

物理学导论

上册

F · J · BUECHE 著
殷 大 钧 等 译



物理学导论

上册

[美] F. J. Bueche 著

殷大钧 等译

人民教育出版社

《内容简介》

本书根据美国 Dayton 大学物理学教授 F. J. Bueche 所著 «Introduction to Physics for Scientists and Engineers» 1975 年第二版译出。译本分三册：上册包括经典力学和相对论力学，中册包括分子运动论、热力学和电磁学，下册包括波、光学、原子物理和原子核物理。

本书可作我国高等学校理工科师生教学参考之用。

译稿曾经王荣庆校订。

本书的责任编辑是汤发宇。

物理学导论

上册

[美] F. J. Bueche 著

殷大钧 等译

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

朝阳六六七厂印刷

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 12.375 字数 299,000

1978 年 12 月第 1 版 1979 年 8 月第 1 次印刷

印数 00,001—40,000

书号 13012·0261 定价 1.05 元

译者的话

原书深入浅出,通俗易懂,着重阐明物理概念和逻辑推理,注意联系实际,培养思考能力。原书还在物理知识的现代化方面作了努力,在讲授经典理论时,及时引入现代理论,并着重指出经典理论和现代理论的联系。原书包含的知识面也比较广博。因此我们觉得,将此书译出作为我国高等学校物理学参考书是合适的。

原书基本上采用国际单位制,只有少数地方使用了英国工程制。为了推广国际制,我们对原书中有关英国工程制的部分作了删改,并增添附录7简单介绍了国际制。

各章译者姓名在每章末注明。译稿的初校和修改工作由秦守正、黄正东、黄嘉豫等人担任,最后由殷大钧审阅定稿。由于时间仓卒,水平有限,译文不妥之处,诚恳希望读者批评指正。

在翻译过程中,承西安交通大学物理教研室赵富鑫、吴百诗、吴寿镠等同志热情支持,提供许多宝贵的意见,我们深表谢意。

再版序言

一位作者在回顾一本已出版的书籍时，常常觉得有些章节本来可以写得更好些。书籍的再版就可以把这种后见变为先见，因而在本书中作了许多或大或小的修改。这些修改是以初版读者提供的宝贵建议为基础的。

本书初版序言中列出的全部目的没有改变，但是为了更清楚明白和易于理解，许多节和若干章已完全重写。其中包括：引入相对论的第6章；第4章中对速度和加速度的讨论；关于引力和失重的材料；第32章中的衍射；附录6中关于波的论述；以及其它许多内容。

引进了新的两章：第14章，连续媒质力学，包括流体静力学、流体动力学和材料的力学性质。第26章，物质的电磁性质。综合了原来分散在几章中的有关内容。还增添了许多新内容，例如，关于摩擦、电力传输、无线电波的接收和安全用电的讨论等等。习题和思考题，几乎是新编的。习题的编选，经过仔细安排，重点是浅易的和中等难度的。

我衷心感谢所有对初版提出评论和建议的人们。他们的意见对我有很大的教益。对本书新版的评论，我将同样热忱地欢迎。我也感谢我的妻子菲丽斯在本书准备工作中给予的帮助。

F. J. Bueche

初版序言

在所有学习大学基础物理课的学生中，只有少数人最后成为专业物理学家。但对于更多的正在成长为工程师、化学家或生物学家学生，也需要熟练地掌握物理学知识，这些知识对于他们的工作将是不可缺少的工具。学习物理学不是只有一条途径，一本现实的入门教科书必须注意到这个事实。

还必须承认，让学生感到满意，也是重要的。其它学科的教师常认为，物理学这门课如果由他们担任，或许会教得更好一些；我们也发现，一些并不那么难懂的原理，学生往往不掌握。造成这种令人遗憾情况的某些原因，是能够控制，因而是能够避免的。本书的主要目的，是使普通物理课程更能适应学生的学习要求，使学生更好地完成学习任务。为了达到这个目的，我们遵照下述指导原则。

1. 利用学生的直观认识和已有的实践经验，应该是无可非议的。因此，对每个物理原理的阐述，我们尽可能按照下列步骤进行：首先，对原理所包含的物理意义作直观的解释，使学生“感觉”到这个原理；其次，提出一个数学模型，使原理得到定量的处理；最后，练习原理的应用。

2. 本书编入的细节是有限制的。物理学中任一课题，几乎都可写成一部专著。因此，我们略去了非本质的和枝节的内容，而只要求学生掌握原理及其应用。

3. 行文过分严格将导致文字僵化难懂。在不损害准确性的前提下，我们谨慎地不使一本入门书充塞着象法典那样严格的条文，以致把原理掩盖掉。

4. 物理学家,或一般科学家,是同其他人一样思考和工作的。由于科学期刊的篇幅很珍贵,现代发表的论文很少保留导致最终结论的思考过程。然而教科书不应该写得这样简单,以致失去学习科学的渐进性。

5. 普通物理课是工程科学和其它科学的基础课,而对于未来的物理学家则是入门课。我们必须为其它系科提供必要的基础知识。

虽然我不能断言,上述目的已经完全实现了,但希望明确这些目的,以利克服上面所说的某些困难。

本书要和微积分课程同时学习。尽管这样,在用到微积分的某些概念时仍加以解释。还有一个附录,专门介绍积分的概念,因为在许多微积分教程中,对于积分、面积及求和之间的关系,并没有充分介绍。当数学课本编写得过分严格,以致失去了对概念的“感觉”,那么数学家也会象我们一样遭到失败。微积分是物理学家和其他科学家的计算工具,本书很早就向学生阐明了这个见解,使他们不致把数学同物理学本身混为一谈。

本书的数学水平和思维程度是由浅入深逐步提高的。我的经验证明,这是符合学生的认识过程和学习兴趣的。在全书中,数学概念的引入,始终紧密结合物理概念的需要。例如,讲功时引入标积。至于矢积,则在后面讲到转动时才引入。这只是两个例子,用来说明课题和概念应该怎样讲授,才使学生易于理解它们的关系。

关于本书结构的几点说明。内容按照下列次序编写:力学,热学和热力学,电学,波和光学,原子物理学和核物理学。在力学中就引入了相对论,它的应用遍及全书。作为一个整体,波和光学这几章包括声波、机械波和电磁波等部分。从波的概念推广到初浅的波动力学是比较简单的,所以就直接这样做了。然后,较详细地

讨论了原子物理学和核物理学。在全书系统之外,插入若干短篇,目的在于提供一些有趣的物理学史料。

为了启发思考能力,每章末有思考题,希望充分利用。在每章末还精心选择了一套难易不等的习题。我坚信,应当给学生指定一些简易的题目,以促进学习的自信心,“偏”题一定要尽量少用。

对物理学原理的意义和应用,许多学生可从个别辅导中获得教益,但这对多数班级难以做到。为了部分地弥补这个不足,可采用配合本书的物理习题集,它包含大量习题和思考题及解答;这将使一般水平的学生获得很多课外练习和帮助。

F. J. Bueche

上册目录

译者的话	
再版序言	
初版序言	
第 1 章 物理学和测量	1
1.1 科学和技术	1
1.2 科学和测量	2
1.3 长度标准	3
1.4 时间标准	7
1.5 质量标准	9
1.6 单位制	10
1.7 导出量	10
1.8 复杂的因素	11
第 2 章 有方向的量；矢量	15
2.1 矢量和标量	15
2.2 几个矢量的合成	16
2.3 作为矢量的力	21
2.4 单位矢量	23
2.5 数学的精确性	26
第 3 章 静止的物体	30
3.1 平衡的第一个条件	30
3.2 平衡的第二个条件	35
3.3 支点的位置是任意的	37
3.4 重心	39
第 4 章 匀加速运动	49
4.1 速度	49

4.2	加速度	53
4.3	直线运动	55
4.4	匀加速运动	56
4.5	用积分求平均值	61
4.6	匀加速直线运动的运动方程	63
4.7	自由落体	65
4.8	抛体运动	68
第5章 运动定律		78
5.1	牛顿运动定律	78
5.2	牛顿第二定律	80
5.3	牛顿第二定律的应用	82
5.4	物体在斜面上的运动	87
5.5	连接体的运动	91
5.6	重量和失重	95
5.7	摩擦力	97
第6章 相对论效应		104
6.1	两个基本假设	104
6.2	运动参照系	104
6.3	惯性参照系	107
6.4	关于两个假设	107
6.5	光速 c 是一个极限速率	108
6.6	同时性事件并不总是同时的	110
6.7	伽利略相对论	112
6.8	伽利略变换的失效	115
6.9	光球面	116
6.10	洛伦兹-爱因斯坦变换式	119
6.11	洛伦兹-斐兹杰惹长度收缩	120
6.12	时间膨胀	123
6.13	相对论因子	126

6.14	速度相加法	127
第7章	动量	133
7.1	冲量和动量	133
7.2	与速度不在同一方向的冲量	134
7.3	变力的冲量	137
7.4	动量守恒	141
7.5	三维碰撞	145
7.6	火箭推进	146
7.7	动量和相对论质量	148
7.8	相对论力学中的力	153
第8章	功和能量	159
8.1	功的定义	159
8.2	功率的定义	161
8.3	变力所做的功	163
8.4	动能	165
8.5	保守力场	168
8.6	重力势能 U_g	172
8.7	$U_g + K$ 的守恒	174
8.8	外力效应	176
8.9	相对论性能量	178
第9章	系统的运动	191
9.1	质心	191
9.2	质心的运动	195
9.3	系统内部的碰撞	197
9.4	一维完全弹性碰撞	200
9.5	二维弹性碰撞	202
9.6	含有线性弹性元件的系统	204
9.7	能量图线	210
9.8	弹簧系统的能量图线	211

9.9	力和能量图线	212
9.10	稳定平衡和不稳定平衡	213
9.11	氢分子	216
9.12	镭发射的 α 粒子	217
第 10 章	转动与轨道运动	225
10.1	角度的量度	225
10.2	作为矢量的角量	226
10.3	角速率和角速度	229
10.4	角加速度	229
10.5	线量	231
10.6	径向加速度	233
10.7	向心力	235
10.8	万有引力定律	238
10.9	万有引力和重量	241
10.10	用积分求引力	243
10.11	失重	244
10.12	加速参照系	248
10.13	等效原理	249
第 11 章	转动动力学	255
11.1	力矩和转动	255
11.2	矢积(即叉乘)	258
11.3	刚体的转动	261
11.4	转动惯量	262
11.5	细杆的转动惯量	264
11.6	圆柱体的转动惯量	266
11.7	平行轴定理	267
11.8	I 的实验测定	269
11.9	刚体的平衡	270
第 12 章	动量矩和转动动能	277

12.1	质点的转动动能	277
12.2	刚体的转动动能	279
12.3	用力矩表示的功和功率	281
12.4	转动和平动同时存在时的动能	282
12.5	质点的动量矩	286
12.6	单个质点的动量矩守恒	288
12.7	质点系的动量矩	291
12.8	转动和直线运动公式小结	293
12.9	陀螺	298
第 13 章 振动		306
13.1	胡克定律和振动	306
13.2	描述振动的物理量	307
13.3	简谐运动	308
13.4	边界条件的满足	310
13.5	运动方程的应用	314
13.6	平均值	318
13.7	摆	320
13.8	扭摆	322
13.9	阻尼谐振子	324
13.10	受迫谐振子	327
第 14 章 连续媒质力学		335
14.1	材料的特性	335
14.2	密度	336
14.3	弹性模量	337
14.4	粘滞度	341
14.5	流体内的压力	343
14.6	阿基米德原理; 浮力	348
14.7	流体的流动	350
14.8	流体动力学方程	351

14.9	伯努利方程	353
14.10	托里拆利定理	355
14.11	压力随速度而变化	356
附录1	换算因子	1
2	物理常量和数据	2
3	几个数学问题的复习	3
4	积分	5
5	洛伦兹-爱因斯坦变换	10
6	波	11
7	国际单位制 (SI)	15
	习题答案	17

第 1 章 物理学和测量

为了努力探索宇宙万物运动变化的规律，科学家们对各种自然现象进行测量。他们这种努力所获得的成功，大都依赖于下述四个因素。他们所做的实验，必须能为构造一幅重大自然事件的图象提供有效的数据；这些数据必须是可靠的，以便获得准确的图象；把这个图象的种种细节综合起来，必须能对自然行为作出某种陈述，这种陈述被称为自然规律；如果可能的话，必须把这种规律和其它已知的规律适当地联系起来。由此可见，测量是整个科学的基础。本章讨论有关测量的某些重要问题。

1.1 科学和技术

我们的现代文明，是牢固地建筑在技术基础上的。这种技术基础远远超出一个世纪以前我们先辈的预见。对于先辈来说，今天的技术是各种神奇巧妙方法的综合，复杂到简直难以想象的程度。

我们的文化，如果没有过去和现在的科学和技术的紧密交织，是不可能取得的。从理论上，科学家发现自然界的规律。于是，工程师就应用这些规律去推进技术的发展。然而实际上，在科学家和工程师之间，常常不可能有明显的界线。科学家经常为他们的新发现寻找实际应用，工程师则常常感到，想要满意地解决技术问题，首先必须探索自然行为的图象。由于科学和技术应用之间的互相渗透，在这两个领域之间，人员和意见的交流是值得提倡和鼓励的。

工程技术是建筑在科学家所发现的自然规律的基础上的，有才干的工程师必须具有丰富的自然规律的知识。特别是因为技术

的进步，通常是对已知规律的透彻理解和创造性应用的结果，所以，有成就的工程师一般都具有广博和深入的科学知识。可是，知识的交换总是相互的，如果科学家对于自己的发现在技术应用方面的前景有所了解，那么，这些发现就能得到最好的利用。即使说，“为科学而科学”也有价值，但是，考虑到为费用昂贵的现代实验室提供资金的实际困难，也有必要使“纯”科学和“应用”科学保持平衡。

上面我们力求指出的是，科学和技术是不可分割地相互联系在一起的。本书作为物理学的一本基础教程，必须使科学家和工程师能够了解自然界中许多最基本的规律。不了解这些基本规律，就不能在工程和许多科学分支的广泛领域中进行创造性的工作。这一点在现代特别重要，因为我们开始认识到，物理学的基本规律能够应用于整个自然界，不论是生物还是无生物。尽管迄今为止，怎样用这些规律来说明生物体的行为，仍然是一个很难回答的问题，但是我们相信，无论是大脑这样庞大的计算机，或是单个细胞微小的功能，最后总是能用自然界的基本规律来解释的。我们在物理学中将学习这些规律。

因为整个科学都以测量为基础，所以对于科学家和工程师来说，重要的是，要有能力用有意义的方式叙述自己的实验结果。作为学习物理学的开始，让我们首先学习科学家是怎样向同事和工程师们叙述自己的发现。这些发现在大多数情况下，都是测量的结果。

1.2 科学和测量

测量是整个科学的基础。为了发现自然规律，科学家必须对周围世界的现象进行观察和测量。一旦测量能够显示出自然界某一过程的规律性时，就有可能用数学公式来描述这个过程。当然，公式的正确程度取决于

物理学是一门实验科学

它所依据的测量的精确程度。因为没有一种测量能完全避免误差，所以我们只能近似地知道描述自然界行为的公式，即自然规律。由于这个原因以及其它原因，科学家总是认为他们的知识是不完全的，并且毫不犹豫地承认，将来更精确的测量或对已知事实的新解释，都会指出现在公认的物理定律的近似正确性。整个科学都是建立在少数几个基本定律的基础之上的，而这些定律又是从科学实验的测量结果中推论出来的。

只有当我们具备了测量用的工具和单位时，才能进行测量。例如，假设你希望测量房间天花板的高度，如果没有米尺，就会发生问题。你可能会猜测天花板的高度，并采用某种长度单位（米尺或英寸）。设想你来自德国，只会使用米制，而听你说话的人却只懂英制，则又会发生问题。因此很明显，要进行测量，不仅需要测量工具，而且需要大家公认的测量单位。

如果我们大家都同意，用少数几个基本单位来说明测量结果，就很方便。大多数科学家（实际上，世界上大多数人民）都采用米制单位，只有英语国家仍使用英制单位。然而，即使在这些国家中，最后也很可能盛行米制。米制有许多优点，因此本书特别强调米制。在力学部分，米制同其他单位制一样，以三个基本量即长度、时间及质量为基础。

要描述测量结果，
单位是必需的

1.3 长度标准

我们测量物体的长度，实际上就是用已知长度同待测物体进行比较。例如，当我们说，某孩子高 1.50 米，就意味着他的身高是米尺的 $1\frac{1}{2}$ 倍。同样，当我们说原子直径为 4×10^{-10} 米，（如不熟悉这种指数符号，可参看附录 3），这就意味着原子的直径是一米的 $4/10,000,000,000$ 。很明显，只要我们知道米尺的长度，就能用比较的方法来说明其它物体的长度。在表 1.1 中，列举了一