

现代世界中的 物理学

上册

〔美〕 J. B. 马龙 著

科学出版社

511/242/114
现代世界中的

物 理 学

上 册

〔美〕J. B. 马龙 著

潘缉穆 信 义 译

科 学 出 版 社

1988

内 容 简 介

本书介绍了从经典物理到近代物理的各个领域,强调当前人们最关心的课题,如能源、环境保护、航天等。本书文字简洁、内容丰富、循序渐进、深入浅出、图文并茂,并附有大量说明详尽的实例,每章后都列有参考读物、思考题和习题。

本书是美国非物理专业(包括文科各专业)大学生的物理学教程。所用的数学没有超过初等三角,因此既可作为自学者的教材,又可作为高中学生的课外读物。

J. B. Marion

PHYSICS IN THE MODERN WORLD

Academic Press, 1981

现代世界中的

物 理 学

上 册

[美] J. B. 马龙 著

潘缉穆 信义 译

岳宗五 校

责任编辑 张邦固

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

1988年5月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988年5月第一次印刷 印张: 10 3/4

印数: 0001—5,420 字数: 242,000

ISBN 7-03-000282-2/O·79

定价: 2.80 元

译 者 前 言

本书是美国马里兰州立大学杰里·布·马龙教授撰写的“物理学概论”教材,是由美国学术出版社八十年代再版(经原作者增订)的一部优秀著作。

纵观全书,颇具特色。

首先,其内容丰富,取材新颖,遍及当代人们最感兴趣的那些物理学课题和最新成果。它不是罗列堆积“单调枯燥”的物理概念、原理和定律,而是通过对自然现象和实际应用的生动描述,帮助读者建立起一幅有血有肉、脉络清晰的物理图象,并学会运用它们来分析实际问题。

此外,本书图文并茂,论述通俗,深入浅出,所涉及的数学工具并未超出初等三角的范围。各章都附有学习指导和大量例题,练习题及答案,便于具有中等文化程度的读者自学。

中国科学院学部委员何祚庥先生在评价本书时还写道:“和过去的书籍比较,此书的另一个特点是比较现代化,从古典物理一直介绍到近代物理。这对于那些仅需要知道物理学的一些常识,而又要能适应现代发展要求的人们,将是很方便的。”他热诚地推荐翻译、出版本书,译者在此深表谢意。

*

*

*

本书第四、八、十章由潘缉义翻译,第三、七、九章由潘缉信翻译,上册其余部分由潘缉穆翻译。下册由勾亮翻译。国防科技大学岳宗五教授校订了全书译稿。应科学出版社的要求,潘缉智(即迟正字)又对下册全部译稿作了进一步的校订。

限于水平,译述欠妥之处难免,敬希广大读者斧正。

序 言

这是一本为非物理专业学生编写的教学时间为一年的物理学初级教程。在本书中，读者会看到物理学各个领域的概貌，而重点是当前人们最感兴趣的那些课题。但在数学上，却无需超过初等三角知识，就可以领会全文的论述。

今天，我们生活在技术统治的世界里。技术给社会的冲击已经非常巨大，而且这种冲击肯定还会继续增长。为了应付技术高度发达的世界里的种种问题，懂得一些作为现代技术基础的主要科学概念是至关重要的。缺乏这些知识，对于影响我们日常生活的许多问题，就会感到越来越难以有效地作出复杂的决策。本书的目的是想尽量清楚地给出这些基本概念，并引导人们注意怎样把物理学基本原理应用到我们这个技术世界中去。

在《现代世界中的物理学》一书中，你将会看到物理学原理赋予各种不同自然现象和我们周围的技术世界以简明清晰而又和谐一致的图象，为了说明在日常事物中物理概念是以多种方式体现出来的，书中大量列举了这些概念的简单应用。在其中的一些章节里，你会学到火箭和照像机的操作，空间旅行和X光摄影的工作原理。关于汽车安全气囊，短程高速汽车驾驶竞赛，人造重力，污染控制，应用系统，乐器，雷达及其它现代奇迹和发明的讨论，都突出地强调了把物理学原理应用到当今世界的方式和方法。各位科学家的简历，说明了他们对现有知识和技术的重要贡献。物理学不是一门抽象的学科。物理学原理构成了我们赖以生存的世界之基石，并已成

为人类知识的关键部分。我们必须了解和重视它们。

学习物理学的一个重要方面,是通过求解简单习题,来熟悉课题的一些定量特征。每章后面都列了些习题——一些问答题和数值计算题。为了检验对课文内容的掌握情况和加深对内容的理解,读者应该尽可能多地解答这些习题(书后还附有奇数号习题的数值答案,带*号的是较难的题)。

为了写好每个课题,书中尽可能采用最明确的术语,在叙述上则是由浅入深,循序渐进,而且大都包括一些附有详细说明的实例。因此,本书不是一本代替教师答疑的习题集,而是一本学生可以自学的教材。

在第二版里,有些内容是按照更习惯的思路组织的,还介绍了几个新课题,充实了原有的例题,并大大增加了练习题。课文还经过了仔细的审查,对书中的许多表述作了进一步改进,使之更加清晰易懂。

为了提高本书——作为学习工具——的使用价值,书中还附有对学生的指导部分。其中包括每章主要概念的简要总结,一些补充的例题,推荐课外参考读物,以及为检查对书中内容的理解程度所列的思考题和练习题(附有答案)。

我衷心地希望您——本书的读者,会象我满怀喜悦地编写这本书那样喜爱这本书。

J. B. 马龙

于马里兰大学校园

物 理 常 数

真空中的光速	$c = 2.998 \times 10^8$ 米/秒
电子的电荷	$-e = -1.60 \times 10^{-19}$ 库仑
地球表面处的重力加速度	$g \cong 32$ 英尺/秒 ² $\cong 9.8$ 米/秒 ²
普朗克常数	$h = 6.63 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒
电子质量	$m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ 千克
质子质量	$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ 千克
引力常数	$G = 6.67 \times 10^{-11}$ 牛顿·米 ² /千克
电力常数	$K = 9.0 \times 10^9$ 牛顿·米 ² /库仑 ²
磁力常数	$K_M = 10^{-7}$ 特斯拉·米/安培

天 文 数 据

1 光年 (L.Y.)	$= 9.46 \times 10^{15}$ 米
1 天文单位 (A.U.)	
(地球—太阳距离)	$= 1.50 \times 10^{11}$ 米
太阳的半径	$= 6.96 \times 10^8$ 米
地球的半径	$= 6.38 \times 10^6$ 米
月球的半径	$= 1.74 \times 10^6$ 米
地球—月球距离	$= 3.84 \times 10^8$ 米
太阳的质量	$= 1.99 \times 10^{30}$ 千克
地球的质量	$= 5.98 \times 10^{24}$ 千克
月球的质量	$= 7.35 \times 10^{22}$ 千克

• • •

换算因子

1 英尺	$=2.54$ 厘米(精确值)
1 英里	$=1.609$ 千米
1 磅	$=0.454$ 千克
1 原子质量单位	$=1.66 \times 10^{-27}$ 千克
30 英里/小时	$=44$ 英尺/秒 $=13.4$ 米/秒
1 电子伏特	$=1.60 \times 10^{-19}$ 焦耳
1 兆电子伏	$=10^6$ 电子伏 $=1.60 \times 10^{-13}$ 焦耳
1 千卡(大卡)	$=4186$ 焦耳
1 埃	$=10^{-10}$ 米

课文中用到的希腊字母

字母	名称	用法
α	阿尔法 (alpha)	阿尔法粒子(氦核)符号
β	贝塔 (beta)	贝塔粒子(电子)符号
γ	伽玛 (gamma)	伽玛射线(光子)符号
Δ	德尔塔 (delta)	改变量
θ	西塔 (theta)	角
λ	兰布达 (lambda)	波长
ν	纽 (nu)	中微子符号; 频率
π	派 (pi)	派介子符号; 圆周率 $\pi = 3.14159 \dots$
ρ	洛 (rho)	密度
τ	涛 (tau)	周期
ϕ	斐 (phi)	角

目 录

第一章 物理观念介绍	1
描述和测量事物.....	2
一些重要的术语和概念.....	15
参考读物.....	16
习题.....	16
第二章 运动	18
2-1 平均速率	18
2-2 速率的图示	21
2-3 加速度	24
2-4 加速运动	29
2-5 自由落体	36
2-6 矢量	41
2-7 二维运动	49
一些重要的术语和概念.....	57
参考读物.....	57
习题.....	58
第三章 力	62
3-1 力和惯性	62
3-2 动力学	65
3-3 作用力和反作用力	79
3-4 摩擦	81
3-5 静力学	88

一些重要的术语和概念	89
参考读物	90
习题	90
第四章 线动量	95
4-1 (质量) $\times$ (速度)	95
4-2 线动量守恒	97
4-3 线动量的矢量性质	102
一些重要的术语和概念	106
参考读物	106
习题	106
第五章 圆周运动,力矩和角动量	109
5-1 圆周运动	109
5-2 力矩	115
5-3 质心	119
5-4 角动量	125
5-5 转动惯量	132
一些重要的术语和概念	138
参考读物	138
习题	139
第六章 地心引力和宇宙航行	145
6-1 行星运动	147
6-2 万有引力	150
6-3 宇宙航行	158
一些重要的术语和概念	175
参考读物	176
习题	176
第七章 能量	179
7-1 功	180

7-2 克服各种力所作的功	186
7-3 功率	191
7-4 动能和位(势)能	193
一些重要的术语和概念	206
参考读物	206
习题	206
第八章 当今世界的能量	211
8-1 我们用了多少能量?	211
8-2 水力	217
8-3 矿物燃料	218
8-4 核能	222
8-5 次要能源	224
8-6 能量的储存	230
8-7 能源和环境	234
一些重要的术语和概念	247
参考读物	247
习题	248
第九章 热	250
9-1 热力学定律	250
9-2 温度和热	253
9-3 热对于物体大小的影响	259
9-4 热量的计算	267
9-5 热传递	270
一些重要的术语和概念	275
参考读物	276
习题	276
第十章 液体和气体	280
10-1 压强	280

10-2 浮力.....	286
10-3 气体定律.....	292
10-4 分子运动理论.....	298
10-5 相变.....	306
一些重要的术语和概念.....	314
参考读物.....	314
习题.....	314
附录.....	319
答案.....	323
索引.....	326

第一章 物理观念介绍

从我们居住的地球上,可以通过望远镜看到辽阔的太空,还可以通过显微镜洞察细胞和分子的极微小世界. 这些所能观察和研究的事物的尺度的确令人惊奇. 大致说来,已观察到的宇宙的大小跟地球相比就象地球的大小跟原子相比那



照片 1-1 宇宙的极大部分和极小部分. 左边是望远镜拍摄的仙女座中的巨大星系照片(海耳(Hale)天文台提供). 右边是显微镜拍摄的草履虫——一种单细胞动物的照片. 仙女星座的直径大约是1 000 000 000 000 000 000 000 米(10^{21} 米). 而草履虫的大小约为 0.0001 米(10^{-4} 米).

样。因此，人类正好处在这样一种中间地位：既能看到包含有无数星球和星系的广漠宇宙，又能洞见极细小的原子和分子领域。

我们已经超出所处环境的局限，而深入到了宇宙的极为广大和非常微小的部分。并且，至少已经揭示了一些支配原子的微观世界(或者小尺度)以及包括常见客体、地球、行星和恒星的宏观领域(或大尺度)的自然法则。在这本书中，我们将考察一些这样的法则，以便学习怎样用它们来描述我们周围的世界。

描述和测量事物

基本概念

我们在认识周围环境方面的进步都是通过观察测量与逻辑推理的结合而取得的。为了描述所观察的情况和记录测量的结果，必须统一所使用的语言和术语。我们将把物理概念的直观印象作为讨论我们周围世界的主要出发点。任何形式测量的必要条件之一就是要有的一套测量标准。除非我们在诸如**一夸脱***，**一英亩****或**一小时**等术语的含义上都一致起来，否则就不可能阐明任何测量的正确含义。根据各种测量标准的需要，人们已经规定了很多测量单位。其中不少只局限于很窄的适用范围。例如，烹调用的**匙**、勘测土地用的**杆*****或量度宝石用的**克拉******。幸好，科学上所使用的只限定于一套测量单位。

科学上采用的基本单位是用于测量**长度、时间和质量**的。

* 夸脱是体(容)积单位，1 夸脱=1.136523 升。——译注

** 1 英亩=4.046856×10³ 米²。——译注

*** (测量)杆是长度单位，1 杆=16 英尺。——译注

**** 克拉是质量单位，1 克拉=0.2 克。——译注

这些都是人们所熟知的概念。但是，因为在描写物理事件和现象时它们是最基本的，我们仍要依次对它们作些简要的讨论。

长度

多数美国人都习惯用英寸、英尺、码和英里来测量距离，这些就是所谓的**英制**长度单位。这些长度单位是从千百年以前的最原始的长度标准演变来的。今天，科学上通用的是**公制(米制)**。的确，即使是在日常生活中，世界上大多数国家(虽然美国是主要的例外)都采用**公制**。为了保持我们(指美国，下同)在世界贸易中的地位，美国最终会把那些过时的测量单位改为公制单位。不过，要完全废弃我们目前所采用的单位，大概还需要许多年。



照片 1-2 在美国改成公制将需要很多年，但正在改变的迹象已经开始出现。(照片中路牌上字样为：至克利福兰 94 英里或 151 千米)(合众国际社提供)

公制长度的标准是**米(m)**。和英制长度单位相比，米相当于：

$$1 \text{ 米} = 39.37 \text{ 英寸} = 3.281 \text{ 英尺} = 1.094 \text{ 码}$$

也就是说，一米比一码长约 10%。

1961 年以前，人们一直把保存在巴黎附近的国际度量衡局的一个金属棒上刻画的两条细线间的距离规定为**米**。这个棒的复制品遍布世界各国的标准实验室。然而，1961 年的一个国际会议做出决定，根据氪原子发射的橙色光的波长来定义米的长度。这样，我们就有了长度的原子标准。因为所有的氪原子都完全相同¹⁾，所以，必要时可在任何一个实验室里制定长度标准，而且这些“氪标准”保证也是完全相同的。在长度测量上采用原子标准，不仅能避免依赖米原器(金属棒)的麻烦，而且现在可使长度测量精确到亿分之一，几乎比以前的方法好上百倍。

公制的优点(英制则不具备)在于，一个物理量的不同单位都可以通过 10 的因子联系起来。因此进行单位换算就极为简单。例如，

$$\begin{aligned} 1 \text{ 米} &= 100 \text{ 厘米 (cm)} \text{ 或 } 10^2 \text{ 厘米} \\ 1 \text{ 厘米} &= 0.01 \text{ 米 或 } 10^{-2} \text{ 米} \\ 1 \text{ 米} &= 0.001 \text{ 千米 (km)} \text{ 或 } 10^{-3} \text{ 千米} \\ 1 \text{ 千米} &= 1000 \text{ 米 或 } 10^3 \text{ 米} \end{aligned}$$

表 1-1 中概述了公制的长度单位。

表 1-1 长度的米制单位

10 毫米 (mm) = 1 厘米
100 厘米 = 1 米
1000 米 = 1 千米

1) 更确切地，应当说同位素氪 86 的所有原子都完全相同。我们将在第二十章讨论同位素。

10 的幂——我们怎样运用它

在我们处理物理量时，遇到的问题之一是如何用简便的方法表示非常大的数和非常小的数。例如，写出地球到太阳的距离 150 000 000 000 米或氢原子质量

0.000 000 000 000 000 000 000 001 673 千克，

这显然是很不方便的(如果不仔细数清零的数目，还很容易出错!)。为了克服书写非常大的数和非常小的数的困难，我们采用 10 的幂次的缩写记法。例如

$$10 \times 10 = 100 = 10^2$$

$$10 \times 10 \times 10 = 1000 = 10^3$$

$$10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000 = 10^4$$

这就是说，乘在一起的 10 的个数刚好出现在结果中 10 的右上角(称作 10 的指数或 10 的幂次)。

任何一个数都可用 10 的幂次的记号来表示。例如，

$$147\,000\,000 = 1.47 \times 100\,000\,000 = 1.47 \times 10^8$$

请注意，把 147 000 000 写成 1.47×10^8 时，我们是把小数点向左移了八位，因此出现在结果中 10 的指数是 8。同样，在把 1.47×10^8 写成 147 000 000 时，则是把小数点向右移了八位。

10 的幂次的乘积可以表示为

$$\begin{aligned} 10^2 \times 10^3 &= (10 \times 10) \times (10 \times 10 \times 10) \\ &= 10^5 = 10^{(2+3)}. \end{aligned}$$

一般地， 10^n 和 10^m 的乘积是 10^{n+m} ，

$$10^n \times 10^m = 10^{n+m}$$

如果 10 的幂次出现在分母，10 的指数就要添上一个负号：

$$\frac{1}{10} = 0.1 = 10^{-1}$$