

物理实验手册

何圣静 主编

机械工业出版社

内容简介

本书主要论述力学、热学、电学、磁学、光学与基本物理常数的定量实验及测量方法。此外,还介绍了与物理实验有关的误差理论、量纲分析法及微型计算机在物理实验中的应用。

本书在论述实验技术时,以典型的常规测量方法为主,兼顾新技术在测量中的应用,着重介绍物理实验的设计思路。在编写过程中,曾广泛采集了国内外有关物理量测量方面的信息,吸收其中宝贵的经验和优秀成果。

本书主要供各种类型大专院校的理工科师生参考,也可供中学教师进修提高之用,同时兼顾科技人员在工作中参考选用的需要。尤其对于从事教学仪器研制者来说,将会从本书获得丰富的资料与信息。

物理实验手册

何圣静 主编

*

责任编辑:秦起佑 版式设计:冉晓华

封面设计:郭景云

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄大街24号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

建新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₃₂·印张33·插页2·字数727千字

1989年4月北京第一版·1989年4月北京第一次印刷

印数 0,001—3,700·定价:25.00元

ISBN-7-111-01619-X/TH·277

前 言

物理学是实验科学，它的形成与发展是以实验为基础的。在培养科技人才的教学过程中，物理实验占有极其重要的地位。为了全面总结物理实验教学经验，有助于物理实验教学质量的提高，满足读者的需要，我们组织编写了本书。

本书主要论述力学、热学、电学、磁学、光学与基本物理常数的定量实验，以及与物理实验有关的误差理论和量纲分析法、微型计算机在物理实验中的应用。

本书在论述实验技术时，以典型的常规测量方法为主，兼顾新技术在测量中的应用，着重介绍实验原理、实验仪器、操作要点及误差分析。此外，还结合具体实验介绍了常用的电子仪器、光电器件、光学元件等。

《物理实验手册》编委会成员是：

主 编 何圣静

副主编 刘鑫森 徐 炎 曾贻伟 申世璋 马庆珠
朱世嘉 李化平 万春华

编 委 王兴乃 邢班龙 陈志明 王 庚 刘成林
付光华 温正印 雷培礼 孙德哲 隋志芬
任伟德 孙景春

编写本书的具体分工如下：

绪论 何圣静

第一篇 何圣静 李化平 万春华

第二篇 徐 炎 马庆珠

第三篇 曾贻伟

第四篇 申世璋

第五篇 何圣静

第六篇 刘鑫森 马兴坤

第七篇 何圣静

第八篇 朱世嘉 李世权 张申余 黄俊超 刘 敏

主编负责全书的整理统稿和定稿工作。

在本书的编写过程中承蒙王以炳、杜树槐、查述传、龙传安、陈怀琳等同志对有关篇章进行了审稿，提出了宝贵意见并进行了修改，刘德海同志对第八篇中的程序进行了上机复核。此外，编者还参考了国内外许多大专院校的物理实验教材，吸收其中的宝贵经验和优秀成果。在此一并表示衷心感谢。

由于我们缺乏经验，学术水平有限，漏误之处在所难免，热忱希望广大读者提出批评和建议。

目 录

绪论.....	(1)
---------	-------

第一篇 误差理论与量纲分析

第一章 误差的基本概念.....	(6)
§ 1 误差的定义与表示.....	(6)
§ 2 测量误差的来源和分类.....	(8)
第二章 概率论的基本知识.....	(16)
§ 1 随机现象和随机事件.....	(16)
§ 2 概率的基本运算.....	(19)
§ 3 随机变量及其分布函数.....	(27)
§ 4 随机变量的数字特征.....	(36)
第三章 随机误差.....	(38)
§ 1 随机误差的特征.....	(38)
§ 2 正态分布.....	(39)
§ 3 正态分布的特征值.....	(41)
§ 4 标准差的计算方法.....	(46)
§ 5 随机误差的其它分布.....	(49)
第四章 系统误差.....	(57)
§ 1 系统误差的特征和分类.....	(57)
§ 2 如何发现实验或测量中存在系统误差.....	(60)
§ 3 消除系统误差的方法.....	(68)
§ 4 系统误差已消除的判据.....	(74)
第五章 最小二乘法.....	(77)
§ 1 最小二乘法原理.....	(77)

§ 2	等精度线性组合测量	(79)
§ 3	非等精度的组合测量	(85)
§ 4	回归分析法	(87)
§ 5	作图法	(103)
§ 6	逐差法	(109)
第六章	测量结果的数据处理	(112)
§ 1	直接测量结果的数据处理	(112)
§ 2	间接测量结果的数据处理	(116)
§ 3	测量结果的有效数字	(122)
第七章	量纲分析法	(127)
§ 1	量纲的引入及定义	(127)
§ 2	π 定理	(128)
§ 3	量纲分析法在理论上的应用	(130)
§ 4	量纲分析法在实验中的应用	(135)
§ 5	无量纲结构式与模型实验	(138)
参考文献		(141)

第二篇 力 学

第一章	长度	(142)
§ 1	机械式量具和量仪	(142)
§ 2	光学测量装置	(148)
§ 3	利用光的干涉现象测长度	(153)
§ 4	利用光的衍射现象测长度	(156)
§ 5	激光测距仪	(158)
第二章	质量	(164)
§ 1	用双盘式天平测质量	(165)
§ 2	用置换式天平测质量	(173)
§ 3	用扭力天平测微小质量	(175)
§ 4	用电子天平测质量	(177)

第三章	时间	(180)
§ 1	用机械式秒表计时	(181)
§ 2	数字式毫秒计	(184)
§ 3	原子钟	(189)
§ 4	其它计时方法	(194)
第四章	密度	(198)
§ 1	用流体静力称衡法测密度	(200)
§ 2	用流体静力天平测密度	(204)
§ 3	用比重瓶法测密度	(206)
§ 4	用浮计测密度	(209)
第五章	力值	(211)
§ 1	利用重力测量力值	(212)
§ 2	利用弹性体变形测量力值	(214)
§ 3	传感器测力值	(218)
第六章	速度、加速度	(225)
§ 1	利用冲击摆测速度	(226)
§ 2	利用测量时间及其位移测速度	(228)
§ 3	利用多普勒效应测速度	(230)
§ 4	加速度的测量	(236)
第七章	转动惯量	(240)
§ 1	动力法测转动惯量	(241)
§ 2	扭摆法测转动惯量	(245)
§ 3	复摆法测转动惯量	(248)
第八章	杨氏弹性模量	(250)
§ 1	静态测量法	(251)
§ 2	悬丝耦合振动法	(255)
§ 3	其它测量方法	(260)
第九章	粘度	(266)
§ 1	用毛细管法测粘度	(268)

§ 2	用落球法测粘度	(271)
§ 3	用旋转筒法测粘度	(274)
第十章	重力加速度	(276)
§ 1	用单摆测重力加速度	(279)
§ 2	用可倒摆测重力加速度	(280)
§ 3	用自由落体法测重力加速度	(283)
§ 4	其它测量方法	(287)
第十一章	声速	(291)
§ 1	空气中声速的测量	(291)
§ 2	液体中声速的测量	(296)
§ 3	固体中声速的测量	(300)
参考文献		(304)

第三篇 热 学

第一章	温度	(307)
§ 1	概述	(307)
§ 2	用玻璃液体温度计测温	(310)
§ 3	用气体温度计测温	(314)
§ 4	热电法测温	(317)
§ 5	电阻法测温	(323)
§ 6	辐射法测温	(334)
§ 7	其它测温方法	(339)
第二章	比热容、熔解热和汽化热	(344)
§ 1	概述	(344)
§ 2	混合法	(346)
§ 3	冷却法	(352)
§ 4	物态变化法	(355)
§ 5	电热法	(359)
§ 6	气体比热容的测量	(361)
第三章	气体的定压比热容与定容比热容之比	(367)

§ 1	绝热膨胀(压缩)法	(367)
§ 2	振动法与共振法	(370)
§ 3	声速法	(373)
第四章	热导率	(378)
§ 1	稳态法	(379)
§ 2	动态法	(387)
第五章	压强	(408)
§ 1	概述	(408)
§ 2	液体压力计	(409)
§ 3	无液压力计	(415)
§ 4	真空的测量	(418)
§ 5	真空检漏	(438)
第六章	表面张力	(442)
§ 1	概述	(442)
§ 2	拉脱法	(443)
§ 3	毛细管法	(445)
§ 4	耶格(Jaiger)法	(448)
§ 5	滴重法	(449)
§ 6	扭力天平法	(451)
	参考文献	(453)

第四篇 电 学

第一章	电流	(455)
§ 1	灵敏电流计	(455)
§ 2	安培计法	(462)
§ 3	伏特计法	(470)
§ 4	电流补偿法	(471)
§ 5	用电流-电压变换法测量微电流	(476)
§ 6	用电容充电法测量微电流	(484)

第二章	电压	(485)
§ 1	伏 特 计 法	(485)
§ 2	电位差 计 法	(488)
§ 3	电流比较仪式直流电位差计法	(498)
§ 4	运算放 大 器	(500)
§ 5	交流电子伏特计	(503)
§ 6	示波器法(一) 标尺法	(505)
§ 7	示波器法(二)——直流偏移法	(506)
§ 8	数字伏特计	(508)
第三章	电阻	(512)
§ 1	伏 安 法	(512)
§ 2	串联欧 姆 法	(515)
§ 3	并联欧 姆 法	(518)
§ 4	平衡电 桥 法	(522)
§ 5	非平衡电 桥 法	(528)
§ 6	用伏安法测量低电阻	(531)
§ 7	双 电 桥	(533)
§ 8	用伏安法测量高电阻和绝缘电阻	(538)
§ 9	兆 欧 计	(542)
§ 10	用平衡电桥法测量高电阻	(544)
§ 11	用电容充放电法测量高电阻和绝缘电阻	(546)
§ 12	用四探针法测量导电材料的电阻率	(549)
§ 13	用四探针法测量导电薄膜的方块电阻	(551)
§ 14	用电桥法测量表头内阻	(552)
§ 15	用伏安法测量表头内阻(一)	(553)
§ 16	用伏安法测量表头内阻(二)	(556)
§ 17	线性刻度的欧姆计	(558)
§ 18	有源电桥	(559)
§ 19	测量在线电阻的欧姆计	(561)

§ 20 用比率法的数字欧姆计.....	(565)
第四章 阻抗.....	(566)
§ 1 交流电桥法.....	(568)
§ 2 变量器电桥.....	(580)
§ 3 谐振法(一)——Q表.....	(583)
§ 4 谐振法(二)——高频电感电容测量仪.....	(587)
§ 5 交流伏安法.....	(589)
参考文献.....	(593)

第五篇 磁 学

第一章 磁场.....	(594)
§ 1 冲击法.....	(596)
§ 2 磁通计法.....	(599)
§ 3 旋转线圈法.....	(601)
§ 4 霍耳效应法.....	(602)
§ 5 电子积分器.....	(605)
§ 6 核磁共振磁强计.....	(606)
§ 7 磁通门磁强计.....	(608)
§ 8 光泵磁强计.....	(609)
§ 9 磁光效应磁强计.....	(611)
§ 10 超导量子磁强计.....	(613)
第二章 磁化强度.....	(617)
§ 1 磁秤法.....	(617)
§ 2 感应法.....	(619)
第三章 居里温度.....	(620)
§ 1 M_s - T 曲线法.....	(620)
§ 2 μ_s - T 曲线法.....	(622)
§ 3 感应法.....	(622)
第四章 磁致伸缩.....	(623)

§ 1 应变电阻法	(623)
§ 2 光干涉法	(626)
第五章 动态磁性测量	(628)
§ 1 用示波器法测量动态回线	(630)
§ 2 用仪表法测量交流磁化曲线	(631)
§ 3 用铁磁仪法测量交流磁滞回线	(633)
§ 4 用功率表法测量损耗	(634)
参考文献	(636)

第六篇 光 学

第一章 基本光学仪器和常用光源	(637)
§ 1 光具座	(637)
§ 2 平行光管	(638)
§ 3 丝杆式测微目镜	(639)
§ 4 阿基米德螺旋线式测微目镜	(641)
§ 5 自准直望远镜	(642)
§ 6 测角仪	(648)
§ 7 溴钨灯	(654)
§ 8 汞灯	(655)
§ 9 钠灯	(657)
§ 10 氢放电管	(658)
§ 11 氦灯	(659)
§ 12 氦-氖激光器	(659)
第二章 光学表面面形偏差的检测	(660)
§ 1 玻璃样板法	(660)
§ 2 斐索干涉仪法	(664)
§ 3 泰曼干涉仪法	(666)
第三章 平行差的测量	(669)
§ 1 测角仪法	(669)

§ 2	自准直望远镜法.....	(670)
§ 3	透射反射法.....	(671)
§ 4	斐索干涉仪法.....	(672)
§ 5	泰曼干涉仪法.....	(674)
§ 6	激光点光源法.....	(675)
第四章	曲率半径的测量.....	(678)
§ 1	环形球径仪法.....	(678)
§ 2	自准直望远镜法.....	(679)
§ 3	自准直显微镜法.....	(680)
§ 4	直接法.....	(681)
§ 5	刀口仪法.....	(682)
§ 6	牛顿环法.....	(683)
第五章	棱镜角度的测量.....	(685)
§ 1	自准直法.....	(686)
§ 2	反射法.....	(687)
§ 3	分裂光束法.....	(687)
§ 4	比较法.....	(688)
§ 5	直接法测“光学平行差”.....	(689)
§ 6	泰曼干涉仪法.....	(691)
第六章	焦距的测量.....	(694)
§ 1	自准直法.....	(695)
§ 2	自准直望远镜法.....	(696)
§ 3	自准直法测量长焦距.....	(697)
§ 4	物距象距法.....	(699)
§ 5	物距象距法测长焦距.....	(700)
§ 6	两次成像法.....	(700)
§ 7	利用物体大小及成像角度测焦距.....	(701)
§ 8	不同物距下测透镜的线放大率求焦距.....	(702)
§ 9	焦距仪法.....	(704)

XIV

§ 10	不同象距下测线放大率 求焦距	(706)
§ 11	镜面焦距的测量	(707)
第七章	主点的测量	(708)
§ 1	用焦距仪测量	(708)
§ 2	用节点测量	(709)
§ 3	物距象距法	(710)
第八章	入瞳、出瞳的测量	(712)
§ 1	倍率计法测出瞳	(712)
§ 2	用焦点测入瞳	(713)
第九章	望远镜视场的测量	(713)
§ 1	利用广角平行光管	(714)
§ 2	利用标尺	(714)
第十章	显微镜视放大率的测量	(715)
§ 1	利用专用显微镜	(717)
§ 2	利用半透半反镜	(718)
第十一章	望远镜视放大率的测量	(719)
§ 1	利用公式 $\Gamma = \frac{D}{D'}$ 测量	(721)
§ 2	物象共面法	(722)
第十二章	折射率的测量	(723)
§ 1	最小偏向角法	(723)
§ 2	自准直法	(727)
§ 3	全反射法	(728)
§ 4	V 形棱镜法	(732)
§ 5	浸液法	(737)
§ 6	干涉法	(743)
第十三章	色散系数的测量	(748)
第十四章	双折射的测量	(753)
§ 1	双折射现象	(753)

§ 2 双折射的测量	(754)
第十五章 旋光率的测量	(755)
§ 1 旋光现象	(755)
§ 2 物质的旋光率	(756)
§ 3 半影旋光计	(758)
第十六章 偏振光的测量	(759)
§ 1 偏振器	(759)
§ 2 椭圆偏振光与圆偏振光	(767)
§ 3 半波片和四分之一波片	(771)
§ 4 偏振光的实验检定	(772)
§ 5 偏振光的干涉	(774)
第十七章 偏振度的测量	(776)
§ 1 偏振度	(776)
§ 2 偏振度的测量	(777)
第十八章 光辐射探测器	(778)
§ 1 辐射热电偶和热电堆	(779)
§ 2 热释电探测器	(780)
§ 3 光电管	(780)
§ 4 光电倍增管	(782)
§ 5 光电池	(786)
§ 6 光敏二极管	(789)
§ 7 光敏三极管	(791)
第十九章 标准光源和绝对辐射计	(792)
§ 1 黑体辐射器	(793)
§ 2 电校准绝对辐射计	(795)
§ 3 自校准硅光电二极管	(797)
§ 4 光谱辐射亮度标准灯	(798)
§ 5 光谱辐射照度标准灯	(802)
§ 6 光强度标准灯	(805)

§ 7 总光通量标准灯.....	(808)
第二十章 辐射照度的测量.....	(810)
§ 1 比较测量法.....	(810)
§ 2 绝对辐射计法.....	(811)
第二十一章 光源的光谱辐射量的测量.....	(812)
§ 1 替代法测连续光谱.....	(812)
§ 2 光谱辐射法测线光谱.....	(813)
§ 3 逐点面积法测线光谱.....	(815)
§ 4 半宽度面积法测线光谱.....	(815)
第二十二章 光电探测器的光谱响应的测量.....	(816)
§ 1 热电堆法.....	(817)
§ 2 光谱辐射标准灯法.....	(819)
§ 3 标准探测器法.....	(821)
第二十三章 激光功率和能量的测量.....	(821)
§ 1 激光小功率计.....	(822)
§ 2 激光小能量计.....	(825)
第二十四章 光强度的测量.....	(826)
§ 1 目视光度法.....	(828)
§ 2 物理光度法.....	(830)
§ 3 光谱光度法.....	(830)
第二十五章 光照度的测量.....	(831)
§ 1 目视光度法.....	(831)
§ 2 照度计.....	(831)
第二十六章 光通量的测量.....	(833)
§ 1 球形光度计测光通量.....	(833)
§ 2 分布光度计测光通量.....	(835)
第二十七章 光亮度的测量.....	(839)
§ 1 直接式.....	(839)
§ 2 透镜式.....	(840)

§ 3 亮度计.....	(841)
第二十八章 色温的测量.....	(842)
§ 1 色度图法.....	(842)
§ 2 双色法	(843)
第二十九章 反射比和透射比的测量.....	(845)
§ 1 积分球法.....	(847)
§ 2 辅助反射镜法.....	(849)
§ 3 双光路比较法.....	(950)
§ 4 光谱透射比和反射比的测量.....	(851)
参考文献.....	(852)

第七篇 基本物理常数

第一章 概述.....	(854)
§ 1 基本物理常数的物理意义.....	(854)
§ 2 基本物理常数精密测量的进展.....	(855)
§ 3 利用基本物理常数建立计量的基准.....	(864)
第二章 真空中光速 (C)	(868)
§ 1 直接法.....	(870)
§ 2 间接法.....	(870)
§ 3 几种近代较重要的方法.....	(872)
§ 4 方法的改进途径.....	(875)
第三章 引力常数 (G)	(879)
§ 1 概述	(880)
§ 2 卡文迪许的扭秤实验.....	(881)
§ 3 静力学法.....	(884)
第四章 阿伏伽德罗常数 (N_A)	(885)
§ 1 概述	(885)
§ 2 佩兰实验.....	(886)
§ 3 卡普勒实验.....	(887)
§ 4 精密测量法.....	(887)