

《物理学》学习指南

第一卷

〔美〕S. A. 威廉斯 等著

科学出版社

53.073

420

《物理学》学习指南

第一卷

[美] S. A. 威廉斯等 著

徐伯荣 译



科学出版社

1981

1109861

DL18/12

内 容 简 介

哈里德等著《物理学》是美国较流行的大学理工科物理学教科书。为了帮助学生学习和该书，专门编有《物理学》学习指南一书。本书按1978年第三版译出，以供我国读者参考。

本书向读者介绍学习《物理学》的方法，指明学习重点和关键性概念，具体指导学习和解题方法。每章先提出复习和预习的要求，指明目的和线索，然后分节讲解。书中除了一般例题外，还有“程序习题”，按步骤地讲述解题方法。

本书内容是按《物理学》顺序编写的，中译本分为两卷出版：第一卷为力学、声学与热学，相当于《物理学》中译本第一卷第一、二两册的内容。第二卷是电磁学、光学与量子物理学，相当于《物理学》中译本第二卷第一、二两册的内容。

本书可供我国大专院校理工科师生作教学参考书。也可供学习《物理学》的有关科技人员参考。

S. A. Williams, K. L. Brownstein
R. L. Gray, R. Resnick, D. Halliday
STUDY GUIDE TO PHYSICS

Part I, 3rd. Edition

John Wiley, 1978

《物理学》学习指南

第一卷

〔美〕S. A. 威廉斯等 著

徐伯荣 译

责任编辑 陈咸亨

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

1981年11月第一版 开本：787×1092 1/32

1981年11月第一次印刷 印张：9 7/8

印数：0001—42,500 字数：221,000

统一书号：13031·1695

本社书号：2318-13-3

定价：1.25元

中译本出版说明

本书是为帮助读者学习哈里德等著《物理学》一书而编写的学习指南。原书按照《物理学》的体例分为两卷，中译本也分成两卷出版，以供学习《物理学》一书的参考。

哈里德等著《物理学》的内容与我国现行的课程大体相近，因此，本书不仅对学习该书有用，也可用于学习其它物理学教材。书中详细地阐述了学习物理学的方法以及一些应注意之点，并有大量的程序习题作为解题示例，对学好物理学有一定的帮助。

本书中的图均按原书制版，但发现其中一些图所画线段长度或角度大小，不尽恰当，考虑到都是示意图，我们未加以修改，请读者注意。

译文不恰当之处，欢迎批评指正。

原书第三版前言

这本学习指南的第三版作了广泛修订。主要的变动是：

1. 除了少数例外，物理量的单位及其符号都已完全换成国际单位制(SI)的单位及其符号。
2. 新增了关于交流电的一章(第三十四章)。
3. 介绍了虚物的概念(第三十八章)。
4. 介绍了互感的概念(第三十一章)。

致 读 者

学习物理学的学生往往在考试以后抱怨：“我理解全部理论，但似乎不会解任何习题。”其实，事情的实际情况更接近于：“我已经记住了可能装进我脑袋的所有公式，但似乎总不能正确地应用它们来解习题。”这里，学生把“记住”和“理解”混同起来了。为了改进这种状况，能够做些什么呢？当然，在一本学习指导书里不可能（在本学科中更不可能）说一些有魔力的话来免去必需的学习时间和解题的实践。这本学习指南的目的是提高学习时间的效率。为此目的，本书将把你的注意力集中在各章最基本的部分上，并对那些部分进行了改写。

本指导书可用作瑞斯尼克和哈里德所著《物理学》和哈里德与瑞斯尼克所著《物理学基本原理》的参考书。但它既不能代替教材，也不能代替你自己的努力。在告诉你能期望在本书中找到些什么之前，我们想对如何学习物理学，一般地谈一些看法。

你应当记住学习物理学有一个方法问题，哪些概念、观点和公式是应该牢记的？哪些是应该阅读以求“通晓”但不必牢记的？事实上，只有两类东西必须记住。

1. 定义 在科学和工程学中，对各种量都给出了极精确的定义。学习了某一论题后应该问一问自己：

(a) 定义了哪些新的量，经常用什么数学符号表示它们？

(b) 这些量的确切定义是什么？通常这是一种数学定义。

(c) 这些量用的是什么单位？

2. 基本原理 它们是把各种已定义的量相互联系起来的基本公式。有些基本原理是用数学导出的，有些基本原理表示实验事实。你还会遇到许多其他公式，它们表示基本原理的特殊应用。不要死记这些其他公式，而应该懂得如何从基本原理导出它们。

这本学习指导书的很多章节都从“复习和预习”开始。它把本章的材料与前面各章的材料联系起来。然后是“目的和线索”，它告诉你学习本章的目的。在每章的主要部分中，我们将强调指出教材中相应章节的要点。说明这些要点的例题都详尽地解出。最后，多数章的学习指南都有一节“程序习题”，这些程序习题的特点是鼓励你积极地进入解题过程¹⁾。

使用教材和学习指南有许多不同的方法。你或许需要试验几种方法，以找出你最适用的方法。建议你下面这种方法作为起点：

1. 在学习指南中找出与教材中指定材料相应的章节。你将看到本书的目录在这一点上是很有用的。

2. 看一遍学习指南中的材料，不包括例题和程序习题。这将使你概括了解到教材中的最重要部分，特别是对于本书所强调的定义和基本原理，不要期望在这一步就理解一切。

3. 仔细演算学习指南中的例题和程序习题。还应该试一试重新做一遍教材中的例题，而不要去查看它的解答。

如果你认真地按照这些步骤去做，就能够以较高的效率解答指定的习题作业。你还会发现，学习指南是复习大量教材的十分有用的工具，可以使你有把握地去参加考试。

1) 在第 iv 页上有如何运用程序习题的专门指示。


关于程序习题

程序习题用一系列编号的框格标出，各框格之间由横贯全页的水平线分开。每个框格的左边是问题部分，右边是解答部分。框格内的问题部分要求你写出答案，而框格内的解答部分可用来校核你的答案。

一个习题通常分成几个框格。这种编排方式可以引导你一步一步地把习题解出来，并有机会在每一步都校核一下自己的工作。

在使用程序习题时，应该先把解答部分遮住，在问题部分所留的空白中用铅笔写下你的答案。不要看解答部分或下一个框格来欺骗自己。在给定的框格内写好答案后，再查看解答部分，以核对你的解答。

这里是一个用两个框格组成的程序习题的例子。首先，我们列出把解答部分遮住并且尚未写好答案时你所看到的情况。

1.  图 0-1	用 A 、 B 、 C 标明直角三角形的各边，用 C 表示斜边。	遮 住
2. 在长度 A 、 B 、 C 之间有怎样的数学关系？		

下面我们列出学生已写好答案并把解答部分去掉遮盖后

框格 1 的情况:

1.

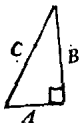


图 0-2

用 A 、 B 、 C 标明直角三角形的各边, 用 C 表示斜边.

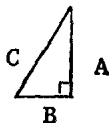


图 0-3

请注意, 这个学生并没有按照印出的解答的次序标明 A 和 B , 但斜边 C 是标得正确的. 这个例子说明, 正确的答案并不一定与印出的解答一模一样.

最后我们列出学生已写出答案并把解答部分去掉遮盖后框格 2 的情况.

2. 在长度 A 、 B 、 C 之间有怎样的数学关系?

$$C = \sqrt{A+B}$$

$$C^2 = A^2 + B^2 (\text{勾股定理})$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

学生的答案是错误的, 这个答案和印出的解答完全不等效. 这时学生要努力搞清楚错误的原因, 然后再继续回答下一个框格中的问题.

目 录

第一章 计量	1
1-1 公式的用处	1
1-2 单位	2
1-3 10 的幂的应用,有效数字	3
第二章 矢量	5
2-1 引言	5
2-2 标量	6
2-3 矢量	6
2-4 一矢量和一标量的乘法,一个矢量的负矢量	6
2-5 矢量的加法和减法	7
2-6 矢量的乘法	7
2-7 单位矢量,坐标系,矢量的分解	9
2-8 应注意的几点	11
2-9 程序习题	12
第三章 一维运动	19
3-1 引言	19
3-2 r 、 v 和 a 的分量的应用;一维运动	22
3-3 匀加速一维运动;自由落体运动	23
3-4 例题	24
3-5 简化的记号	27
3-6 程序习题	27
第四章 平面运动	31
4-1 基本关系式	31
4-2 平面运动中的匀加速度	32
4-3 抛体运动	33

4-4	圆周运动	36
4-5	相对速度和相对加速度	39
4-6	程序习题	41
第五章	质点动力学	48
5-1	基本概念	49
5-2	牛顿定律, 力, 质量	49
5-3	力学的单位	51
5-4	重量和质量	51
5-5	牛顿定律的应用	51
5-6	摩擦力	56
5-7	圆周运动动力学	58
5-8	程序习题	59
第六章	功和能	70
6-1	基本概念	70
6-2	恒定的力所作的功	71
6-3	积分法入门	72
6-4	变力所作的功	73
6-5	动能和功能原理	73
6-6	功率	75
6-7	程序习题	76
第七章	能量守恒	81
7-1	基本观念, 保守力和非保守力	81
7-2	势能, 机械能守恒	85
7-3	非保守力, 能量守恒	88
第八章	动量守恒	93
8-1	质心	93
8-2	质心的运动	97
8-3	动量及动量守恒	97
8-4	动量守恒原理的应用	98
8-5	变质量系统	99

8-6	程序习题	101
第九章	碰撞	109
9-1	碰撞, 冲量, 动量守恒	109
9-2	碰撞问题的例题	112
9-3	质心坐标系 一维情形	114
9-4	程序习题	117
第十章	转动运动学	121
10-1	转动运动学	121
10-2	角变量 固定轴	122
10-3	直线运动运动学和转动运动学之间的关系 固定轴	125
10-4	转动的矢量性质	126
10-5	程序习题	130
第十一章	转动动力学	136
11-1	力矩和质点的角动量	137
11-2	质点系的角动量	139
11-3	转动惯量 固定轴 转动动能	140
11-4	刚体的转动动力学 固定轴	145
11-5	转动和平动的复合运动	148
11-6	角动量守恒	151
11-7	L 和 ω 的关系 固定轴	152
11-8	程序习题	154
第十二章	刚体的平衡	162
12-1	平衡条件	162
12-2	重心	163
12-3	求解平衡问题	164
第十三章	振动	171
13-1	振动 有关术语	171
13-2	质点的简谐运动 一维情况	172
13-3	简谐振子 简谐运动	174
13-4	简谐运动的能量	176

13-5	互相垂直的两个简谐运动的合成; 简谐运动和匀速圆周运动的关系	179
13-6	程序习题	181
第十四章	万有引力	188
14-1	万有引力定律	188
14-2	广延质量	189
14-3	重力加速度的变化	190
14-4	行星和卫星的运动	192
14-5	万有引力场, 势能和势	193
14-6	多粒子系统的势能	196
14-7	行星和卫星运动的能量 圆轨道	197
14-8	程序习题	198
第十五章	流体	205
15-1	流体 压强和密度	205
15-2	流体静力学	206
15-3	帕斯卡定律 阿基米德原理	208
15-4	流体动力学	209
15-5	稳定、无旋、不可压缩和无粘滞的流动	211
15-6	应用	212
第十六章	弹性介质中的波	215
16-1	波的分类	216
16-2	行波 一维情形	217
16-3	迭加原理 一维波方程 干涉	219
16-4	波动的功率和强度	223
16-5	驻波 一维情况 共振	223
16-6	程序习题	225
第十七章	声波	239
17-1	纵波的频率范围	239
17-2	纵行波 波速	240
17-3	纵驻波——声源	242

17-4	拍	247
17-5	多普勒效应	247
17-6	程序习题	250
第十八章	温度	258
18-1	物质的微观和宏观描述	258
18-2	热力学的第零定律 温度测量	259
18-3	摄氏温标和华氏温标	260
18-4	热膨胀	261
第十九章	热力学	263
19-1	热量	264
19-2	热传导	267
19-3	热力学系统, 坐标, 状态和平衡	270
19-4	热、功和热力学第一定律	271
19-5	理想气体状态方程	273
19-6	热力学第二定律	274
19-7	可逆过程, 卡诺循环, 卡诺定理	276
19-8	熵 第二定律的数学表达式	280
19-9	程序习题	282
第二十章	气体分子运动论	294
20-1	基本观念	294
20-2	理想气体 微观描述	295
20-3	压强和温度的分子运动论解释	296
20-4	理想气体的比热	300
20-5	能量均分原理	301
20-6	平均自由程	303
20-7	分子速率的分布	303

第一章 计 量

1-1 公式的用处

在物理学课程中，往往要求记住物理量之间的许多关系式，这些关系式通常称为公式。为什么要记公式呢？首先，记住一个物理学公式在某种意义上说与记住一件历史事实或一条经济学原理没有区别。公式使你能在脑海中再现某个自然界的事实，而不必去重复某些实验室的实验，正象不必重演 1812 年的战争或 1928 年的市场崩溃一样。在历史学或经济学中，人们能够把事实综合起来以引出结论并预言“新事实”，但是由于变量的数目极多，关系相当复杂，要有丰富的经验才能做这项工作，而且所预言的“新事实”也未必确实。与此相反，物理学中要求你们记住的公式实在非常简单，把这些公式联合起来可能对于其他事实给出毫不含糊的预测。

要求你们学习的公式有两类。第一类公式是定义式，它们说明某一物理量是什么意思。例如，一物体在时间间隔 t 内走过一段距离 l ，根据定义，它的平均速率是 $v=l/t$ 。另一类公式表示我们所理解的“自然定律”。起初看来似乎有许许多多公式，但实际上基本原理性的关系式并不多。教师、课本和这本学习指导都试图指出哪些是基本的。

物理学中最美妙的事情之一，就是不同物理量的公式往往在外表上非常相象。例如，相距为 r 的两个点电荷 q_1 、 q_2 之间的电力是 $F = \text{恒量} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ，而相距为 r 的两个质点 m_1 、 m_2 之间的万有引力是 $F = \text{恒量} \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ；当然两公式中的恒量

不同、力的起源也不同,但两个方程基本上相同。要注意这种相似性,并利用它们作为记忆公式的一种帮助。

1-2 单位

每一个物理量都表示为一个数乘上它的单位。在课本以及这本学习指导中采用国际单位制(SI)。在这种单位制中,长度单位是米(m),质量单位是千克(kg),时间单位是秒(s)。另一种常用的单位制是英国工程制(BE),其中长度单位是英尺,时间单位是秒,它不采用质量单位而采用磅作为力的单位。有时需要从一种单位制换算到另一种单位制。换算因子载于课本的附录中。如果把单位当作代数量,那么你就能自己做这种换算。例如,1英里是1760码,而1码是0.914米。因此,“1英里/小时”的速度是

$$\begin{aligned} 1 \frac{\text{英里}}{\text{小时}} &= 1 \frac{\text{英里}}{\text{小时}} \times 1760 \frac{\text{码}}{\text{英里}} \times 0.914 \frac{\text{米}}{\text{码}} \\ &\times \frac{1}{3600} \frac{\text{小时}}{\text{秒}} = 0.447 \frac{\text{米}}{\text{秒}} \end{aligned}$$

注意单位怎样相消和怎样相结合。

因为我们将应用的单位大多数是SI制的,所以只要方程中各量都用SI制中的单位表示,就不必在方程中再写上单位。例如,有一个公式是:功=力×距离。在SI制中力的单位是牛顿,距离的单位是米。功的单位是焦耳,所以1焦耳=1牛顿·米。如果用牛顿来表示力、用米来表示距离,那么就知道答案必定是用焦耳表示的。然而在开始时最好写出各量的单位,并把它们当代数量来处理,因为这将作为一种检验,来验证你在问题中是否正确使用了公式。在这本学习指南中,我们将一直按照这种作法。

某些单位的分数或倍数有一些名称,例如 10^{-9} 米称为1

厘米, 10^3 米称为 1 千米。将这种单位用到诸如“功 = 力 × 距离”等公式中时, 如果需要功的单位用焦耳, 那么必须把距离用米来表示。

1-3 10 的幂的应用, 有效数字

人们经常可能要把一个物理量表示为其单位的很小部分或其单位的巨大倍数。这是用 10 的幂来表示的。例如, 1 米的千分之 1.5 可写作 0.0015 米或 1.5×10^{-3} 米。类似地, 一万五千米可写作 15000 米或 1.5×10^4 米。在数值问题中, 将所有的数都写成“ $a.bc\dots \times 10$ 的某次幂”的形式是很有用的。把数写成这种形式后, 10 的所有幂次可以集中在一起。如果一个数可写成 $a.bc\dots \times 10^n$, 其中 $a \neq 0$, 那么有效数字的数目就是小数点右边数字的数目再加上一。例如 3.14 有三位有效数字。在任何给定的问题中, 每个数据可能具有不同的有效数字位数。若把这些数相乘(或相除), 则答案的有效数字位数只能与其中有效数字位数最少的数的位数相同。你们可能费劲去算出更多位数, 然而它们并无意义。

下面的例子说明本章的观念。

例 1 某君的胡须每日长 0.031 英寸(约每日 $\frac{1}{32}$ 英寸)。若用“埃/分”作为单位, 胡须生长的速率 G 是多少? (埃是长度单位: 1 埃 = 10^{-10} 米。)

我们必须将英寸转换为埃, 将日转换为秒。这样, 胡须生长的速率

$$G = \left(0.031 \frac{\text{英寸}}{\text{日}}\right) \left(2.54 \times 10^{-2} \frac{\text{米}}{\text{英寸}}\right) \left(\frac{1 \text{埃}}{10^{-10} \text{米}}\right) \\ \times \left(\frac{1 \text{日}}{24 \text{小时}}\right) \left(\frac{1 \text{小时}}{60 \text{分}}\right) = 5.5 \times 10^8 \text{埃/分。}$$

有趣的是, 5500 埃是可见光谱中绿光部分一个典型的波长。

注意每个换算因子(它们出现在上述公式中的各括号内)都等于 1。

例如,因为1小时=60分,所以 $(\frac{1\text{小时}}{60\text{分}})=1$ 。我们为什么要乘以“(1小时/60分)=1”而不乘以“(60分/1小时)=1”呢?这很简单:我们要“小时”这个单位在最后结果中消去掉。因为已给出的数字(0.031英寸/日)只有两位有效数字,所以在答案中也只保留两位有效数字。在这一点上,换算因子(例如1小时=60分)可认为是无限精确的(亦即1.000...小时=60.000...分)。