



大学 物理学

上 册

〔美〕 J. 奥里尔 著

科 学 出 版 社

04
83/1

大学物理学

上册

〔美〕J. 奥里尔 著

陈咸亨 夏墨英 译
李义发 王昌泰

吴剑华 校

科学出版社

1985

内 容 简 介

本书是美国大学理工科一年或一年半用普通物理教材。以其现代性与实用性为特色。中译本分上、下两册出版,上册包括力学、狭义相对论和分子物理热力学;下册包括电磁学、光学、量子理论、天体物理以及粒子物理。本书适用于理工科大学低年级学生做教材,也可供想增加一些物理学知识的有关人员参考。

J. Orcar
PHYSICS
Macmillan, 1979

大 学 物 理 学

上 册

[美] J. 奥里尔 著

陈咸亨 夏墨英 译

李义发 王昌泰 译

吴剑华 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

*

1985年5月第一版 开本:787×1092 1/32

1985年5月第一次印刷 印张:13 1/2

印数:0001—13,500 字数:304,000

统一书号:13031·2904

本社书号:4006·13—3

定价: 3.15 元

译者前言

美国 J. 奥里尔著的《大学物理学》是一部富有特色的物理教科书。译者认为,至少有两个突出的特点——简短地讲,“现代化”与“实用化”——是值得介绍的。

第一,作者认为,物理学是不断前进的。因而他在本书中,采取最现代化的内容与最新的论点。不仅在内容上,二十世纪的新成就,特别是相对论与量子理论,在篇幅上所占比重较一般传统的大学物理学大大增加;而且,他把这些成就的有关新论点,贯串到全书的叙述中,例如在论述磁性中,作者一再强调磁力是电力的相对论结果。作者把激光、微波、穆斯堡尔效应、黑洞、基本粒子的新发展等等都作了介绍,而且还涉及一些在理论上技术上的新应用。在实验的介绍中,不仅采用最新数据,而且介绍最新的实验技术与有关理论。最后,作者还指出当前还未解决的问题与研究方向,从而表明,物理学需要再前进,而且正在前进。第二,作者强调,物理学是有实际应用的基础科学。他认为,物理学是现代文明生活中不可缺少的基础知识。因而,他要把这本书写成为不仅对理工科大学学生有用的教科书,而且要为“知识界”提供必需的物理知识。因此,在书中处处可以看到现代文明生活中的各类物理知识:不仅一般日常生活中的汽车、飞机、电器、空调等,还有火箭、导弹、原子能、人造卫星、宇宙航行等,都一再作为例题与习题出现在各有关章节、甚至还涉及现代社会的问题,例如作者一再阐述当前人们所关心的能源问题。当然作为一本物理学教科书,它只能介绍有关基本原理,作为进一步关心现

代生活与现代技术问题的基础。

这两个特点交织在一起，贯串全书。作者还力图使其叙述简明生动。书中不少地方，用了形象化的具体例证，对比较深奥的抽象内容作了若干简化。还有不少问题，作者改变了传统的正规讲法，使之不但明确易懂，而且生动新颖。译者认为，作者在这方面的努力，也是突出的，基本上是成功的。

我们翻译这本书，目的是供我国物理教学与研究工作者借鉴。“他山之石，可以攻玉”，何况这本书的特点如此突出。从某种意义上讲，它符合我们在现代化道路上前进的需要。让物理学更现代化、更为实用！

我们翻译所遵循的根本原则是“忠实于原文”。力争把原书的内容科学地转达给我国读者，而且还希望把作者的意图与特色，比较完整地翻译出来。当然，也有少数地方略加改动，以利于我国读者理解。也有些地方作了若干注译。译者水平所限，是否达到了真正忠实原文的要求，希望读者批评指正！

本书是集体翻译的。译稿曾经吴剑华同志进行了认真的全面的校订，提出了许多宝贵的改动意见。译者在此表示衷心感谢。同时，也应说明，负责定稿的是各章译者本人，最后对全书定稿的是译者之一陈咸亨。因此，译文中任何错误与不妥之处，全由译者负责。各章译者名单如下：1—5章陈咸亨，6、7章夏墨英，8、9、20、21章李义发，10—14章王昌泰，15—17章赵惠芝，18、19章方开文，22—24章荣毓敏，25—27章陈菊华，28—31章陆正亚，附录及习题解答王昌泰。

译者

1982年12月

序 言

本书是为大学理工科学生写的基础教科书，可供一年或一年半的物理学课程使用。学习本书不需要预先懂得微积分，但是，以本书为教材的物理课程，必须与微积分课程同时并进。本书在数学上和物理概念上的深浅程度，都未超过现在通行的物理教科书。然而，本书与其他多数教科书相比，有下述两个特点：

1. 本书对物理学最新理论给出了完整的表述。

2. 只要可能，本书中所有物理“定律”，都从基本原理推导出来。这就是说，本书强调了基本原理与由基本原理推导出的各种结论之间的区别。

本书力图讲清物理学各个不同领域之间的关系，以及物理学与科学技术之间的关系。有一些看来似乎彼此无关的论题，在本书中把它们统一起来了，并归结成一个总的看法。每当引入一条新的物理“定律”（例如，磁场对运动电荷作用的力的定律，能量均分定理等等）时，都力求讲清楚，该定律究竟是真正新的基本原理，还是可以从已经讲过的原理推导出的结果。在多数情况下，对这些“定律”都作了简单的推导。这些推导可以帮助我们弄清楚，许多物理现象和物理定律并不是彼此毫无联系的“大杂烩”，而是有着内在逻辑结构的完整的统一体。有一些所谓的“定律”，例如安培定律，法拉第定律，能量均分定理，磁力定律，欧姆定律，光速在物质中减小的定律，胡克定律，惠更斯原理等等，在本书中，凡有可能，都从更为根本的定律推导出来，而不作为新的独立的定律提出来。我感

到,只要有可能,就应当讲出“为什么”的道理来。有些地方,推导是太难了,这时,至少应当告诉读者,推导是可能的,并给出言之成理的论证。这些“推导出来的定律”,使我们能够进一步推断一些实验结果,而正是这些实验结果,才使人们对那些基本原理确信不疑。

如果要从库仑定律“导出”全部电磁学,那么,先懂得狭义相对论是大有裨益的。为此,本书在第八章与第九章讲述相对论,然后在第十五—二十一章中讲述电磁学。虽然如此,电磁学各章的写法,并不是非要有相对论的知识才能读懂,因而那些想跳过第八、九两章的学生,可以跳过去。但是,如果一定要推迟学习相对论,也不应该推迟到第二十四章以后。

因为要真正理解物质结构和某些物理现象,必须先懂得量子理论。所以,本书在第二十四、二十五章中讲述量子论的基本原理。在随后的几章中,讲述了量子论在原子物理、固体物理、核物理、天体物理和粒子物理中的一些应用,这还可以使学生加深对量子论的理解。有了量子力学与相对论这些基础知识,就可能对黑洞与中子星的半径和构成成分作一些简单的计算了(第三十章)。

有些人可能担心,这样一些“高级”论题,如中子星、黑洞、费米能、宇称守恒、夸克、全息照相、时间膨胀、强度干涉测量等等,对于初学物理的学生未免太难了,但我却把它们包括在本书中,这因为当学生们从报章杂志上读到这些最新发展的知识时,他们的丰富想象便会油然而生。关于这些令人兴奋的知识,学生们进入大学后,总是希望在物理课程中能多学到一些。根据我的教学经验,学生们领会这些所谓“高级”论题,甚至要比领会牛顿第三定律的含义来得容易。

还有一个人们当然要关心的问题,即那些想要当工程师的学生,是否应当接触这些现代物理概念。我发现,大多数工

科教授都不希望大学基础物理课成为应用物理课或工程课。工科专业的基础物理课是工科学生能知道物理学各个不同领域如何结合在一起的唯一机会，也是他们能知道物理学方面最新发展的知识以及这些知识如何与科学和技术的不同领域相联系的唯一机会。因此，本书在阐述物理学的研究与科学和技术的不同领域的关系方面作了一定的努力，并注意科学对社会的影响。举例说，世界能源匮乏问题，就是贯串本书的一个中心论题。此外，还讨论了科学在社会、政治、经济与哲学等方面的意义。我希望，这个物理教程不仅能为学生将来的职业打好一定的理论基础，而且应当能有助于那些与科学技术有关的人提高文化基础知识。再者，如上面已提到的，为正确理解大多数自然现象，懂得相对论与量子力学的一些基础知识也是必要的。

本书有许多例题，其中有些例题具有重要的社会意义。虽然有些例题是用以说明一些重要的应用，但大部分例题则是用以说明解题方法。有些例题对初学者来说是太难了，就用星号*标记出来。除分散在各处的已解出的例题外，在每章之末还有许多习题。所有习题均大致按正文顺序排列。为提供与实际生活相联系的题目，我作了很大的努力。因此，有些题目自然要涉及以前各章的论题。这不仅为了更紧密地联系实际生活，而且也为了有助于复习，并有助于牢固掌握与灵活运用所学的知识。为培养学生解决实际问题的能力，这些习题还有另一特点，即在各个习题中并没有把所需要的资料(数据)全部提供出来，而这些资料是可以在正文中找到的。与此相反，在少数习题中，给出的资料却比所需要的多一些。

全书均采用国际单位制(SI, 即米·千克·秒制);有些地方, 为了实用, 也提到别的单位。虽然在电磁学的叙述中用的是国际单位制, 但大部分电磁学方程的表述形式是便于那些

愿意采用高斯单位(厘米·克·秒制单位)教电磁学的教师应用的。

有些章节,对于教学时间较短而教学要求又不那么高的物理课程,可以略去。这在目录中加了星号。

J. 奥里尔

目 录

第一章 绪论	1
1-1 物理学的范畴	1
1-2 单位	3
1-3 量纲分析	9
1-4 物理学中的准确度	13
1-5 物理学中的数学	16
*1-6 科学与社会	21
附录 1-1 本章(第1-5节)指出的“常见错误”的正 确答案.....	23
习题.....	23
第二章 一维运动	29
2-1 速度	29
2-2 平均速度	32
2-3 加速度	35
2-4 匀加速直线运动	38
本章摘要.....	45
习题.....	46
第三章 二维运动	51
3-1 抛体的轨迹	51
3-2 矢量	53
3-3 抛体运动	62
3-4 匀速圆周运动	65
3-5 地球卫星	67

本章摘要.....	72
习题.....	72
第四章 动力学	77
4-1 引言	77
4-2 质量、动量与力.....	78
4-3 牛顿运动定律	80
4-4 质量与力的单位	85
4-5 接触力与摩擦力	87
4-6 解题方法	91
4-7 阿脱武德机	97
4-8 圆锥摆	99
4-9 动量守恒	101
本章摘要.....	104
习题.....	105
第五章 万有引力	113
5-1 万有引力定律	113
5-2 卡文迪希实验	119
5-3 开普勒行星运动定律	122
5-4 重量	124
*5-5 等效原理	129
*5-6 球内引力场	131
本章摘要.....	134
习题.....	135
第六章 功和能	141
6-1 引言	141
6-2 功	142
6-3 功率	145
6-4 点积	146

6-5 动能	150
6-6 势能	153
6-7 引力势能	156
6-8 弹簧的势能	159
本章摘要	160
习题	161
第七章 能量守恒	166
7-1 机械能守恒	166
7-2 碰撞	173
7-3 引力能守恒	178
7-4 势能曲线图	183
7-5 总能量守恒	185
*7-6 能量与生物学	191
7-7 能量与汽车	192
*本章摘要	198
附录 7-1 含有 N 个粒子的封闭保守系统的机械 能守恒	199
习题	199
第八章 相对论运动学	207
*8-1 引言	207
*8-2 光速不变原理	208
*8-3 时间膨胀	216
*8-4 洛伦兹变换	222
*8-5 同时性	227
*8-6 光的多普勒效应	229
*8-7 孪生兄弟佯谬	232
本章摘要	237
习题	238

第九章 相对论动力学	245
*9-1 爱因斯坦的速度加法.....	245
*9-2 相对论动量.....	248
*9-3 动量和能量的守恒.....	251
*9-4 质量和能量的等效性.....	253
*9-5 动能.....	257
*9-6 质量和力.....	259
*9-7 广义相对论.....	260
本章摘要.....	263
*附录 9-1 动量-能量变换.....	264
习题.....	266
第十章 转动	273
10-1 转动运动学.....	273
10-2 矢量的叉积.....	275
10-3 角动量.....	277
*10-4 转动动力学.....	280
*10-5 质心.....	286
*10-6 刚体和转动惯量.....	289
*10-7 静力学.....	294
*10-8 飞轮.....	299
本章摘要.....	301
习题.....	302
第十一章 振动	309
11-1 谐和力.....	309
11-2 振动周期.....	313
11-3 摆.....	316
11-4 简谐运动的能量.....	319
*11-5 微振动.....	321

*11-6 声强	327
本章摘要	331
习题	332
第十二章 分子运动论	339
12-1 压强和流体静力学	339
12-2 理想气体定律	347
12-3 温度	349
12-4 能量均分定律	354
12-5 热的分子运动论	358
本章摘要	361
习题	362
第十三章 热力学	368
13-1 热力学第一定律	368
13-2 阿伏伽德罗假说	369
13-3 比热	371
13-4 等温膨胀	377
13-5 绝热膨胀	378
13-6 汽油发动机	382
本章摘要	385
习题	386
第十四章 热力学第二定律	392
14-1 卡诺热机	392
14-2 热污染	395
14-3 致冷机和热泵	396
14-4 热力学第二定律	400
*14-5 熵	404
*14-6 时间反转	410
本章摘要	414

习题.....	414
---------	-----

第一章 绪 论

1-1 物理学的范畴

物理学认为,所有物理现象都遵循一些基本的自然定律。物理学的主要目标就是要找出这些基本定律并理解它们。科学的历史表明,物理学的发展过程是人类对物理现象的理解程度越来越深入的过程。科学水平每提高一步,基本定律,或者说基本理论,就变得数目更少,更为简单。举例来说,基本粒子与基本相互作用的数目,通常总是随着时间的推移而越来越少。“越接近于真理,基本定律就越简单”这个从科学史研究得来的结论,曾被十四世纪的奥克姆的哲学家威廉(William)系统阐述过,并被后来的哲学家们称为“奥克姆准则”。

科学家们一直在探索物质世界的终极真理。人类向着真理逐步接近的过程,会不会继续下去,还不能确定。但是,大多数科学家深信,人类将继续不断地前进,越来越接近于“终极真理”。现在,这个探索过程进展到了什么样的地步,可从下文中看到一部分。现在有了一个基本方程, $\lambda = \frac{h}{p}$, 以及这方程的物理解释。当把它应用于已知的基本粒子与基本粒子间的已知相互作用时,它基本上可说明原子物理与化学过程。此外,由于人们认识到,生物学过程是多种化学反应的复合过程,因而这个方程也基本上可说明生物学过程。

物质世界最基本的事物究竟是什么?研究这个问题就要了解物质的构成成分,或者说物质的基本组成物,即基本粒

子,例如,质子、电子、中子与光子。因此,物理学家的当务之急是,研究基本粒子——它们的性质与它们的相互作用。到目前为止,只发现四种基本相互作用;宇宙中所有已知的力与相互作用,都是以这四种相互作用为基础的。现将这四种相互作用列于表 1-1 中。

如果基本粒子及其相互作用是真正基本的,那么它们不仅应当能说明微观世界,而且应当能说明宏观世界。据我们现在所知,物理学的定律,不仅基本粒子遵循它们,而且恒星与星系也同样遵循它们。怎样用基本定律说明恒星与星系的结构,这个问题的研究也属于物理学的范畴(见第三十章)。所有物理学科与生物学科全都扎根于物理学。

表 1-1 四种基本相互作用

(它们是所有已知的力与相互作用的基础)

类 型	源	相对强度	作用距离
1. 万有引力相互作用	质量	$\sim 10^{-38}$	长
2. 弱相互作用	所有基本粒子	$\sim 10^{-13}$	短($\sim 10^{-13}$ 米)
3. 电磁相互作用	电荷	$\sim 10^{-2}$	长
4. 强相互作用(核力)	强子(质子、中子、介子)	1	短($\sim 10^{-13}$ 米)

某些基本自然定律,与我们的日常经验大相径庭,因而与我们的常识完全相反。例如,方程 $\lambda = \frac{h}{p}$ 的基本概念,就会给出 $2+2=0$, 也会给出 $2+2=8$! 这可用图 1-1 所示的实验为例来说明。将一束电子射向一块它不能透过的挡板,板上开了两个孔 A 与 B。我们把一个盖革计数器放在板后相当远的地方,并关闭孔 B。在这种情况下,计数器的读数为每秒 2 个电子。然后打开孔 B 而关闭孔 A,这时计数器的读数也为每秒 2 个电子。最后,把两个孔 A 与 B,都打开,在这情况