
7-2	利用能量守恒对运动做定性的描述 .....	287

7-3	引力势能、逃逸速率和结合能	289
短文	大气蒸发 (理查德·古迪)	298
第八章	质点系	313
8-1	系统质心的运动	314
8-2	质心求法	320
8-3	线动量守恒	323
8-4	质点系的能量	326
8-5	一维碰撞	329
8-6	三维碰撞	336
8-7	冲量以及力的时间平均值	339
8-8	变质量系: 火箭运动	344
*8-9	质心参照系	346
*8-10	反应阈	351
第九章	刚体绕固定轴的转动	371
9-1	角速度和角加速度	372
9-2	转矩和转动惯量	376
9-3	转动惯量的计算	385
第十章	空间转动	405
10-1	用矢积表示转矩	406
10-2	质点的角动量	408
10-3	质点系的角动量	411
10-4	角动量守恒	415
10-5	平动和转动	420
10-6	迴转器的运动	425
*10-7	静力不平衡和动力不平衡	428
*10-8	转动的矢量性	431
第十一章	振动	447
11-1	简谐运动	447
11-2	圆周运动和简谐运动	451
11-3	弹簧上的物体	453
11-4	单摆	460
11-5	复摆	466
11-6	平衡位置附近的一般运动	467

11-7 阻尼振动 .....	469
11-8 受迫振子;共振 .....	473
第十二章 引力.....	491
12-1 开普勒定律 .....	491
12-2 月球和其他卫星的加速度 .....	494
12-3 卡文迪许实验 .....	496
12-4 引力质量和惯性质量 .....	498
12-5 引力场和引力势 .....	499
12-6 力线 .....	504
12-7 球对称质量分布的引力场 .....	506
短文 彗星 (斯蒂芬·P·麦兰) .....	510
第十三章 固体和流体.....	520
13-1 密度 .....	520
13-2 应力与应变 .....	523
13-3 流体中的压强 .....	527
13-4 阿基米德原理 .....	532
13-5 表面张力和毛细现象 .....	538
13-6 伯努利方程 .....	540
13-7 粘滞流动 .....	546
答案.....	557



# 第一章 绪 论

**目的与要求** 学完本章应该:

1. 能够定义长度、时间及质量的单位。
2. 掌握SI单位、mks单位、美国惯用单位和cgs单位的涵义。
3. 掌握各种换算因子,并能利用它们从一种单位制换算成另一种单位制。
4. 掌握物理量量纲的涵义。
5. 能够用科学的符号表述大数或小数。
6. 掌握三角函数正弦、余弦和正切的定义,并能导出关系式  $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ 。
7. 掌握小角近似关系  $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ ,并能作图对它们加以说明。

自古以来,人们就总是怀着好奇心看待周围世界的。从有文字记载的人类思想史的最初篇章开始,人们便一直在寻找各种途径,谋求对已知的那些纷繁迷乱的事件加以整理,赋予某种秩序。这种谋求秩序的作法具有各种形式,一是宗教,二是艺术,三则是科学。“科学”一词源于拉丁文的一个动词,本意是“求知”,但演变至今,它已不是泛指知识,而是专指关于自然界的知识——尤其是一大堆经过专门加工而成的理论知识了。

尽管科学的根源像宗教或艺术的根源一样深远,但其传统理论的形成却要晚得多。仅在最近几个世纪,才出现了系统研究自然界的方法。这些方法包括观测的技术、推理和预言的法则,设计实验的思想以及交流实验结果和理论结果的途径等等;所有这些,粗略说来都称为科学方法,而对各种实验结果、理论计算、推测以及知识总结等等的公开交流,乃是人们对自然界认识进展的首要表现。教科书就是这种表现形式之一。本书属于基础教科书,包含着两个目的。根据编者的意图,首先,它是为了向自然科学专