

物理实验

昆明工学院物理实验室编

西南师范大学出版社

物 理 实 验

昆明工学院物理实验室

一九八七年·重庆

物 理 实 验

昆明工学院物理实验室

西南师范大学出版社出版

(重庆 北碚)

新华书店重庆发行所经销

达县新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 13 字数: 282千

1989年5月第一版

1989年5月第1次印刷

印数: 1—7,000

*

ISBN 7-5621-0112-4/O·8

定价: 3.40元

前 言

本教材是在昆明工学院《物理实验》讲义的基础上改编写成的，是实验室的教师和全体工作人员多年教学经验积累的成果。这次改编依据物理实验课程教学指导小组1986年10月所制定的教学基本要求，并基于我院实验室的具体条件和今后的发展方向，对原讲义作了较大幅度的修改。

全书包含47个实验，恰当地安排了力、热、电、光各部分内容，其中还有些实验并列了两种以上的测量装置和方法，除保证有足够的基本实验内容外，还有一定数量难度较大的以及近代和综合性实验，给学生和教师有较宽的选择余地，可以根据需要和可能安排实验，以便在奠定了良好的实验基础后，拓宽知识面、增强能力。

本书实验原理的叙述力求严谨，对仪器结构和使用方法的说明比较具体细致，以便学生阅读后较容易明确使用方法。附录中列出了常用仪表的说明和必要的数 据 表，查阅较方便。为了适应一般院校学生使用，本书中的实验步骤比较详尽，数据处理和表格都较明晰。

实验数据处理和误差分析是物理实验课的基本训练内容，本书除在绪论部份作了系统论述外，还在各实验中作了具体要求，并循序渐进，逐步提高，安排了少数用线性回归

法处理数据和由学生自拟处理方法的内容。

本书在编写和修改过程中，参阅了北京大学、大连工学院、华中工学院等兄弟院校的实验讲义，并结合我院的条件和特点引进，使我们的教材得以充实完善。

这次修改工作由于永香同志执笔，综合历年来使用原讲义过程中大家所发现的问题和意见，作了十分细致的修改增删，并绘制了绝大部分插图，使全书风格统一、安排合理、理论较严谨。本书由张达宗教授主审，陈怀秀、张侠辅、林华芳、李行一参加了审阅和修改定稿工作，还有张鸣鹤、王家贤、吴保枢、赵体华、管一弘、魏静芬、李美兰、周毓华、宋晓玲、魏殿臣、刘明春等实验室的教师和工作人员参加了抄稿、描图等工作。

20多年来在物理室工作过的教师钱立铎、袁长寿、董勋德、王文楷等同志曾编写过实验讲义、筹备了一些新实验，为本书的编写提供了基础，在此表示衷心的感谢。

目 录

物理实验守则.....	(1)
绪论.....	(3)
实验误差与数据处理	(7)
实验 1 长度测量.....	(38)
实验 2 固体密度的测定.....	(47)
一、流体静力称量法测固体密度.....	(47)
二、用比重瓶法测物体的密度.....	(52)
实验 3 在气轨上研究直线运动.....	(57)
实验 4 用自由落体测定重力加速度.....	(65)
实验 5 金属材料杨氏模量的测定.....	(70)
一、拉伸法测金属丝的杨氏模量.....	(70)
二、用梁的弯曲法测杨氏模量.....	(78)
实验 6 转动惯量的测定.....	(82)
一、用扭摆法测定转动惯量.....	(82)
二、用三线摆测定物体的转动惯量.....	(87)
实验 7 液体粘滞系数的测定.....	(94)
一、用斯托克斯公式测定液体的粘滞系数.....	(94)
二、用匀速转动法测定液体的粘滞系数.....	(97)
实验 8 测定冰的熔解热	(103)
实验 9 用混合法测定金属的比热容	(109)

实验 10	测定金属的线膨胀系数.....	(114)
实验 11	金属导热系数的测定.....	(120)
实验 12	测定空气的比热容比.....	(125)

电磁学实验的基础知识 (130)

实验 13	用模拟法测绘静电场.....	(139)
实验 14	伏安法测电阻.....	(143)
实验 15	测绘晶体二极管的伏安特性曲线.....	(148)
实验 16	电表的改装和校准.....	(152)
实验 17	万用电表的认识和使用.....	(162)
实验 18	用惠斯登电桥测电阻.....	(170)
实验 19	用电位差计测电动势.....	(179)
实验 20	温差热电偶的校准.....	(185)
实验 21	用霍耳元件测量通电螺线管轴向 磁场分布.....	(190)
实验 22	地磁场水平分量的测定.....	(198)
实验 23	示波器的认识和使用.....	(203)
实验 24	空气中声速的测定.....	(213)
实验 25	弦振动.....	(218)

光学实验前言 (223)

实验 26	薄透镜焦距的测定.....	(225)
实验 27	望远镜及显微镜放大率的测定.....	(232)
实验 28	分光计的调整及棱镜顶角的测定.....	(240)
实验 29	固体和液体折射率的测定.....	(246)

一、用读数显微镜测透明物质的折射率 (246)

二、用极限偏转角法测固体和液体折射率	… (249)
三、用最小偏向角法测定固体和液体折射率	… (252)
实验 30 等厚干涉	(255)
一、牛顿环	(255)
二、劈尖	(260)
实验 31 衍射光栅	(264)
实验 32 光的偏振	(269)
实验 33 原子光谱	(276)
实验 34 光电效应	(279)
实验 35 照相技术	(284)
实验 36 表面张力系数的测定	(291)
一、用拉脱法测液体表面张力系数	(291)
二、用毛细管法测液体表面张力系数	(298)
实验 37 用电流量热器法测定液体的比热容	(302)
实验 38 用双电桥测低电阻	(306)
实验 39 用电位差计校准精密电表	(314)
实验 40 磁电式灵敏电流计的特性和使用	(319)
实验 41 用冲击电流计测电容	(326)
实验 42 电子束实验	(333)
一、电子束的电偏转	(333)
二、电子束的磁偏转	(340)
三、电子束的磁聚焦与电子荷质比的测量	(344)
实验 43 微波分光计	(352)
实验 44 迈克耳逊干涉仪	(360)
实验 45 光谱定性分析	(366)
实验 46 全息照相	(376)

实验 47	全息光栅	(385)
附录 1	标准电池	(390)
附录 2	箱式电位差计	(391)
附录 3	放大机与曝光箱	(394)
附录 4	普通照相与全息照相显影、定影、漂液配方	(396)
附录 5	低频信号发生器	(398)
附表 1	不同温度下水的密度	(399)
附表 2	在20℃时常用固体和液体的密度	(400)
附表 3	固体的线膨胀系数	(401)
附表 4	液体的比热容	(402)
附表 5	在20℃时跟空气接触的液体表面张力系数	(402)
附表 6	在不同温度下跟空气接触的水的表面张力系数	(403)
附表 7	不同温度时水的粘滞系数	(403)
附表 8	液体的粘滞系数	(404)
附表 9	某些金属和合金的电阻率及其温度系数	(404)
附表 10	镍铬-镍硅(镍铬-镍铝)热电偶热电势值	(405)
附表 11	铂铑(10%铑)-铂温差电偶热电势值	(406)
附表 12	铂热电阻(BA1)电阻值与温度关系	(406)
附表 13	在常温下某些物质相对于空气的折射率	(407)

物理实验守则

1. 每次实验，在课前必须认真阅读教材，了解实验原理，并写好预习报告。

2. 按时到达实验室。首先清点仪器和附件，合理地布置仪器，并作必要的调试和校正。

3. 在实验过程中，既要求独立地分析问题和解决问题，又要虚心听取指导教师交待。要求专心地、严肃地作实验，不做与实验无关的事，保持实验室的安静、清洁。

4. 按照实验讲义所提要求，作出科学的实事求是的观测和记录，切忌草率从事或想当然地在数据表格中填写出一些非实验所得值。

5. 严格按照仪器操作规程进行实验。爱护国家财物，节约原材料。凡是用电的实验，联接好电路后，待教师检查，经允许后方可接通电源开关。观测结束后要及时断开电源。对于光学实验，所用各种玻璃精密元件（透镜、棱镜、反射镜等）如有灰尘，要用特备的擦镜纸擦拭，切忌用手或普通纸擦拭。

6. 实验观测和记录完成后，整理数据，进行计算，将结果交教师查看，如合格就可以在预习报告基础上完成实验报告，否则必须重作实验或计算。写实验报告必须力求字迹工整，作图要用直尺、三角板、圆规等简易文具，切忌凭手画图和画表格。

7. 在实验的整个过程中都要注意安全，如发现问题，应及时报告教师。遇到损坏仪器情况，要填写“仪器损坏登

记表”，由教师签字后交实验室负责同志酌情处理。

8. 在交实验报告之前，断电、断水，将仪器按原样收检好，临时借用的仪器、工具交还教师，最后将实验报告交指导教师，方可离开实验室。

绪 论

一、物理实验课的地位和作用

物理学本质上是一门实验科学。回顾物理学发展史，可以看到物理学理论的建立和发展始终是与物理实验紧密联系着的。物理学所有研究成果都是理论与实践密切结合的结果。物理学的理论之所以称之为理论，就是因为它是大量的实验事实为基础建立起来并为无数的实验所证实。实践是检验真理的唯一标准。物理学理论的进一步发展也有赖于实验技术水平的发展和提高。实验和理论分析都是科学研究的必要手段。所以物理实验课和物理学理论课一样，是一门重要的基础课。

为了培养学生从事科学研究和处理工程技术问题的能力，学生在校期间必须接受系统的科学实验的基本训练。物理实验则是系统的科学实验的开端和后续实验的基础。应该认识到物理实验不仅是验证已学过的理论知识，也要认识到它的一些实验设计指导思想、实验方法、手段也具有基本的应用价值。

二、物理实验的主要目的

物理实验课作为一门基础课，它的教学目的的主要是：

1. 学习并掌握物理实验的基本知识、基本原理、基本方法和基本实验技能(包括要求的精确度、合理选择实验仪器、明确实验原理、了解仪器的构造原理和使用方法,正确地记录数据并用科学方法分析和处理实验数据,写出合格的实验报告等),培养学生独立进行实验的能力和判断处理问题的能力。

2. 通过物理实验加深对物理学理论的理解。培养学生理论与实践相结合的能力。

3. 培养严谨的实事求是严肃认真的科学作风、善于发现问题的能力和严格细致的实验室工作习惯。既能独立工作又能善于合作、协同攻关,既能动脑又能动手。培养爱护国家财物的优良品德。

三、物理实验的程序和要求

物理实验是在人为条件下使某一物理现象反复发生从而加以观测和研究,最后找出规律性的过程。测量常用物理量是物理实验最基本的工作。物理实验通常都要研究一物理量随其它几个物理量变化的规律。物理实验的基本程序如下:

1. 实验前的预习

由于每次实验的时间很有限,只能就个别问题进行一些必要的讨论和说明,大部分时间只能用来熟悉仪器和测量数据。所以在实验前应该按要求进行预习。预习时要弄清实验目的、要求、实验原理、仪器构造原理和使用方法、整个实验过程的操作步骤,要抓住实验的关键以及可能出现的问题。在弄清实验讲义基础上写出预习报告,并列待测数据

表格。某些实验预习可到实验室面对实验装置进行。切不可简单抄写讲义。

2. 进行实验

按规定时间进入实验室，首先听取教师的解说和要求，然后熟悉仪器，了解仪器的工作原理、用法以及规格性能。正确地安排仪器，调整仪器，使仪器处于良好的工作状态，进行初测并熟悉测量过程、范围和粗略的变化规律，然后进行正式测量。

数据表格要根据实验要求设计得既合理又留有余地。预习报告力求整洁。测量时要特别仔细认真，不可草率从事。对测量数据要实事求是，不可伪造或任意改动，测量结果经教师认可后才能结束实验，如不合格，必须重做。

3. 填写实验报告和处理数据

实验报告是一次实验的全面总结和凭证。要求字迹端正、清洁、整齐。数据、图表规矩正确。要简明、完整、真实地表达出实验结果。运算要正确无误，讨论问题要尽可能的深刻全面。

完整的实验报告要包括以下几部分：

实验名称_____

系别_____；专业_____；组别_____；姓名_____；

日期_____

〔目的〕_____

〔仪器用具〕_____

〔原理〕 简明扼要的叙述，列出主要运算公式，并画出原理示意图。

〔实验内容及步骤〕 不可照抄，可以摘要。

〔数据及处理〕 原始数据以及经过整理的数据填入预习时画好的表格内。按照误差理论和有效数字规则进行计算。

〔分析讨论或回答思考问题〕

实验误差与数据处理

一. 测量与误差

(一)测量 物理实验总离不开对物理量进行测量。所以测量是物理实验的基本过程。所谓测量就是确定物理量值的过程。一般是将待测物理量与规定作为单位的同类物理量进行直接或间接比较,其倍数就是待测物理量的值。

按照方式的不同测量可以分为直接测量和间接测量。

能从使用的仪器仪表上直接读出待测物理量值的测量称为直接测量。例如:用米尺、游标卡尺、螺旋测微计测量物体长度,用天平称量物体质量,用电流表和电压表测量电流、电压等都是直接测量。

凡是在进行若干直接测量后,还要将这些直接测量结果代入物理公式,经计算后才能得到结果的测量称为间接测量。例如:要测一金属圆柱体的密度,可以使用长度测量仪器先测出该圆柱体的高 h 和直径 d ,再用天平称衡出它的质量 M ,那么,圆柱体的密度 ρ 便可由公式 $\rho = \frac{4M}{\pi d^2 h}$ 算出。物理实验中大部分是间接测量。但是,直接测量是最基本的测量。

按照测量过程中物理量的状态,测量可以分为静态测量和动态测量。静态测量是指测量过程中待测物理量是不变的,或者在相当程度上可以认为是不变的。例如通常的物体长度测量和质量测量就是静态测量。动态测量是指在测量过

程中待测物理量是随时间变化着的，又称为过程测量。例如，测量一飞行体到测量者的距离，测量加热过程中各时刻物体的温度。物理实验中的测量绝大多数是静态测量。

按照测量过程中仪器仪表的状态和条件，测量还可分为等精度测量和不等精度测量。例如，用米尺几次测量同一物体长度，则各次测量是等精度测量。而一物体长度第一次用米尺测量，第二次用游标卡尺测量，两次测量则为不等精度测量，物理实验中大部分测量为等精度测量。

(二)误差 在测量过程中，由于仪器仪表的不可避免的缺陷，实验条件的波动以及被测物理量的明确程度等的限制，测量值不可能与被测物理量的真值完全一样，总是存在不同程度的偏离。真值 N 与测量值 N' 的差值 $\Delta N = N - N'$ 称为误差。它可能取正值也可能取负值，“+”“-”称为误差的符号，其绝对值称为误差的大小。误差存在于一切测量之中，贯穿于实验过程的始终。误差愈小，测量的精确度愈高。我们任何测量者都希望测量的误差愈小愈好，所以测量的过程也是同误差作斗争的过程。

不同类型的测量，误差出现的规律有所不同。测量的分类有利于对误差的分析。误差依其来源和性质可以分为系统误差、偶然误差和过失误差。

1. 系统误差

在一定条件下进行的一系列测量，如果各次测量的误差的大小和符号保持常值或按一定规律变化，则此种误差称为“系统误差”。它的来源有以下几个方面：

(1) 仪器误差 仪器不完善而产生的误差。这是由于仪器的缺陷或没有按照规定的条件使用而产生的。例如，仪