

物理实验室常用 仪器原理与使用

郭修义 臧耀臣 编著



山东教育出版社

物理实验室常用仪器 原理与使用

郭修义 臧耀臣 编著

山东教育出版社

1992年·济南

鲁新登字 2 号

物理实验室常用仪器原理与使用

郭修义 臧耀臣 编著

*

山东教育出版社出版

(济南经九路胜利大街)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂潍坊厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 32 开本 11.75 印张 13 插页 248 千字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1,000

ISBN 7—5328—1572—2/G · 1352

定价 5.80 元

前 言

近年来,随着教育事业的发展,人们越来越认识到加强实验教学,加强实验室建设,已成为教育改革的一项重要内容,实验室工作已经引起有关方面的普遍重视。

如众所知,实验室工作的五大要素(人力、财力、物力、时间、信息)之一人力是主要的因素。可以说,在一定的物质条件下,实验室各项工作的优劣,起主要作用的是人的素质与业务技术状况。为此,作为一名实验室工作者和必修实验课的学生,应该对实验室常用仪器有较全面的了解,能够对各项实验中的常用仪器的结构、工作原理、性能指标、使用方法、维护技术等,有较系统的基础知识,以便在实验室的工作中能得心应手地运用这些常用仪器,充分开发常用仪器的使用效益,使其更好地为实验教学开辟更多的途径,完成更多的项目。这正是编写此书的指导思想。

全书共分四篇,第一篇是实验误差与数据处理基本知识;第二篇是力学与热学常用实验仪器;第三篇是电磁学与光学常用实验仪器;第四篇是电子线路常用实验仪器。对这些仪器除了介绍各自的用途、特点、主要技术指标外,还简要讲述了仪器的结构、工作原理,以使读者能对这些常用仪器,从原理上搞通、从结构上搞清,以便真正地、熟练地掌握和运用这些仪器。此外,本书还着重介绍了一些常用仪器的使用方法、维护知识、故障排除,这些都是作为一名实验工作者

所必备的业务素养。为此，本书在编写过程中，对物理实验室常用仪器，进行了适当地选择，将一些多年实践行之有效的经验，进行了归纳和总结，以期广大实验室工作者和从事物理实验的人员有所收益。

编 者

1990年

目 录

第一篇 误差与数据处理基础知识	1
第一章 测量误差与数据处理	3
第一节 测量与误差的基本概念	3
第二节 误差的种类	5
第三节 误差的估算	8
第四节 有效数字及其运算	15
第五节 数据处理	17
第二篇 力学与热学常用实验仪器	23
第二章 数字毫秒计	25
第一节 数字毫秒计的基本原理和结构	25
第二节 数字毫秒计的使用方法	28
第三节 数字毫秒计的扩展——多功能数字 测试仪	29
第三章 气垫导轨	36
第一节 气垫导轨的原理与结构	36
第二节 气垫导轨的调节	38
第三节 气垫导轨的使用与维护	40
第四节 用气垫导轨观测弹簧振子的简谐振动	41
第四章 转动惯量仪	49
第一节 转动惯量仪的构造及原理	49
第二节 转动惯量仪的使用与要求	52

第三节	用转动惯量仪检验平行轴定理·····	53
第五章	三线摆·····	56
第一节	三线摆的构造及原理·····	56
第二节	三线摆的使用与要求·····	60
第六章	光杠杆·····	62
第一节	光杠杆的结构与原理·····	62
第二节	光杠杆的调节·····	65
第三节	用光杠杆测金属杆的线胀系数·····	67
第七章	转筒粘度计·····	70
第一节	转筒粘度计的测量原理·····	70
第二节	转筒粘度计的结构与使用·····	73
第八章	焦利秤·····	78
第一节	焦利秤的结构及校准·····	78
第二节	焦利秤测液体表面张力系数·····	80
第三节	焦利秤验证弹簧振子振动周期 T 与质量 m 的关系·····	82
第九章	扭力天平·····	84
第一节	扭力天平的结构与原理·····	84
第二节	扭力天平测水的表面张力系数·····	86
第十章	福廷式气压计·····	89
第一节	福廷式气压计的原理与结构·····	89
第二节	福廷式气压计的使用及修正·····	91
第十一章	量热器·····	93
第一节	量热器及电量热器的结构·····	93
第二节	量热器的使用及散热图解修正法·····	95
第三节	测量冰的溶解热·····	97

第十二章	热电偶温度计	100
第一节	热电偶的基本原理与定标方法	100
第二节	常用热电偶种类及其性质	103
第十三章	导热系数测定仪	106
第一节	良导体导热系数测定仪	106
第二节	不良导体导热系数测定仪	108
第三节	两种简便导热系数测定仪	110
第三篇	电磁学与光学常用实验仪器	113
第十四章	电表的改装和校正	115
第一节	实验原理	115
第二节	实验方法与要求	122
第十五章	直流单臂电桥	125
第一节	惠斯登电桥的基本原理与结构	125
第二节	直流单臂电桥的使用与维护	129
附 录	QJ45型便携式单臂电桥	132
第十六章	直流双臂电桥	137
第一节	直流双臂电桥的工作原理与结构	137
第二节	直流双臂电桥的使用方法与注意事项	143
第十七章	直流电位差计	145
第一节	电位差计的基本原理	145
第二节	电位差计的结构	148
第三节	电位差计的使用与维护	156
第四节	电位差计的用途	157
附录一	直流电位差计的准确度级别和灵敏度	158
附录二	标准电池	160
第十八章	模拟法描绘静电场	163

第一节	模拟法描绘静电场的原理	163
第二节	实验装置及应用	166
第十九章	灵敏电流计	171
第一节	灵敏电流计的基本原理与结构	171
第二节	灵敏电流计的特性	173
第三节	灵敏电流计的使用	174
附录	指针式检流计	178
第二十章	冲击电流计	179
第一节	冲击电流计的基本原理与结构	179
第二节	利用冲击电流计研究电容器的放电规律	182
第三节	利用冲击电流计测螺旋管磁场	187
第二十一章	实验室常用光源	193
第一节	热辐射光源	193
第二节	气体放电光源	194
第三节	激光光源	200
第四节	固体发光光源	202
第二十二章	薄透镜焦距的测定	204
第一节	实验原理	204
第二节	实验内容	209
第二十三章	分光计	214
第一节	分光计的基本原理与结构	214
第二节	分光计的调整	218
第三节	分光计的使用与维护	221
第二十四章	光度计与照度计	223
第一节	光度计的测量原理与结构	224
第二节	光度计的使用与注意事项	226

第三节	照度计及灯泡发光强度的测定	228
第二十五章	光的干涉	230
第一节	双棱镜干涉	230
第二节	等厚干涉——牛顿环、劈尖	234
第二十六章	迈克尔逊干涉仪	242
第一节	迈克尔逊干涉仪的原理和结构	242
第二节	迈克尔逊干涉仪的使用及注意事项	245
第三节	迈克尔逊干涉仪的应用	246
第二十七章	旋光仪	249
第一节	旋光仪的结构原理	250
第二节	旋光仪的调整与使用	253
第三节	利用旋光仪测定旋光性溶液的旋光率 和浓度	255
第二十八章	全息照相的基本技术	259
第一节	实验原理	259
第二节	实验装置	265
第三节	实验内容	266
附录一	D—19高反差强力显影液配方	268
附录二	F—5酸性坚膜定影液配方	269
第四篇	电子线路常用实验仪器	271
第二十九章	GB—9型电子管毫伏表	273
第一节	电子管毫伏表的方框图、电路图及 工作原理	273
第二节	电子管毫伏表的使用方法	277
第三节	电子管毫伏表主要技术性能	280
第三十章	XFG—7型高频信号发生器	281

第一节	电路图及工作原理	281
第二节	高频信号发生器的使用方法	284
第三节	XFG—7型高频信号发生器的主要技 术性能	288
第三十一章	JT—1型晶体管特性图示仪	290
第一节	JT—1型晶体管特性图示仪的工作原理	290
第二节	图示仪的使用方法	301
第三节	图示仪的应用	308
第四节	JT—1型晶体管图示仪的主要技术性能	318
第三十二章	SR—8型双踪示波器	320
第一节	电路原理	320
第二节	各控制件的作用	337
第三节	SR—8型双踪示波器的使用方法	345
第四节	SR—8型双踪示波器的技术性能	357
附表一	常用物理常数	360
附表二	液体的粘滞系数	360
附表三	20℃时常用金属的杨氏弹性模量	361
附表四	固体的线膨胀系数	362
附表五	海平面上不同纬度处的重力加速度	362
附表六	某些金属和合金的电阻率及其温度系数	363
附表七	不同金属或合金与铂(化学纯)构成热电偶 时的热(温差)电动势(热端在100℃, 冷端 在0℃时)	364
附表八	标准化热电偶	364
附表九	常用光谱灯和激光器的可见谱线波长	365
附表十	干湿球温度计测定空气中实有水蒸气压	366

第一篇

误差与数据处理基础知识

第一章 测量误差与数据处理

物理学是一门实验科学。在物理学实验中，由于是用实验的方法来研究各种物理规律，因此常常需要定量地测量出有关物理量的大小。每一个物理量都是客观存在，在一定的条件下具有不依人的意志为转移的确定的数值，这个客观数值称为该物理量的真值。进行测量是想要获得待测量的真值，但是测量是依据一定的理论和方法，使用一定的仪器，在一定的环境条件下，由一定的人进行的。由于实验理论的近似性，实验仪器灵敏度和分辨能力的局限性，以及环境的不稳定性等因素的影响，待测量的真值是不可能测得的，测量结果和待测量的真值之间总会存在或多或少的差别（即误差）。为此，必须研究它的性质、来源以便采取适当的措施得到最佳的测量结果。

第一节 测量与误差的基本概念

所谓测量，就是将待测量与规定为单位的同类量作比较，求出它是该单位的多少倍。测量可分为直接测量和间接测量两种。

一、直接测量和间接测量

凡使用测量仪器能直接测得结果，如用米尺测量物体的长度，用秒表测量一段时间等，就叫直接测量。另外还有很

多物理量，它们不是用仪器直接测得，而是需要先直接测量另外一些相关的物理量，然后通过这些量间的函数关系，经运算得到结果。如测量某物体的运动速率，是直接测量路程及通过这段路程所用的时间，然后计算得到的。这种测量叫做间接测量。

二、误差

由于仪器的结构不可能完美无缺，一般来说，测量过程都是通过某人，在一定的环境条件下，使用一定的测量仪器进行的，测试者的操作、调整、读数不可能完全准确；环境条件的变化，诸如温度的波动，台桌的振动、电磁辐射的随机变化等，也将不可避免地造成各种干扰。因此，任何测量都不可能做到绝对准确。

在测量中，通常把待测量在一定客观条件下的真实大小称为该量的“真值”，记为 A_0 ；而把某次对它测量得到的值记为 A ，那么 A 与 A_0 间的差，就称为测量误差。通常将

$$\Delta A = A - A_0$$

称为测量的绝对误差。而将

$$E = \frac{\Delta A}{A} \times 100\%$$

称为测量的相对误差。显然，绝对误差与相对误差的大小，反映了测量结果的精确程度。

既然测量的结果，不可避免地存在着误差，那么就必須懂得，在科学实验中如何根据对测量精确度的需要，正确选用合适的测量方法和测量仪器；在测量过程中如何尽量减少误差；在测量结束后如何对测量结果的精确程度作出科学的估计，并正确地表达出来。

第二节 误差的种类

误差的产生有多方面的原因，根据误差的性质及产生的原因，可将误差分为下列几种：

一、过失误差

由测试者的粗心大意或操作者的操作不当所造成的一种人为差错，叫过失误差。例如，看错刻度、读错数值、计算错误等。含有过失误差的测量结果是完全无效的。当确认含有过失误差时，该测量结果应舍弃不用。显然，过失误差是可以避免的。

二、系统误差

在同一条件下，多次测量同一物理量时，测量结果出现固定的偏差，即误差的大小和符号始终保持恒定，或者按某种确定的规律变化，这种误差称为系统误差，它的来源如下：

（一）理论和方法

由于实验所依据的原理不够完善；或者测量所依据的理论公式带有近似性；或者实验条件达不到理论公式所规定的要求所形成的误差。例如，单摆的周期计算公式 $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ 成立的条件是摆角趋于零，而在实验测定周期 T 时，又必然要求有一定的摆角，再加上公式中没有考虑空气浮力和摆线质量的影响等因素，这就决定了测量结果必然存有误差。

（二）仪器和设备

如米尺的实际长度小于 1 米；电表的零点不准，天平不等臂或没调水平等所造成的误差。这是由于测量所用的工具、

仪器和设备本身的缺陷所致。

（三）个人的习惯倾向

由于测试者感觉器官的不完善，或者个人不正确的习惯所造成的误差。如某测试者测量时间按秒表时总是超前或滞后。这种误差往往因人而异，并与测试者当时的心理、生理状况有关。

（四）环境条件的规律变化

由于外界环境因素发生变化，或者测量仪器规定的使用条件没有得到满足所造成的误差。例如，规定应该水平放置的电表，却将它直立着进行测量读数时所造成的误差。

由此可见，系统误差产生的原因往往是可知的，它的出现一般也都是有规律的。因此在实验前，应该对测量中可能产生的系统误差加以充分的分析和估计，并采取必要的措施尽量消除其影响。测量后应该设法估计未能消除的系统误差之值，对测量结果加以修正。

处理系统误差没有普遍适用的规律，要靠测试者的经验、技能、技巧。要发现系统误差，需要从其产生的原因考虑，采用理论分析的方法、对比的方法、分析数据的方法等，进行具体分析和考查。要消除或减少系统误差，除对理论或结果进行修正外，可采用一定的测量方法，如代替法、交换法、对称读数法等；或采用一定的数据处理方法，如作图法、差值法等。这些都是在设计安排实验和做实验的过程中，必须注意考虑的问题。

三、偶然误差

偶然误差主要是由于测量过程中一些偶然的或不确定的因素所引起的。在相同的条件下多次测量同一待测量时，虽