

物理实验

〔德〕威廉·H·卫斯特发尔著 王福山译

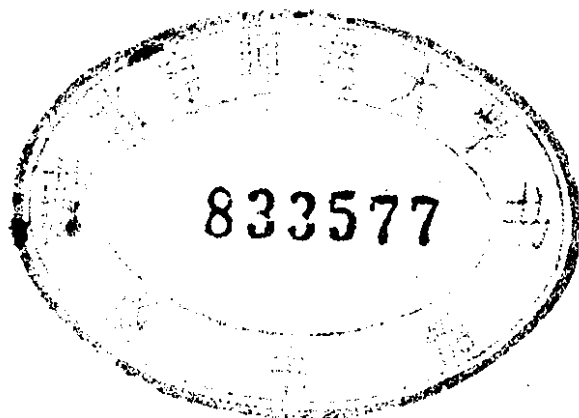
上海科学技术出版社

物 理 实 验

〔德〕威廉·H. 卫斯特法尔 著

王 福 山 译

241156/29



上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书译自卫斯特法尔 (Wilhelm H. Westphal) 所著《物理实验》(Physikalisches Praktikum) 第十三版。全书除引论及附录各占一章外, 共列有五十个普通物理实验; 这些实验按力学、热学、分子运动论及声学、光学、电学、磁学及核物理各类门汇编为五章。

每一实验着重于理论基础的分析和测量技术的细致描述, 分别举出实例并附有必要的数据和图解表示, 给初学者以确切指导。对于实验装置也作适当介绍。此外, 几乎每一实验都作了误差计算, 有利于读者对实验结果的深入理解。

本书适于综合性大学及各类高等学校作物理实验教材之用, 也可作为高中物理教师的实验参考书。

PHYSIKALISCHES PRAKTIKUM

Wilhelm H. Westphal

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH,

Braunschweig, 1974

物 理 实 验

〔德〕威廉·H. 卫斯特法尔 著

王 福 山 译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

总发行所上海发行所发行 江苏扬中印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 11 字数 308,000

1964 年 7 月第 1 版 1981 年 6 月第 2 版 1981 年 6 月第 3 次印刷

印数 15,001—31,000

书号: 13119·558 定价: (科四) 1.25 元

译者序

1966年以前我们已经译过这本《物理实验》，而且似乎很受人们的欢迎。当时之所以翻译此书，是因为在那时的教学改革和教学革命过程中，有好些问题，诸如在普通物理实验中应该做哪些实验，又应该如何进行实验才算加强了实验教学等等，很想向人请教，看看他们是如何来处理这些问题的。

而今在西方国家科学技术突飞猛进的十几年里，我们高等学校的正常教学却停顿了，现在要急起直追，才能赶上人家，并在短期内实现四个现代化。这就又提出了一个问题，我们的物理实验，尤其是为打好基础的普通物理实验教学，应该怎样来安排，才算是符合于所提出的要求，是否应该做体现四化的、内容较新的实验，是否应该都用上最现代化的仪器，等等，等等。

正当这个议论纷纷、莫衷一是的时刻，同济大学校长李国豪同志今年初夏访问德意志联邦共和国回来，带回了二本关于物理实验的书，其中之一就是这本《物理实验》1970年第13版的1974年第一次重印本。本书与我们前译的第9版相比，差别不大，只在后面加了三个关于原子物理方面的实验，其他则除引论中改写了前5节、改用了国际单位制、物理量的符号采用了国际上通用的字母，以及内容上稍作修改外，基本上没有变动，连实验的次序也一仍如旧。从作者第11版序中，可看到这位老教育家对于加强基本训练和实验是否需要“现代化”的看法。这虽然是他个人的意见，但这些中肯之言，亦颇值得我们借鉴。

由于书的变动极少，重新出版译本的工作量不是太大，所以我又象上次一样，在同济和复旦普通物理实验室同志们的鼓励和敦促下，先把所添加的三个实验和引论中所更改的五节译出，并象以前一样，先请他们审阅；继而对其他内容按新版作了更改，并对原

来译文稍为作了修饰。

这次我还是把第一版序全文刊出(在13版中只是节录),因为我还是这个意见,这序以及引论中的各节,尤其是关于如何进行实验记录等的第13、14两节,对我们的实验教学有非常重要的参考价值。

书中各实验标题之下都注有参考书,可惜注的只是作者自己著的两本。第一本早年虽有中译文(《高等物理学》,商务),但译的是第三版,而现在已出到26版(1970年),内容变动很大,章节也已不符。另一本可以说是第一本的简明本,内容较少,又不用高等数学,故作者名之为“小物理学教程”,已出多版,在本译本中译作《简明物理学》。因此,如果找不到这两本书参考而必须参考时,读者只好自己去另找相当的普通物理学教本了。

象上次一样,书中各物理量的单位,如 cm , dyn 等,我仍旧有意识地不予翻译。一则因为它们书写简便,二则因为它们是国际上通用的单位符号,而且我国国家计量局也把它们规定为国家标准。我认为应该广泛使用。

关于书中线路图的画法,则按照国内现在通用方式作了修改;以求与一般书刊统一。如表示电源的长短两划,其中短划代表阴极,而长划代表阳极(原书恰相反);电阻则用长方形表示而不用原先的一上一下曲折的曲线;再如不相连接的两条电线在图中只画成相交而不是一条用弧形以表示跨过不接之意,但要相接时则在交点处上加一个点来表示某些图表,未能按照原书制版,希读者谅解。

在以前和这次的翻译过程中,我始终得到复旦、同济二校有关同志的关心和支持,译完后又承他们分门阅读一遍,并提出了许多改进意见,我谨向他们表示衷心感谢。译文中不免尚有许多不妥之处,尚希读者不吝指正为幸。

王 福 山

上海江湾, 1979年12月

第一版序

本书是大学和各类高等学校物理实习(实验)用的一本辅助读物,总之,它将通过 40 个特选的实验作为学生做物理实验的指导。因此这里所讨论的各个实验,应该是一些典范性的例子。我原则上放弃了把一个高等学校里所应做的全部实验罗列出来,也根本没有求全的意愿。从这点上已可见本书有别于同一出版社出版的前一本同类书籍:维德曼与艾伯特著的《物理实验》(Wiedemann und Ebert: Physikalisches Praktikum)。更不同于科尔劳施著的《实验物理教程》(Kohlrausch: Lehrbuch der praktischen Physik)。

本书所讨论的各个实验,绝大多数是任何物理实验所必不可少的坚实的组成部分。另外几个实验,虽然一般可能采用较少,但根据我的经验,证明其对学生的训练有特别巨大的益处,由于这缘故,也就收集在内。凡是一般在物理化学或者在电工实验中要做的实验,则概不讨论。本书中的大部分实验,主要是从柏林高等工业学校物理系学生的物理实验课中选出来的,这课程延续三学期之久,每周四小时,而关于实验的讲解,则在特别为此举行的二小时课中进行。对于外系学生,因为对他们的要求不是那么高,所以容易从这些实验中选出一些适宜于他们的实验,同时对个别实验也可删去一些内容,降低一些要求。

本书并不能也不应该代替助教,但是能够而且应该给他们以有效的帮助。一般说来,每一次针对当时要做的实验向学生口头做些讲解,是必不可少的。由于这缘故,我也并不把特殊的实验装置讲得过于详细,何况各个高等学校的设备也并不完全相同。而我所重视的,是把各实验的理论基础和测量技术讲得彻底,并用一个实际做过的例子,连同所有必要的数据和图解表示,给学生做这

一实验以必要的指导。此外,几乎对每一个实验,还根据所举例子进行了误差计算。就这样,对学生来说,本书可以使他们在学习感到容易,理解深入;对年轻的助教来说,也能作为他们教学工作的一个向导。

依靠本书中讨论的这些典范例子,助教们和学生们将会找到一条路径,使他们在其他实验中也能用同样方法来进行讨论。

经验证明,进行误差计算能为实验增加许多教学上的好处。但这种计算,大多只能作为安静的家庭作业才能很好完成,这就要增加许多负担。但至少对读物理的学生来说,应该要求他们对尽可能多的实验进行误差计算;而对外系学生,则至少有时候对特别适宜而简单的实验也应该提出要进行误差计算的要求。我所得到的经验是,凡是对实验感兴趣的学生,都特别愿意从事这一工作,因为在某种意义上,它是攀登到每个实验顶极的工作。然而在普通物理实验范围内,不可能用严格的误差理论的全部工具来计算,因为必要的数学预备知识大多数人还缺少或不够,实际上单从这点已可看出它的不可能性了。此外,往往有很多误差来源——例如测量仪器的校正误差等等——,也不是学生所能一一考虑得到的,因为对这些误差的研究,不是我们实验范围以内的事。由于这缘故,在本书中大多不用所得结果的平均(平方)误差而只能用其最大(绝对)误差来计算。这样一来,所得到的误差,只是在数量级上与实际误差相同而已。这种计算误差的方法,虽然存在着缺点,但在我看来,如果认为在普通物理实验中根本要进行误差计算,而且认为在学习一开始就应该给学生指出,对自己的成绩要有个忠实评价的话,那末这是唯一可能的办法。但是我们有时必须着重指出,由于上述种种原因,从这样一种误差计算得来的结果,不是每次都能认真对待的。

在编写本书的过程中,我几十年工作——先做助教,后当实验室负责人——所积累起来的经验起着主导作用,觉得只有当我们要求学生应该彻底而细心地完成各个实验,并给他们以必要的时间,因而把实验限于一定数目的时候,普通物理实验才能真正收到

预期的效果,也只有这样,学生才能真正感到满意. 在我所领导的普通物理实验中,原则上——少数几个是例外——一个上午或者一个下午只做一个实验. 所以在这里所讨论的各个实验,几乎都只要求——包括口头作充分说明所需要的时间在内——能在3到4个小时内完成,实际上确实也是能够从容完成的. 如果有一些读者,有兴趣要详细知道如何组织好一个普通物理实验,我就请他们参考我在《物理和化学教学杂志》(ZS. f. d. physikal. u. chem. Unterricht, 第50卷147页,1937)上发表的一篇文章.

对本书的完成,我的柏林高等工业学校的助教们出了很大的力量. 书中写下的许多经验,主要是由他们积累起来的. 我特别要向我的多年同事、工程博士瓦尔歇(W. Walcher)先生表示感谢,因为在写初稿的时候,他不断提出意见并给我支持,而且在校稿时帮助我一同校阅.

威廉·H. 卫斯特法尔

柏林, 1937年12月

第十一版序摘录

26年前我在本书第1版序言(见iii页)中曾经纲领性地说过,这里所讨论的各个实验,应该是一些典范性例子,而根本不在于期求全面。现在要补充一句,我在这样说的时侯,至少也同样多地想到了对学生的培养,象想到要教会他们一样。一位书评作者曾经把本书称为一本“与物理交往的克尼格”¹⁾,从而也再好不过地表达了我心里的这个主要愿望。

要达到这样一个目标,那就无论在实验的提出或者在所用的仪器方面,都要越简单越好。大部分的实验是从这意义上来选择的。其中有许多还是从科尔劳施时代²⁾以来就属于普通物理实验的经典组成部分,而且我在大约60年前做学生的时候已经认识了它们。这些实验完全保持了它们在教育上的价值。由于这缘故,要来个“现代化”,我决不认为是必需的,或者是所值得期望的,

1) 克尼格(Adolf v. Knigge),德国18世纪作家,曾写过小说,故事,游记等作品,但以其《关于与人的交往》一书(1788年)而闻名。书里叙述的是德国当时社会生活中如何待人接物的各种规矩。这里是把卫斯特法尔写的这本书喻为在物理实验中象克尼格为社会生活所写的即同样的一本书。——译者

2) 科尔劳施(F. Kohlrausch)于1870年写了一本实验“入门”,作为对一些物理测量的指导,而且是专为哥廷根大学的物理实验用的。在第一版中已明确提出了“实验物理”这个概念。此书后来一再再版,内容也超出物理实验范围,增加了许多其他适合于科学目的的测量方法,同时也从“入门”变成了一本“教程”。一直到11版(1910年),都由科尔劳施本人亲自修订。他1910年死后,由瓦尔堡(12~14版)、格吕艾森和谢尔(15~16版)、亨宁(17~19版)等人继续修订,且从亨宁起因内容过多,分成两卷。1955年的第20版是由艾伯特和尤斯蒂二人负责修订的。

科尔劳施这本《实验物理教程》,一方面因历史悠久,又是第一本物理实验书,另一方面因内容丰富,不仅适合于普通物理实验,而且也适合于在工程技术和科学研究中应用,所以在德国内、外都享有盛名。如今在物理文献中它已成为一个概念,即:一提到“科尔劳施”这个名字,就知道指的是他的《实验物理教程》这本书。科尔劳施时代也就是指他在世时编写和修订这本书的那个时期。——译者

因为现代化大多要提出较难的实验和用到较复杂的仪器。我认为，本书的不断受到欢迎，说明我的这些看法没有错。

威廉·H. 卫斯特法尔

柏林 37-采仑道夫, 1963 年 10 月

第十三版序

要在本版中来个重大修订，似乎不存在任何一个要这样做的理由。只是根据国际上的一些新的推荐，新的德国标准和 1970 年 7 月 1 日生效的德意志联邦“关于测量事宜中单位的法令”（《联邦法令刊报》第 I 部分，1969 年第 55 号），作了一些修改。我特别要提到温度单位的符号现在用开尔芬(K)而不是象迄今所用的度开尔芬($^{\circ}\text{K}$)，分子力学中新的基础量叫做物质量（以前在本书中称为克粒子数），以及采用基础量和基础单位这些名称而不是象迄今所用的基本量和基本单位。

威廉·H. 卫斯特法尔

柏林 37-采仑道夫，1970 年 10 月

第十三版序

要在本版中来个重大修订，似乎不存在任何一个要这样做的理由。只是根据国际上的一些新的推荐，新的德国标准和 1970 年 7 月 1 日生效的德意志联邦“关于测量事宜中单位的法令”（《联邦法令刊报》第 I 部分，1969 年第 55 号），作了一些修改。我特别要提到温度单位的符号现在用开尔芬(K)而不是象迄今所用的度开尔芬($^{\circ}\text{K}$)，分子力学中新的基础量叫做物质质量（以前在本书中称为克粒子数），以及采用基础量和基础单位这些名称而不是象迄今所用的基本量和基本单位。

威廉·H. 卫斯特法尔

柏林 37-采仑道夫，1970 年 10 月

目 录

译者序

第一版序

第十一版序(摘录)

第十三版序

I. 引 论

A. 量和单位系统

1. 量, 数值和单位	1
2. 力学	2
3. 分子力学	4
4. 热学	5
5. 电学	6

B. 关于测量结果的计算, 误差计算

6. 计算方法和计算工具	8
7. 对于微小数值的计算, 简略法则	8
8. 误差来源	9
9. 误差计算的目的	11
10. 最近真值与平均误差	13
11. 复合量的误差	15
12. 整套测量数据的处理	18

C. 物理实验中的一些规则

13. 实验记录	21
14. 实验中的一些要点	23

II. 力 学

实验 1 固体的密度	29
------------------	----

实验 2	弹性模量	33
实验 3	表面张力	40
实验 4	液体的粘滞性	42
实验 5	转动惯量与扭转系数	46
实验 6	切变模量	54
实验 7	秤衡	59
实验 8	天平的灵敏度与摆动周期	65
实验 9	单摆测重力加速度	75
实验 10	耦合摆	82

III. 热学, 分子运动论, 声学

实验 11	比热容的测定	89
实验 12	水的比溶解热和比汽化热	93
实验 13	空气的摩尔热容量	97
实验 14	体积计, 玻意耳-马略特定律	103
实验 15	气体温度计测空气压力系数	108
实验 16	空气密度与湿度	112
实验 17	声学测量	116

IV. 光 学

实验 18	薄透镜的焦距	122
实验 19	厚透镜的焦距与主平面	128
实验 20	放大镜的放大率	133
实验 21	透镜组的焦距与主平面	136
实验 22	显微镜	142
实验 23	显微镜法测量	150
实验 24	棱镜折射率	154
实验 25	光栅法测波长	160
实验 26	牛顿环	165
实验 27	单缝衍射	170
实验 28	偏振面的旋转	173
实验 29	光度测量	179

V. 电 学 与 磁 学

实验 30	安培计、伏特计法测电阻. 电灯的特性曲线	184
实验 31	电桥法测电阻	191
实验 32	电池的内阻和端电压	194
实验 33	热功当量. 电热器的效率	197
实验 34	金属的电阻温度系数	204
实验 35	平衡法测电压和电阻	208
实验 36	电解质的电阻率	210
实验 37	电量计	214
实验 38	电解槽中电场的测量	219
实验 39	电感和电容的测量	226
实验 40	螺线管的磁场和地磁场	230
实验 41	电流计的振动与阻尼	236
实验 42	电流计的灵敏度及其他常数	244
实验 43	高电阻和低电阻的测量	254
实验 44	冲击电流计	258
实验 45	感应圈法测磁场	264
实验 46	电子管特性曲线	269
实验 47	静电计	277
实验 48	普朗克作用量子的测定	284

VI. 核 物 理

实验 49	电离室	289
实验 50	计数管	297

VII. 附 录 与 附 表

附录 I	非阻尼振动和阻尼振动	307
附录 II	圈转式电流计理论	315
附录 III	误差与平衡计算法等方面的证明	324
附表 I	水在 0°C 与 30°C 之间的密度 ρ_w	330
附表 II	水在 -10°C 与 $+30^{\circ}\text{C}$ 之间的蒸汽压 p_w	330

附表 III	水在 680Torr 与 780Torr 之间的沸腾温度 t_b	331
附表 IV	折合到 0°C 的气压计读数	331
附表 V	偏格数折合到圆弧上的换算	332
附表 VI	关于冲击电流计的阻尼振动	332
附表 VII	一些重要数字	333

索引

I. 引 论

A. 量和单位系统

参考卫斯特法尔《物理学》，25/26版 §§ 2, 3; 还有《物理学概念系统基础》

1. 量, 数值和单位

每一物理测量的结果，总是把一个物理量 G 作为一个数值 $\{G\}$ 和一个单位 $[G]$ 的乘积表示出来，因而 $G = \{G\}[G]$ 。单位是所论那个物理量经协商议定的代表，它往往有好几种。然而物理量是一个与单位的选择无关的（不变的）客观实在。如果我们从一个单位 $[G]$ 转换到另一个单位 $[G]'$ ，那末它的数值虽然要相应地由 $\{G\}$ 变为 $\{G\}'$ ，但量本身则保持不变。因而 $G = \{G\}[G] = \{G\}'[G]'$ 。如某一长度，不论它用 $l = 1.500 \text{ m}$ 表示，或者用 $l = 1500 \text{ mm}$ 表示，都完全一样，总是同一个量，不会改变。因此 $\{G\}'/\{G\} = [G]/[G]'$ 。也就是说，单位愈大，数值愈小。

所谓量的种类（量类），指的是无穷多各式各样形式的种类相同的物理量，例如各式各样形式的长度，各式各样形式的时间，各式各样形式的温度，等等。借助于少数几个基础量（基本量），所有其他物理量都可以按照它们的种类用基础量的幂乘积来定义（导出量）。物理学每一部门所必不可少的基础量，其数目可以求出；但选择哪几个作为基础量，则在一定范围内是任意的。基础量不能予以定义，只能通过一定陈述来把它们引进。

相应于基础量，有数目同样多的基础单位。基础单位必须通过量度规范来定义。我们大多用基础量的单位作为基础单位，但并不总是如此。导出量的单位（导出单位）将与这些量相似，用基础单位的幂乘积来定义，而且对于这种乘积还可以加上一个数字因子（大多是一个十的几次方）。如果不是加上一个数字因子，那