



普通高等教育“十三五”规划教材

● 公共基础课系列

大学物理实验

赵雪政 陈建◎主编

DAXUE WULI
SHIYAN



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

十三五 普通高等教育“十三五”规划教材

● 公共基础课系列

大学物理实验

赵雪政 陈建◎主编

DAXUE WULI
SHIYAN



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/赵雪政, 陈建主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2016. 8

普通高等教育“十三五”规划教材公共基础课系列

ISBN 978-7-303-20528-8

I. ①大… II. ①赵… ②陈… III. ①物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 182975 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 <http://jsws.bnupg.com>
电子邮箱 kjjg@bnupg.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 787 mm×1092 mm 1/16
印 张: 10.5
字 数: 245 千字
版 次: 2016 年 8 月第 1 版
印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷
定 价: 25.00 元

策划编辑: 周光明 责任编辑: 周光明
美术编辑: 刘 超 装帧设计: 刘 超
责任校对: 赵非非 责任印制: 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-62979006-8006

前言

我国高等教育的迅速发展,为培养与市场需求和生产实践紧密相连的技术应用型紧缺人才做出了很大的贡献。

物理实验是科学实验的重要组成部分,在科学技术的发展和人才培养中有着独特的作用 and 意义。物理实验中的研究方法、观察和分析手段、各种常规与精密的仪器设备的使用在现代科学与工程实践中均具有很大的普适性、综合性和多样性,是现代工程技术人员必备知识结构和职业能力的重要组成部分。

在教材的编写过程中,我们继续保持了物理实验核心内容的科学性、系统性和完整性,同时考虑到应用型人才培养的特点,教材的编写重心相应向下述几方面作了适当调整:

(1)实验内容定位在那些相对稳定,又具有迁移价值,且能长期起作用的核心知识。重点强化了电类实验的选择,即使是力学实验也使用了光电计时或传感器技术。

(2)基于我们的教学对象是工程第一线工作的后备技术人才,因此,我们“以就业为导向,坚持必需够用”和“掌握概念、强化应用”的原则,使学生通过物理实验,初步掌握物理实验的基本思想、基本技能和基本方法。

(3)在选择好实验内容的基础上,我们对实验的基础知识和预备知识作了简要介绍。比如:测量、误差、有效数字等基本概念,实验数据的处理以及实验的基本方法等,这些知识既可讲述,也可作为学生自学参考。

(4)在编写过程中,我们尽可能在实验原理前安排一段引言,主要反映该实验的历史背景、实验的方法或实验技术在工程实践中的实际意义,实际所观测的物理量的重要价值等。

(5)作为与教育部“十二五”职业教育国家规划教材“电类基础课”《大学物理》配套的专业基础课,我们力争做到既与内容相呼应,又具有相对独立性,引导学生用心、用脑、用手去学习,使学生的观察能力、思维能力、分析与解决问题的能力得到系统的训练,为将来的就业能力培养打下良好的基础。



本教材在编写过程中，得到了北京师范大学出版社的大力支持，同时参考了当今实验教学和实验仪器的最新研究成果。在此，向那些奋战在教学、科研第一线的老教授、青年专家致敬。

由于编者水平有限，教材中难免有不妥之处，敬请读者批评指正，以利于我们作进一步修订。

编 者

2016年5月于瓷都景德镇

目 录

第 1 章 绪 论	(1)	实验 5.6 用惠斯通电桥测量 电阻	(49)
1.1 物理实验的地位、作用、 任务和要求	(1)	实验 5.7 模拟法描绘静电场	(55)
1.2 物理实验的教学环节	(2)	实验 5.8 多用电表(万用表) 的使用	(59)
1.3 物理实验与创新素质	(4)	实验 5.9 制流电路与分压电路	(62)
第 2 章 测量与测量方法	(5)	实验 5.10 示波器的工作原理 与使用	(66)
2.1 测量及分类	(5)	实验 5.11 电学元件的伏安特性 曲线的测绘	(71)
2.2 测量方法	(5)	实验 5.12 气垫导轨上弹簧振子的 简谐振动	(74)
第 3 章 误差与数据处理	(10)	实验 5.13 薄透镜焦距的测定	(76)
3.1 误差及分类	(10)	实验 5.14 干涉法测透镜的曲率 半径	(81)
3.2 误差的处理	(11)	第 6 章 应用提高性实验	(86)
3.3 有效数字及运算	(12)	实验 6.15 金属丝杨氏模量的 测定	(86)
3.4 数据处理的基本方法	(14)	实验 6.16 电表的改装和校准	(91)
第 4 章 测量不确定度简介	(18)	实验 6.17 利用霍尔效应测磁场	(95)
4.1 测量不确定度及分类	(18)	实验 6.18 测量交流电路功率	(101)
4.2 测量不确定度的表达	(19)		
4.3 实验测量结果的表示	(20)		
第 5 章 基础性实验	(22)		
实验 5.1 单摆法测定重力 加速度	(22)		
实验 5.2 气垫导轨上测滑块的 速度和加速度	(24)		
实验 5.3 刚体转动惯量的 测定	(29)		
实验 5.4 电学实验基本知识	(33)		
实验 5.5 用电位差计测量 电动势	(43)		



实验 6.19 电子束的电偏转
研究 (106)

实验 6.20 迈克耳逊干涉仪的
应用 (111)

实验 6.21 声速的测量 (116)

实验 6.22 灵敏电流计的使用
..... (126)

第 7 章 传感器在物理实验中的 使用 (131)

实验 7.1 新型焦利氏秤实验
..... (132)

实验 7.2 金属线膨胀系数的
测量 (136)

实验 7.3 用霍尔位置传感器测定
金属的杨氏模量
..... (140)

第 8 章 计算机在物理实验中的 应用简介 (147)

8.1 计算机进行数据处理
..... (148)

8.2 计算机实时采集数据及
数据处理 (152)

8.3 计算机对实验过程的
实时控制 (154)

8.4 计算机仿真实验 (154)

附 录 (157)

第1章 绪论

1.1 物理实验的地位、作用、任务和要求

科学实验是研究自然规律与改造客观世界的基本手段,是知识创新的源头,任何新的科学知识都来源于实验,没有实验就没有创新。

物理学的理论,就是通过观察、实验、抽象、假设等研究方法,并通过实验的检验而建立起来的。

物理实验是人们按照一定的研究目的,借助特定的仪器设备,人为地控制或模拟自然现象,使自然现象以比较纯粹或典型的形式表现出来,进而对其反复进行测试,探索其内部规律的过程。

在物理学的发展史上,无论是物理规律的发现,还是物理理论的验证,都要有待于实验。实验是物理理论演变、发展的动力,是理论付诸于应用的桥梁。当然,科学实验既是理论研究活动的基础,又离不开理论的指导。实验研究课题的选择,实验的构思和设计,实验方法的确定,实验数据的处理,以及由实验结果中提出的科学假设和科学结论等,都始终受理论所支配。

总之,我们要树立实验第一的思想,实验检验理论,实验在理论之先。

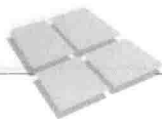
物理实验课程是学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修的实验基础课程,是学生进入学校学习后系统地接受实验方法和技能训练的第一门实验课程。它为学生学习后续课程的实验和进行工程实验打下必要的基础,也可培养学生用实验的方法增强发现问题、分析和解决问题的能力。

我们现在实验教学中包含的全部实验项目都是前人已经完成了的科研成果,物理实验教学的要求就是通过亲历这些实验对大学生进行基本实践能力和基本科学素养的训练和培养,为大学生在今后从事科学研究与工程实践的具体工作中,能够有创造性地实现自身和事业的发展打下坚实的基础。

物理实验课程的内涵十分丰富,包含的知识面和信息量,以及基本的训练内容都很广,除物理基础知识外,还涉及数学、误差理论和计算机科学等方面的知识。作为基础教学的物理实验,它不同于科学实验,一般都是一些较为成熟的实验,以教学为目的,传授知识,培养人才。

综上所述,物理实验的基本任务是:

(1)掌握基本知识。通过实验现象的观察、分析及对物理量的测量,学习并掌握基本实验方法、基本实验技能及实验基础理论,了解物理实验的新技术与新知识。



(2)拓展综合能力。通过物理实验,培养良好的观察习惯,提高综合实验能力与实验设计能力,进而提高运用实验方法来判断结果的准确性和总结规律的能力。

(3)培养创新素质。通过物理实验的各个教学环节,培养学生的创新素质、科学思维方式、实事求是的科学态度、严谨的工作作风,以及刻苦钻研与团结协作的精神。

物理实验的教学基本要求是:

(1)基本素质要求。

①在整个实验教学过程中,应自觉遵守各项实验规则。

②必须完成规定的实验,以经历实验教学中各环节的基本训练。

③能借助一定的计算工具,进行实验数据的规范处理。

④能撰写合格的实验报告。

⑤培养独立操作能力的同时,强调团结协作精神。

(2)基本实验技能及实验方法要求。

①借助实验教材、仪器说明书等资料能够调试常用仪器和实验装置,并掌握一系列操作的基本技术。

②了解一系列常用仪器和装置的性能,并学会使用方法。

③能够对常用物理量进行一般测量,并做出相关误差分析。

④了解比较法、放大法、模拟法、干涉法、补偿法等常用的测量方法。

⑤理解测量误差的基础知识,并具有处理实验数据的初步能力。

1.2 物理实验的教学环节

要完成一个物理实验的教与学,一般可分为课前预习、实验操作与观测记录和写实验报告三个环节。

1.2.1 课前预习

预习是上好物理实验课的基础和前提。没有预习,可以听好一堂理论课,但绝不可能上好一堂实验课。预习就是仔细阅读教材,了解实验的目的和要掌握的知识要点,以及应用到的实验原理、方法和仪器设备,了解实验内容及操作步骤。通过预习,学生应对将要做的实验有一个大致了解,写好预习报告(包括实验目的、原理、步骤、电路或光路图及数据记录表格等),有些实验光看教材还不够,有条件的可以查阅参考资料或到实验室看一下实验仪器设备情况(也可借阅说明书),有些实验仪器更新较快,教师应提前告知学生某个实验仪器的更新情况,以便更好地预习。通过预习,学生还可以预测实验中可能出现的问题,经过思考、讨论,可以减少实验中的失误,提高实验效率,做到集中注意力解决实验中的主要矛盾。特别是电学实验,涉及用电安全,预习的重要性显得尤其突出。

有条件的学校,可以在校园网上借助计算机辅助教学软件进行相关内容的仿真

实验操作,预习的效果就更好。通过预习,可以使教与学双方很快地进入实验操作环节。

1.2.2 实验操作与观测记录

实验操作是整个实验教学中的最重要的一个环节,进入实验的操作前,必须了解实验室的规章制度,特别是电学实验室,要严格按照操作规程进行,以免发生安全事故,确保人身安全和仪器设备的安全。

这个环节中,学生在教师的指导下独立地进行仪器的正确安装和调试、各种实验现象的观察、实验原始测量数据的真实完整记录。为此,要注意以下几个方面的问题:

(1)掌握“三先三后”的原则,即先观察后测量;先练习后测量;先粗测后细测。

(2)注意“三基”,即实验的基本知识、基本方法和基本技能。要抓住重点,在实验中,不仅要动手而且要动脑,学到从实践中发现问题、分析问题和解决问题的真功夫。

(3)要在观察现象中掌握实验的真谛。在观察现象的同时,认真记录实验数据,必须树立求真、求实的科学态度,决不可任意伪造或篡改数据。这是一个科学工作者和工程技术人员的基本道德素养。

真实完整的实验数据,反映该实验的效果和学生实验的收获,数据的好坏直接影响测量结果,因此,必须进行数据处理,并以实验报告的形式表达出来。

1.2.3 写实验报告

写出合格的实验报告是物理实验课程所应承担的具体的培养训练工作之一,是学生实验情况的结果反映,是对学生的综合思维能力、文字表达能力和数据处理能力的训练过程。学生这些能力的大小将直接影响将来在科学和工程实践中的工作能力和业绩。

一份完整的实验报告应包含以下内容:

(1)实验名称。

(2)实验目的。

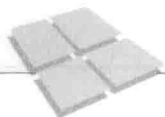
(3)实验仪器(包括型号、规格、技术参数等)。

(4)实验原理。尽可能用自己的语言简明阐述实验的理论依据(包括基本关系式,必要的电路、光路的简图)。

(5)实验步骤。概括地写出实验进行的主要过程。

(6)实验数据处理与误差分析(包括实验数据的原始真实记录)。不仅要得出实验结果,还要对数据的好坏进行分析、处理,对误差的来源及改进方法进行讨论,对实验中有关现象进行分析、解释,对有关问题进行思考等。

综上所述,通过实验报告,我们应能真实地得到整个实验的全部信息。



1.3 物理实验与创新素质

实验是检验科学理论的基本手段,只有实验与科学理论相结合,才会产生种种不同类型的科学技术。

在物理实验的各个教与学的环节中,对培养学生的科学素养,提高学生的创新思维与创新能力都很有益处。首先,在实验现象的观察中,能够培养观察能力,在观察中感觉物理现象的奇妙,引发科学的思维和科学发现。因此,创新素质首先来源于对事物的科学观察,在观察中,不断有所发现,有所创造。

在实验操作过程中,为了得到精确的实验数据,我们就要不断采用最新的测量手段、测量仪器和测量方法。创新的方法和手段往往意味着科学上的重大发现的诞生。从1901年到2001年的百年诺贝尔物理学奖中,有1/3以上是授予在测量技术和方法上有重大创新的物理学家。

在实验数据的处理与实验结果总结中,要找出事物之间的定量、定性关系,那么,科学的治学态度、创新的实验方法和手段就显得特别重要。当实验结果与所依据的理论出现差异和矛盾时,就要想办法提出新的实验思路,设计新的实验来解决新的问题。这就要求学生有一种发展思维、发散思维,提出与众不同的观点,因此学生要重点培养自己在总结实验过程中提出一些新观点的能力。

物理实验的整个过程,是学生学习科学知识的过程,是学生培养能力的过程,是学生科学观点、科学精神养成的过程,更是一个不断进取、不断创新、不断创造的过程。

第2章 测量与测量方法

2.1 测量及分类

测量是指为确定被测量对象的量值而进行的被测物与仪器相比较的实验过程。

例如,一桌子的长度与米尺相比,得出桌子的长度为 1.208 m,一铜块的质量与砝码相比(通过天平),得出铜块质量为 52.88 g。

测量可分为直接测量和间接测量。直接测量是指被测量与仪器直接比较,得出被测量量值的测量。上述两例均为直接测量。

间接测量是指由一个或几个直接测得量经已知函数关系计算出被测量量值的测量。例如,测量单摆的摆长 L 和振动周期 T ,由已知的公式 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 算出重力加速度 g 值的过程就是间接测量。

2.2 测量方法

测量方法是指测量某一物理量时,如何根据测量要求,在给定的条件下,尽可能地减小系统误差和偶然误差,使获得的测量值更为精确的方法。

通常情况下,物理实验常用的测量方法有:比较法、放大法、平衡法、补偿法、转换法、模拟法和干涉法等。现分别介绍如下。

2.2.1 比较法

实际上,测量就是将待测量与标准量进行比较的过程,所以,比较法是测量方法中最基本、最常用的方法。通常可分为直接比较法和间接比较法。

1. 直接比较法

将待测量与经过校准的仪器或量具进行比较,测出测量值,称为直接比较法。例如用万用电表测量电学物理量。直接比较法有如下特点:

(1)同量纲。待测量与标准量的量纲相同。例如用米尺测某物体的长度,米尺与被测量同为长度量纲。

(2)直接可比。待测量与标准量直接可比,从而直接获得待测量的量值。例如用天平称量物体的质量,当天平平衡时,砝码的示数就是待测量的量值。

(3)同时性。待测量与标准量的比较是同时发生的,没有时间的超前和滞后。

直接比较法的测量精确度受到测量仪器或量具自身精确度的局限,因此,要提高测量的精确度就必须提高测量工具的精确度。



2. 间接比较法

多数物理量无法制成标准量具,无法通过直接比较法而测出。因此,我们通常借助于一个中间量,或将待测量进行某种变换,来间接实现比较测量,这种方法称为间接比较法。例如磁电式电流表是利用通电线圈在磁场中受到磁力矩与游丝的扭力矩平衡时,电流 I 与电流表指针的偏转角 θ 成正比制成的,我们通过电流表指针的偏转角 θ 的间接比较,测出电路中的电流 I 。

有时仅有标准量还不够,还要配置比较系统,使被测量和标准量具能够实验比较。例如,只有标准电池还不能够直接测量未知电动势,还需要由比较电阻等附属装置组成电势差计才可,这种装置称为比较系统。

2.2.2 放大法

在物理实验中,经常会遇到一些微小物理量的测量,用一般的仪器进行测量时,要么不好操作,要么会产生比较大的误差,甚至无法测量。于是,我们把待测物理量按一定的规律加以放大,再进行测量,这种方法称为放大法。

放大法是常用的基本测量方法之一,通常可分为累计放大法、机械放大法、电子电路放大法和光学放大法等。

1. 累计放大法

在待测物理量能够简单重复的条件下,将它展延若干倍,再进行测量的方法,称为累计放大法。例如,在测量单摆的摆动周期 T 时,通常不是测一个周期的时间,而是测出 30 个周期的总时间 t ,则单摆的周期为 $\frac{t}{30}$ 。

应当注意,在使用累计放大法时,不能改变待测量的性质,同时尽量避免引入新的误差。

2. 机械放大法

利用机械部件之间的几何关系,使标准单位量在测量过程中得到放大的方法,称为机械放大法。机械放大法可以提高测量仪器的分辨率,增加测量结果的有效数字位数。例如螺旋测微器利用螺杆鼓轮机构,使仪器的分度值从 1 mm 变为 0.01 mm,从而提高测量的精确度。

3. 电子电路放大法

在电磁学实验中,微小的电流或电压经常要用电子仪器将被测信号加以放大后再测量。例如利用示波器将电信号放大,不仅显示直观,还可以进行定量的测量,这类测量方法称为电子电路放大法。

电信号的放大很容易实现,因而电子电路放大法应用相当广泛。目前的技术将电信号放大几个甚至几十个数量级已不再是难事。因此,在非电量的测量中,将它转换成电量,再将电量放大后进行测量,这已成为科学研究与工程技术中常用的测量方法之一。

4. 光学放大法

日常生活中使用的体温计刻度部分的圆弧形玻璃相当于凸透镜,起放大作用,以便读数。就是光学放大法在测量中的应用实例。

一般光学放大法有两种,一种是待测物通过光学仪器形成放大的像,便于观察判断。例如读数显微镜、测微目镜等,这些仪器在观察中只起到放大视角的作用,不会引入误差。另一种是通过测量放大后的物理量,间接测得本身极小的物理量。光杠杆就是一种常见的光学放大系统,它可以测量长度的微小变化,在用拉伸法测金属丝的杨氏模量实验中就使用了光杠杆(具体过程可参见实验 6.15)。

光学放大法具有稳定性好,受环境干扰小,灵敏度高等特点。

2.2.3 平衡法

平衡状态是物理学的一个物理概念,因为在平衡状态下,许多非常复杂的物理现象可以比较简单地描述,一些复杂的函数关系也可变得比较简明,从而容易实现定量和定性分析。

利用平衡状态测量待测物理量的方法,称为平衡法。例如“用惠斯通电桥测电阻”实验,就是平衡法的一个典型例子。只要电桥中检流计 G 上示值为零,电桥达到

平衡,就可通过 $R_x = \frac{R_2}{R_1} R$ 求出待测电阻 R_x 的阻值(具体过程可参见实验 5.6)。

2.2.4 补偿法

根据某一测量原理,在提供一种可调的标准量来抵消待测量所显现的作用的条件下,对待测量进行测量的方法,称为补偿法。

补偿法往往与平衡法、比较法结合在一起使用。

例如“用电势差计测电动势”实验就是补偿法的一个典型例子。在已知标准电池的电动势 E_s 的情况下,只要测量出 L_x 和 L_s ,就可根据 $E_x = \frac{L_x}{L_s} E_s$ 算出待测电池的电动势(具体过程可参见实验 5.5)。

2.2.5 转换法

根据物理量之间的各种效应和定量的函数关系,通过对有关物理量的测量求出待测物理量的方法,称为转换法。由于物理量之间存在多种效应,所以有各种不同的转换法。通常可分为参量换测法和能量换测法两大类。

1. 参量换测法

利用各种参量变换及其变化的相互关系来测量某一物理量的方法,称为参量换测法。它是一种常用的测量方法且贯穿于整个物理实验的领域中。例如在“金属丝杨氏模量的测定”实验中,根据胡克定律,在弹性限度内,正应力 $\frac{F}{S}$ 与线应变 $\frac{\Delta L}{L}$ 成正

比,即 $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L}$ (E 为金属丝的杨氏模量),利用此关系,将杨氏模量的测量转换为对



$\frac{F}{S}$ 和 $\frac{\Delta L}{L}$ 的测量,即通过测量 F 、 S 、 ΔL 和 L ,间接地测出金属丝的杨氏模量 E 。

2. 能量换测法

某种运动形式的物理量,通过能量变换器变换成另一种运动形式的物理量的测量方法,称为能量换测法。其种类比较多,现仅介绍几种较典型的能量换测法。

(1)热电换测。这是热学量与电学量之间的转换测量,例如在有些实验中利用温差电动势原理,将温度的测量转换成热电偶温差电动势的测量。

(2)压电换测。这是压力与电压之间的转换测量,例如话筒和扬声器就是这种换能器。话筒把声波的压力变化转换成相应的电压变化,而扬声器则相反,把变化的电信号转换成声波。

(3)光电换测。这是光学量与电学量之间的转换测量,其变换原理是光电效应,转换器件有光电管、光电倍增管、光电池、光敏电阻、光敏二极管等。

(4)磁电换测。这是磁学量与电学量之间的转换测量。例如磁感应强度是不易直接测量的,利用磁电转换后,使其测量变得简便、快速(具体过程可参见实验 6.17)。

转换法测量最关键的器件是传感器。传感器种类很多,从原则上讲所有物理量都能找到与之相应的传感器,从而将这些物理量转换成为其他信号进行测量。

一般传感器由两个部分组成,一个是敏感元件,另一个是转换元件。敏感元件的作用是接收被测信号,转换元件的作用是将所接受的待测信号按一定的物理规律转换为另一种可测信号。在应用提高性实验中,用霍尔元件测磁场就是将磁学量的测量转换成电学量的测量来进行的。

由于电子技术的不断进步,计算机技术的快速发展,传感器作为现代检测、控制等仪器设备的重要组成部分,将在现代科技与工程实践中起着越来越突出的作用。

2.2.6 模拟法

不直接研究某物理现象或过程本身,而是用与该现象或过程相似的模型来进行研究的方法,称为模拟法。它是一种综合研究待测对象物理属性或规律的实验方法,以相似理论为基础,设计与待测原型(待测物、待测现象等)有物理或数学相似的模型,然后通过模型的测量间接测得所研究原型的性质及其规律。通常可分为物理模拟法和数学模拟法。

1. 物理模拟法

保持同一物理本质的模拟方法称为物理模拟法。例如用风洞(高速气流装置)中的飞机模型模拟飞机在大气中的飞行。

物理模拟法必须具备的两个重要条件。一是几何相似条件,即模型与原型按比例地缩小或放大。一是物理相似条件,即模型与原型遵从同样的物理规律。

2. 数学模拟法

两个不同本质的物理现象和过程,依赖于数学方程形式的相似而进行的模拟方法,称为数学模拟法。

在“模拟法描绘静电场”实验中,就是用稳恒电流场的等势线来模拟静电场的等势线,这是因为电磁场理论指出,静电场和稳恒电流场具有相同的数学方程式。我们知道,直接对静电场进行测量是十分困难的,因为任何仪器的引入都将明显地改变静电场的原有状态。

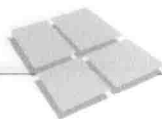
2.2.7 干涉法

应用相干波产生干涉时所遵循的物理规律,进行有关物理量测量的方法,称为干涉法。利用干涉法可以进行物体的长度、薄膜的厚度、微小的位移与角度、光波波长、透镜的曲率半径、气体或液体的折射率等物理量的精确测量,并可检测某些光学元件的质量等。

例如,在著名的“牛顿环”实验中,可通过对等厚干涉图样牛顿环的测量,求出平凸透镜的曲率半径。

再如,在“迈克耳逊干涉仪的使用”实验中,应用等倾干涉图样测定 He-Ne 激光束的波长,也是干涉法的典型例子。

以上介绍了物理实验中常用的七种测量方法。在不同的实验中使用的方法不尽相同,但有时各种方法往往是相互联系,综合使用的,无法截然分开。我们在进行物理实验时,要认真思考、仔细分析,在具体的实验操作中逐步积累实验知识和经验,不断提高实验技能,达到理想的实验效果。



第3章 误差与数据处理

3.1 误差及分类

3.1.1 误差的概念

物理实验中,由于测量仪器、适用原理、测量方法、测量条件和测量人员等很多方面都不可避免地存在着局限,不可能使实验测量值与客观存在的真值完全相同,测量值与真值之间存在的差值称为该测量值的测量误差,即

$$\text{测量值}(x) - \text{真值}(X) = \text{误差}(\Delta x)$$

误差(Δx)又称绝对误差,即

$$\Delta x = x - X$$

绝对误差(Δx)与真值 X 的比值叫做相对误差 E ,即

$$E_r = \frac{\Delta x}{X} \times 100\%$$

3.1.2 误差的分类

误差按其性质、来源及其表现形式可以分为三大类:系统误差、随机误差和粗大误差。

1. 系统误差

在同一条件下多次测量同一物理量时,误差的大小和方向保持恒定,或在条件改变时,误差的大小和方向按一定规律变化,这种误差称为系统误差。其一般来源于以下几个方面:

(1)由于实验原理和实验方法不完善带来的误差。例如由计算公式的近似性所造成的误差。

(2)由于仪器本身的缺陷或没有按规定条件使用仪器而造成的误差。

(3)由于环境条件变化所引起的误差。

(4)由于观测者生理或心理特点造成的误差等。

系统误差是测量误差的重要组成部分,发现、估计和消除系统误差,对一切测量工作者来说都是非常重要的。

2. 随机误差

在相同的条件下,多次测量物理量时,若误差的符号时正时负,其绝对值时大时小,没有确定的规律,这种误差称为随机误差。其主要来源于:

(1)环境的因素,如温度、湿度、气压微小变化等。

(2)观测者的因素,如瞄准、读数的不稳定等。