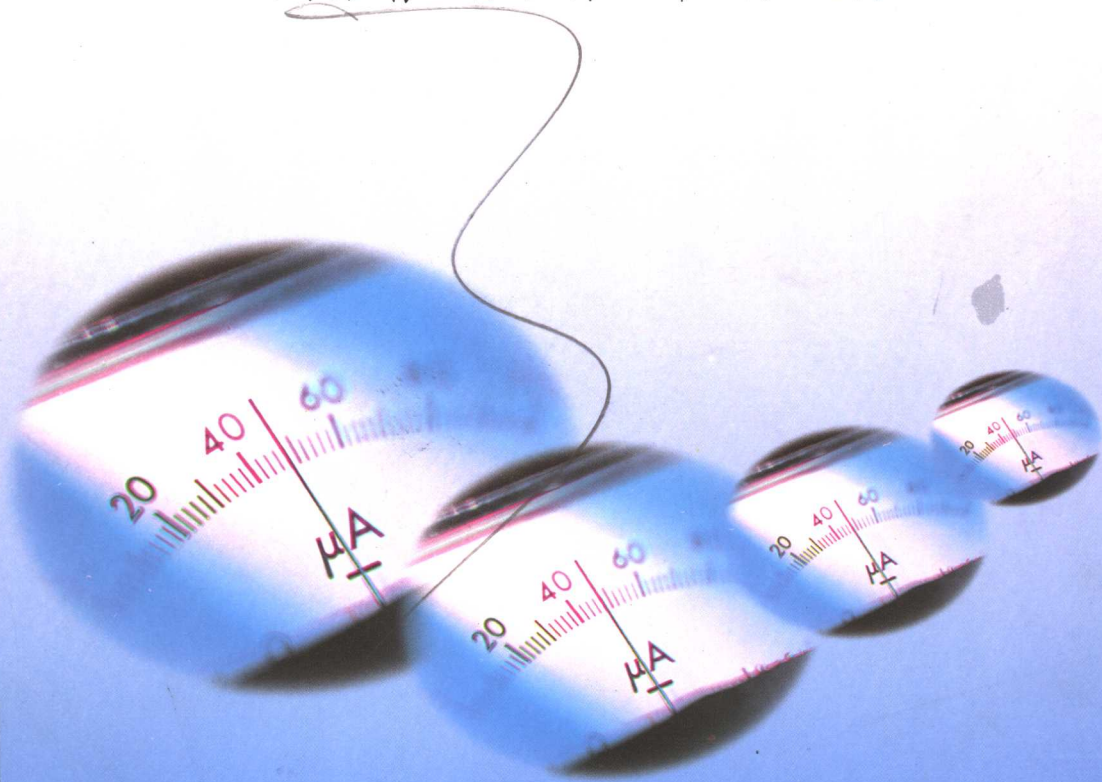


DAXUE WULI SHIYANXUE

大学物理实验学

刘银春 林仁荣 郑林 编



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

04-33

168

2006

大学物理实验学

刘银春 林仁荣 郑 林 编

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验学/刘银春,林仁荣,郑林编. —厦门:厦门大学出版社,2006.8
ISBN 7-5615-2602-4

I. 大… II. ①刘…②林…③郑… III. 物理学-实验-高等学校-教材
IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 079250 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

福建友邦彩印有限公司印刷

(地址:南平市首联花园三楼 邮编:353000)

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.25

字数:340 千字 印数:1-4 000 册

定价:22.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

前 言

物理实验课是高等理工科院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。物理实验课覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性很强的基本实验技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

本书根据教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2004 年 12 月 3 日定稿的《非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求》,结合福建农林大学的实际,在经多次修改的自编实验教材《大学物理实验学》的基础上改编而成。

全书共两篇。第一篇为物理实验的基础知识,分为三章,内容包括物理实验的基本方法与技术、测量及其误差与有效数字、实验数据处理的常用方法。第二篇物理实验内容也分为三章,第四章为基础实验,安排 12 个实验,属于必做实验;第五章为综合与应用实验,安排了 15 个实验,可适应不同专业的需要;第六章为设计性与研究性实验,安排了 9 个实验,各专业学生可根据自己的兴趣,选做其中有关实验。

参加本书编写的有刘银春、林仁荣、郑林、王苏潭、曾曦萍,他们的分工是:刘银春负责编写第 1 章至第 3 章、第六章(实验 34 除外)和实验 2、3、4、5、20、23、24、25、26,并负责全书的统稿;林仁荣编写实验 6、8、12、13、14、15、16、18、34;郑林编写实验 1、7、9、10、11、21、22;王苏潭编写实验 17、19;曾曦萍编写实验 27。

福建农林大学的领导十分重视基础课的建设,近几年来把基础物理实验室的建设列为基础实验室建设的重点之一,使基础物理实验室的建设上了一个新的台阶,从而保证了本书所列的实验能够顺利对本科生开出。教务处的领导还将大学物理课程列入校级精品课程立项建设,并给予经费上的支持,也是本书能够出版的重要因素。在此特向他们表示衷心的感谢和敬意!

本书的出版还得益于机电工程学院领导的关心和物理与电子科学系全体同仁的大力支持,特别是梁真、邱祖强、许济金、高克芳、陈丽敏等老师在使用自编教材的过程中提出了许多宝贵的建设性意见,有的意见在本书编写过程得到采用和完善。在此向他们表示衷心的感谢!

由于水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 7 月

实验是理论的源泉，又是检验理论正确与否的唯一标准。掌握科学的实验方法，就掌握了揭开大自然奥秘的钥匙！

科学家论实验

实验有两个目的,彼此往往互不相关:观察迄今为止未知或未加解释的新事实,以及判断某一理论提出的假说是否符合大量可观察到的事实。

——雷内·杜博斯

除非有定量的实验证据,没有任何一种哲学性的讨论能够作为科学的真理来加以接受。

——杨振宁

一个矛盾的实验就足以推翻一种理论。

——爱因斯坦

没有实验家,理论家就会迷失方向;没有理论家,实验家就会迟疑不决。

——李政道

实验并非万无一失,不能从实验上论证一种假说并不等于这种假说是不正确的。

——贝弗里奇

目 录

前 言

第一篇 物理实验的基础知识

绪 论	(1)
第一章 物理实验的基本方法与技术	(4)
第一节 物理实验的基本方法	(4)
第二节 物理实验的基本技术	(8)
第二章 测量及其误差与有效数字	(12)
第一节 测量及其误差的分类	(12)
第二节 测量结果的不确定度评定	(18)
第三节 有效数字及其运算	(21)
第三章 实验数据处理的常用方法	(27)
第一节 列表法	(27)
第二节 图示法与图解法	(27)
第三节 逐差算法	(29)
第四节 最小二乘法	(29)

第二篇 物理实验内容

第四章 基础实验	(32)
实验 1 基本测量	(32)
实验 2 刚体转动惯量的测定	(42)
实验 3 冷却法测定金属比热容	(50)
实验 4 用单臂电桥测中值电阻	(53)
实验 5 模拟示波器的使用	(58)
实验 6 弦振动的研究	(67)
实验 7 电子束磁偏转及荷质比的测量	(71)
实验 8 单缝衍射	(77)
实验 9 分光计的调节与棱镜折射率测定	(81)
实验 10 牛顿环	(89)
实验 11 落球法测量液体的粘滞系数	(93)
实验 12 用霍耳效应测量磁场	(98)

第五章 综合与应用实验	(105)
实验 13 磁阻效应的实验研究	(105)
实验 14 超声波传播速度的测量	(109)
实验 15 迈克耳孙干涉仪的调节与使用	(114)
实验 16 半导体制冷与温度传感器	(117)
实验 17 应变片式传感器测量	(124)
实验 18 超声波光栅测声速	(131)
实验 19 光纤位移传感器实验	(136)
实验 20 光栅常数的测定	(140)
实验 21 光电效应与普朗克常数测定	(144)
实验 22 真空的获得和测量	(151)
实验 23 用椭圆偏振光法测定薄膜的厚度和折射率	(157)
实验 24 核磁共振	(162)
实验 25 液晶电光效应实验	(168)
实验 26 微波的反射、干涉、衍射实验	(172)
实验 27 数字存储示波器的使用	(175)
第六章 设计性与研究性实验	(183)
实验 28 非线性电阻特性的研究	(186)
实验 29 金属丝的电阻率测量	(188)
实验 30 微波的迈克耳孙干涉实验	(189)
实验 31 用干涉仪测量物质折射率	(190)
实验 32 用分光计测定液体折射率	(191)
实验 33 压电陶瓷电致伸缩系数的测量	(192)
实验 34 硅太阳能电池特性的研究	(194)
实验 35 薄膜的制作与测量	(196)
实验 36 微波加热应用实验	(197)
附录 常用物理数据表	(199)
物理实验课学生守则	(204)

绪 论

物理学研究方法通常是:(1)在观察和实验的基础上,对物理现象进行分析、抽象和概括,找出各物理量之间的数量关系及其变化的规律,从而建立物理定律,进而形成物理理论;(2)在观察和实验的基础上,对物理现象进行分析、抽象和概括,提出假设,经实验证明是正确的假设则形成物理理论。物理理论还要不断地经受实验的检验,如果出现了新的实验事实与该理论相违背,则需要修正原有的物理定律和理论,或建立新的理论。由此可见,这是一个实验—理论—再实验—再理论—再实验的循环往复的过程,在这一过程中实验是检验理论正确与否的唯一标准。所以,物理学是一门以实验为基础的科学。

物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,形成了具有独特规律的学科,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。

科学实验是科学理论的源泉,是工程技术的基础,是研究自然规律、认识世界、改造世界的基本手段。作为培养德、智、体、美全面发展的高级人才的高等院校,不仅要使学生具备比较广泛的理论知识,而且要训练学生具有较强的从事科学实验的能力,以适应科学技术不断进步和社会主义建设迅速发展的需要。

一、物理实验课程的地位、作用和任务

物理学是自然科学中最重要、最活跃的带头学科之一。物理学的发展不仅在自身的学科体系内生长和发展出许多新的学科分支,而且还是许多新兴学科、交叉学科以及新技术产生、成长、发展的基础和前导。

物理理论和实验的发展,哺育着近代高新技术的成长和发展。物理实验的思想、方法、技术和装置常常是自然科学研究和工程技术发展的生长点。

物理实验课是高等理工科院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。

物理实验课覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性很强的基本实验技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。由于物理实验具有其独特的规律并在人才培养中发挥重要作用,在高等学校中形成了一门独立的课程,因此,我们把它称为“大学物理实验学”。

本课程的具体任务是:

(1)培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想和方法。

(2)培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力。

(3) 提高学生的科学素养,培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风、认真严谨的科学态度、积极主动的探索精神,及遵守纪律、团结协作、爱护公共财产的优良品德。

物理实验课是学生进入大学后接受科学实验方法和实验技能训练的开端,本课程对学生进行物理实验理论、物理实验方法和物理实验技能方面的基本训练,使学生初步了解科学实验的主要过程和基本方法。重点训练学生深入观察物理现象,建立合理的物理模型,定性定量研究变化规律,分析、判断实验结果,激发学生的想象力、创造力和创新意识,在培养和提高学生独立开展科学研究的素质和能力方面具有重要的奠基作用。

二、物理实验课的基本程序

(1) 实验前准备。了解实验目的,看懂实验原理,并对所要用的实验仪器的性能、基本工作原理和使用时的注意事项做到心中有数。应该弄清楚每个实验中所列的问题,在此基础上写出预习报告。预习报告主要应包括实验中要观察的物理现象和需要测量的物理量,并列出现实验记录表格。

(2) 实验操作。实验时对所要使用的仪器及工具是否完好和可用应进行检查,经过一定的练习从而能够正确操作。在此基础上,正确地组装和调整仪器然后进行实验(包括电路的正确连接、光路的调节等)。实验时一定要先观察现象,通过观察对被验证的定律或被测的物理量有定性的了解,而后再进行精确的测量。测量一定如实地记录数据,有条件可进行重复测量。实验完成后对获得的数据或观察到的现象进行分析,在肯定结果合理后再整理仪器和工具。

(3) 实验报告。整理和分析所获得的实验数据,从而得出合理的实验结果,并对所得结果进行一定的分析。

三、物理实验课的基本要求

(1) 课前预习。进入实验室前必须认真阅读实验教材,明确实验目的,了解实验原理,弄清实验步骤,初步了解仪器的使用方法,画好记录表格。未做预习,不得动手做实验。

(2) 进入实验室后,首先检查和熟悉仪器,根据操作规程正确安装和调整仪器;然后按实验程序进行实验。

(3) 实验时,一定要先观察欲研究的物理现象,在观察的基础上再对被研究的现象进行定量测量。测量时,应如实及时地做好记录(记录要整洁,字迹清楚,避免错记)。不可事后凭回忆“追记”数据,更不可为拼凑数据而将原始记录随心所欲地涂改。

(4) 测量完毕后,要及时整理实验数据,经指导教师检查签字后,方可结束实验。

(5) 实验完毕,应把实验仪器整理清点好,注意保持实验室的整洁,经指导教师同意,方能离开实验室。

(6) 严格遵守实验室规则,爱护实验仪器。仪器如有损坏,应及时报告教师。凡属学生责任事故者根据情节轻重,要赔偿部分或全部损失。

(7) 认真按时完成实验报告。

实验报告是实验的书面总结,报告应用自己的语言表述。其内容包括:所做实验依据的物

理思想及其反映的物理规律、本次实验的内容、实验结果及结果的分析、自己对实验的见解及收获等。怎样写好一份合格的实验报告,也是实验课的一项重要基本训练。实验报告要在统一的实验报告纸上书写,除填写实验名称、日期、姓名、班级、组别等项外,实验报告的内容一般包括以下几部分:

①实验目的任务。

②实验仪器:注明仪器名称、编号、主要技术参数,必要时,画出仪器简图。

③实验原理:一般只需写出原理概要(包括原理图或测定公式,注明公式中各物理量的意义及适用条件)。

④操作要点:根据要求及实际操作过程,写出仪器调节及测量中的关键过程和注意事项。

⑤实验记录:实验数据一般应采用表格的形式记录。在预习时,就应设计好记录表格。记录数据时,应特别注意有效数字,并注明所测物理量的单位。

⑥实验数据处理:包括计算实验结果及其不确定度,给出实验结果的图示等。

⑦实验讨论及作业:对实验结果进行分析讨论,也可对实验中出现的一些现象进行分析总结,并完成课后作业题。

——能力比知识更重要!

——物理实验课是培养科学实验能力的实践性课程!

——科学实验是获取知识的重要途径,是进行科学创新的重要实践活动。

——掌握了正确的科学实验方法,就掌握了一种获取知识、创造知识和发现自然规律的创新能力!

您想增加自己的才干吗? 您想具备创新的科学素质吗? 如果想,那么就带着您的智慧认真地做好物理实验吧!

第一篇

物理实验的基础知识

第一章 物理实验的基本方法与技术

第一节 物理实验的基本方法

物理实验是一门用实验手段来探索物质运动及其相互作用的自然规律的学科。它研究的基本内容是测量有关物理量的基本方法和规律,其中许多方法和规律广泛地应用于探索自然科学的研究和技术部门,成为科学技术的基础。所以物理实验是理工科大学生必修的一门重要基础课。

物理测量是泛指以物理理论为依据,以实验仪器装置及实验技术为手段进行测量的过程。其内容非常广泛,包括对力学量、热学量、电学量和光学量的测量等。测量的方法也很多,按测量方法分类,可分为直接测量、间接测量、组合测量等;按测量内容分类,可分为电学量测量和非电学量测量两类;根据测量过程中被测物理量是否随时间的变化,又可分为静态测量和动态测量等。在这里,仅对物理实验中常用的几种基本测量方法作扼要的介绍。

1 比较法

比较法是物理实验中最普遍、最基本的测量方法,可分为直接比较法和间接比较法。能够将待测物理量与选作标准单位的物理量进行比较而得到测量值的方法称为直接比较法。例如,用米尺来测量某一物体的长度就是最简单的比较法,其中最小分度毫米就是作为比较用的“标准单位”。在比较法中,被选作比较用的标准单位与待测量应该是同类物理量。

在直接比较中,标准单位一般可选标准量具。这样,测量的准确度主要决定于标准量具的准确度。

有些物理量难于制成标准量具,因而先制成与标准量值相关的仪器,再用这些仪器与待测量进行比较,这种仪器也可称为量具,比如温度计、电表等。

有时,光有标准量具还不够,还要配置“比较系统”,使被测量和标准量具能够实现比较。比如只有标准电池还不能测量电压,还需要有由比较电阻等附属装置组成的电位差计来测量电压,这些装置便称为比较系统。

我们把利用物理量之间的单值函数关系将被测量与同类型标准量(或量具)进行比较而测出其量值的方法称为间接比较法。

在测量中常用的替代法、置换法其实也是比较法的一种,它们的特点是异时比较。实际

上,所有物理量的测量都是将待测量与标准量(或量具)进行比较的过程,只不过比较的形式不那么明显而已。

2 放大法

在物理实验的测量中,有时由于被测量过小,以至无法被实验者或仪器直接感觉和反应,这时可以先通过某种途径将被测量放大,然后再进行测量。放大被测量所用的原理和方法称为放大法。常用的放大法有机械放大、光学放大、电放大、积累放大等几种。

机械放大:通过机械结构变换的方法进行放大。螺旋测微放大法就是一种典型的机械放大法。螺旋测微计、读数显微镜和迈克耳孙干涉仪的读数细分机构都属于这种由细杆鼓轮和蜗轮蜗杆制成的螺旋测微装置。以读数显微镜为例,其测微丝杆的螺距为 1 mm,当丝杆的鼓轮转动一周时,显微镜筒就沿丝杆轴前进或后退 1 mm,在丝杆的一端固定一测微鼓轮,其周界上刻成 100 分格,当鼓轮转动一分格时,显微镜筒就平移了 0.01 mm,从而使沿轴方向的微小位移用鼓轮圆周上较大的弧长明显地表示出来,大大地提高了测量的精度。

光学放大测量:使被测量通过光学仪器(测微目镜、读数显微镜等)形成放大像,便于观察判别或进行测量。

电放大测量:要对微弱的电信号(电压、电流、功率)进行有效的测量,借助于电路或电子仪器对微弱的电信号进行测量,属于电放大法。

积累放大测量:我们要测量如图 1-1 所示的干涉条纹间距 l , l 的数量级为 10^{-2} mm. 为了减少测量的误差,一般不是逐一地去测量,而是测量若干(n)条条纹的总间距 $L = nl$,这就是积累放大法。

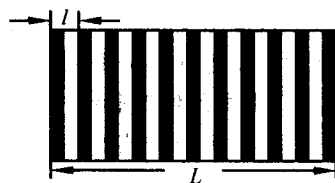


图 1-1 干涉条纹间距

3 转换测量法

在物理学中,许多物理量之间存在着多种效应及其转换关系,故可有多种不同的换测方法,这也是实验最富有启发性和开创性的方面。换测法大致可分为参量转换测量法和能量转换测量法两大类。

参量转换测量法:利用各种参量的变换及其变化的相互关系,以达到测量某一物理量的目的,这种测量方法称为参量转换测量法。该方法在物理实验中的应用是很多的。例如,最常见的指针式电流(电压)表,就是利用在一定范围内电流(或电压)的大小与角度的关系,将电流(电压)的测量转换为角度测量。

能量转换测量法:能量转换测量法是指某种形式的物理量通过能量变换器变成另一种形式物理量的测量方法。系统的主要部分由传感器和测量装置组成,传感器也就是能量变换器。传感器种类很多,许多物理量,比如尺寸、形状、速度、加速度、振动参量等力学量以及温度、压力、流量、湿度、气体成分等热学量,都总能找到与之相应的传感器,从而将这些非电学量的变化转换为电学量的变化进行测量。下面介绍几种比较典型的能量转换器。

3.1 热电偶

热电偶是根据两种不同材料接触时会产生接触电动势的效应制造的。如图 1-2 中,两种不同金属 P 、 Q 在 A 、 B 两处相接,则在接触面 A 和 B 处均会产生接触电动势。这个电动势的大小和接触面的温度有关。当 A 、 B 两处的温度相同时,电表 V 上没有显示,因为两个接触电

动势大小相等,方向相反;当 A、B 两处的温度不等时,高温处接触电动势较大,在电表 V 内便有电势差显示。若已知一处温度,便可以查阅早先制好的经验表格或经验曲线,从而找出另一处的温度。

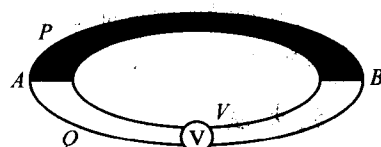


图 1-2 温差电动势产生原理

热电偶构造简单,测量温度的准确度高,测量范围宽,灵敏度高,在高、低温区应用均很广泛。

3.2 压电传感器

压电传感器是一种典型的自发电式传感器。它是利用某些晶体受力后,其表面产生电荷的压电效应的转换原理制成的。压电晶体是力—电转换元件。它可以测量那些最终能转换为力的物理量,例如力、压力、加速度、振动等。

压电传感器具有使用频率宽、灵敏度高、信噪比高、结构简单、工作可靠、重量轻等优点。

3.3 光电传感器

光电传感器是利用光电效应将光能转换成电能的一种换能器。利用光电效应制造的光电管、光电倍增管等光电转换器件可以由光照后产生的电流或电压来测定相对光强等。光敏电阻、光导管是用来测量光束中某些频率光强的器件,它们依据的原理是受某种光的照射后,电阻率会发生变化。而光电池等器件受到光照后会产生与光强有一定关系的电动势,从而可用测量电动势的办法来测量入射光强。

3.4 霍耳元件传感器

霍耳元件传感器是利用半导体的霍耳效应制成的一种传感元件,其原理如图 1-3 所示。若在半导体薄片的两端通以控制电流 I_H ,在薄片的垂直方向上施加磁感应强度为 B 的磁场,那么,在垂直于电流和磁场的方向上将产生电动势 U_H ,这种现象称为霍耳效应。由理论推导可得霍耳电动势 $U_H = K_H I_H B$,式中 K_H 称为霍耳元件的灵敏度或霍耳系数。上式表明霍耳电动势 U_H 的大小与电流 I_H 和磁感应强度 B 的大小成正比,其方向与 I_H 及 B 的方向有关。用霍耳元件测量磁场时,需要固定或控制电流,由霍耳电动势的大小和方向便可测得磁感应强度的大小和方向。

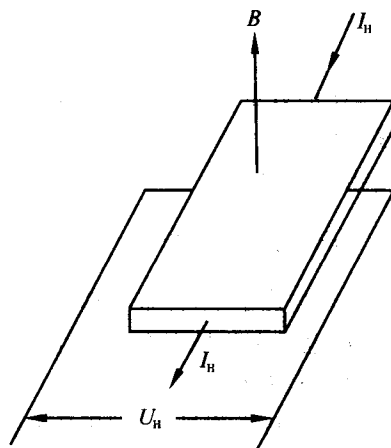


图 1-3 霍耳片示意图

4 补偿法

补偿法是一种使被测量对给定系统在某一方面所产生的作用被一个可调节的同类量的作用所抵消,从而实现对被测量进行测量的方法。所谓的补偿是指:某系统受某种作用产生 A 效应,受另一种同类作用产生 B 效应,如果由于 B 效应的存在而使 A 效应显示不出来,就叫作 B 对 A 进行了补偿。

完整的补偿测量系统由待测装置、补偿装置、测量装置和指零装置组成。待测装置产生待测效应,要求待测量尽量稳定,便于补偿。补偿装置产生补偿效应,要求补偿量值准确达到设计的精度。测量装置可将待测量与补偿量联系起来进行比较。指零装置是一个比较系统,它将显示出待测量与补偿量比较的结果。比较方法可分为零示法和差示法两种。零示法称为完全补偿,差示法称为不完全补偿。一般都采取零示法,这是因为人的眼睛对刻度线重合比刻度

线不重合而需估读的判断能力要高出 10 倍左右。所以,零示法可以提高补偿测量精度。

电位差计就是应用了补偿原理而设计制成的一种典型的仪器,其原理如图 1-4 所示。 E_x 为被测电动势, E_s 为标准电池,作为补偿装置。 R_x 、 R_s 均是可变的电阻(作比较电阻用),连同电源 E 、可变电阻 R_p 构成测量装置。有时也可以用电流表 A 监控测量电路中电流的大小。由检流计 G 以及 R_g 、 K_g 组成指零装置。

当由 R_p 调节的电流 I 流过 R_x 、 R_s 时,在其上便分别产生电压,可以引出一部分电压与 E_s 和 E_x 补偿。首先将双向双掷开关 K_1 掷向 E_s 一侧, R_x 、 E_s 、指零装置组成一回路,调节 R_s 使检流计中无电流显示,于是 R_s 上的电压 U_s 与 E_s 补偿,即 $U_s = E_s$,而 $U_s = IR_s$,即 $E_s = IR_s$ 。再将 K_1 掷向 E_x 一侧,在保证 I 不变的情况下,调节 R_x 再使检流计 G 中无电流显示,于是 R_x 上的电压 U_x 与 E_x 补偿。因 $U_x = IR_x$,便有:

$$\frac{E_x}{E_s} = \frac{U_x}{U_s} = \frac{IR_x}{IR_s}$$

由于过程中电流 I 不变,得: $E_x = \frac{R_x}{R_s} \cdot E_s$ 。

因为标准电池 E_s 和标准电阻 R_x 、 R_s 的精度都很高,再配上高精度的检流计 G ,电位差计便具有很高的测量精度。

电位差计有如下优点:

- (1) 准确度高。因为精密电阻可以做得很均匀、准确,标准电池的电动势也准确、稳定,检流计很灵敏,电源很稳定。
- (2) 测量范围宽。可测量电压的微小变化。学生式电位差计的低量程挡,可测量到 10^{-6} V。
- (3) “内阻”高。不影响待测电路。用电位差计测量时,补偿回路中电流为 0,故可方便地测出电源电动势。

5 模拟法

以相似理论为基础,制造一个与研究对象的物理现象或过程相似的模型,在原型和模型之间存在一一对应的两组物理量,用对模型的观测替代对原型的观测,并获得所需数据的方法称为模拟法。模拟法可分为物理模拟法和数学模拟法两类。

5.1 物理模拟法

物理模拟法就是模型与实际研究对象保持着相同的物理本质的物理现象或过程的模拟。在实践中许多难以测量,甚至无法测量的物理量,可以通过物理模拟法进行。例如,为掌握飞行器在高空飞行的动力学特性,在风洞里,用大型电扇吹动空气流动,产生具有一定流速的人造风,将飞机模型静止置于其中,调整好模型与原型的尺寸比例以及风的速度,便可用模型动力学参量的测量来代替原型动力学参量的测量。

5.2 数学模拟法

数学模拟法中原型与模型在物理本质上可以完全不同,但遵从相同的数学规律,数学模拟

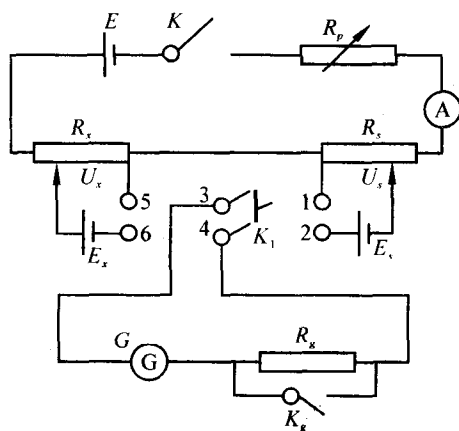


图 1-4 电位差计原理图

又称类比。例如,稳恒电流场与静电场是两种不同的场,但这两种场所遵从的物理规律具有相同的数学形式。因此,可以用稳恒电流场来模拟静电场,通过稳恒电流场中的电位分布来得到静电场的电位分布。

模拟法被广泛地应用于科学实验和生产实践中,有时既实用方便,又简单经济。

以上所述五种基本测量方法,在物理实验中均得到了广泛的应用。应该指出,各种方法在物理实验中往往是相互联系、综合使用的。

第二节 物理实验的基本技术

做物理实验的基本技术有调整技术和操作技术。

1 基本调整技术

做实验离不开使用仪器,使用仪器首先要将其调整到良好的状态。调整仪器的基本技术包括零位的调整、水平及铅直的调整、视差的消除、等高共轴的调整等。

1.1 零位的调整

在测量前应检查各测量仪器的零位是否正确。尽管仪器出厂前都要进行校准,但是,由于搬运、使用磨损或环境条件的变化等原因,其零位会发生变化。所以要对有偏差的零位进行调整,否则,将对测量结果引入系统误差。

不同的仪器其零位调整的方法不同。对有校准器的仪器,如电表等,应调整仪器本身所带的校准器,使仪器处于零位。对于电路调零可以通过调整电位器进行(称为电器调零),如开尔文电桥检流计放大器的电器调零是通过调整 W 旋钮进行的。对于不能进行调零的仪器,如螺旋测微计、游标卡尺等,则应在测量前先记下初读数,以便在测量结果中加以修正。有的仪器则可以使用专用的工具进行调零。

1.2 水平及铅直的调整

在实验室中,有些仪器需要进行水平或铅直的调整,如平台的水平或支柱的铅直状态等。这类仪器多半在平台或支柱上装有水准仪或悬锤,调整时只要调整底座上的三个底脚螺丝使水准仪中的气泡居中,或使悬锤的锤尖对准底座上的座尖即可,如刚体转动实验仪平台的调整 and 天平立柱的铅直调整等。

对没有配置水平仪或悬锤的仪器,需要调水平或铅直时,可利用自身的装置进行调整,如焦利秤可以通过调整底脚螺丝,使悬镜处在玻璃管的中间;对于杨氏模量仪,可以通过调整底脚螺丝,使砝码托处在两立柱的中间,以达到立柱的铅直。

对于既没有配置水平仪又不能利用自身装置调整的仪器,可取一长方形的水准仪,先放在与任意两底脚边线平行的方位,调节该两底脚螺丝使气泡居中,然后再将水准仪放在垂直的方位,调节另一底脚螺丝使气泡居中,反复进行调节,逐次逼近,直至水准仪置于任意位置时气泡都居中,这时立柱即处于铅直状态。

1.3 视差的消除

在测量读数时,经常会遇到读数标线(指针叉丝)和标度尺(盘)不重合的情况,例如,电表的指针和标度面总是离开一定的距离,当眼睛在不同位置观察时(如侧视),读得的指示值就会有一定的差异,这就是视差。有无视差可根据观察时人的眼睛稍稍移动,标线与标尺刻度是否

有相对运动来判断。为了消除视差,应做到正面垂直观察。对有反射镜的电表读数时,人的视线应铅直正视,使指针与刻度槽下面平面镜中的像重叠,读出标尺上无视差的读数才是正确的方法。

用光学仪器进行非接触式测量时,常用到带有叉丝的测微目镜、望远镜或读数显微镜。它们的共同特点是在目镜焦平面附近装有一个十字叉丝(或带有刻度的玻璃分划线),通过旋转(或推拉)目镜,使十字叉丝处在目镜的焦平面上,此时经目镜看叉丝很清晰。若被观察物经物镜后成像在叉丝位置处,人眼经目镜看叉丝与物体的虚像都在明视距离的同一平面上,这样便无视差。若有视差,只要仔细调节目镜(连同叉丝)与物镜之间的距离,使被观察物体从物镜后成像在叉丝所在的平面内,即可消除视差。这样,人眼稍微移动时,叉丝与物像无相对运动。

1.4 等高共轴的调整

在光具座上应用激光做实验时,先以导轨为准,调节激光束的方向平行于导轨。将光屏沿导轨平稳地移动较长一段距离,若屏上激光斑点的中心位置不变,则表示光束的方向已平行于导轨。再以激光束为准,依次放置并调节各元件的高低和左右,使光束经过各元件后光斑的中心仍在原来的位置。

在光具座上采用普通光源做实验时,应以光具座的导轨为准。先用目测法进行粗调,使光源、物体、透镜和光屏的中心大致等高共线,各元件均不倾斜。再利用光学系统本身,依据透镜成像规律进行细调。例如,用共轭法细调时,使物与屏的间距大于4倍焦距,逐步将凸透镜从物移向屏,在移动过程中,屏上将先后获得一次大的和一次小的清晰的像,若两次成像的中心重合,即表示已达到等高共轴的要求。

在安排二维光路时,应以平台面为准,调节激光束的俯仰,使光束平行于台面。当光屏在平台上滑动较长一段距离时,屏上光斑的中心应保持同一高度,放置其他元件时,应使经反射或折射后的光束保持原高度,经扩束镜形成的光锥轴线也保持原高度。

2 基本操作技术

2.1 电学实验的基本操作

2.1.1 仪器的布局

做电学实验,合理地布局仪器,是顺利做好实验的重要一环。仪器布局得当,可使接线顺手,操作方便,不易出错,即使出了错也容易查出。仪器布局的原则是:为了连线方便,一般各仪器应按照电路图中的位置摆好。但是,为了便于操作,易于观察,保证安全,有的仪器不一定完全按照电路图中的位置对应布置。例如,经常要调节或读数的仪器可放在距操作者近处,电源可放在靠后的位置,电源开关前不要放东西,以防万一电路出故障时可以及时断开电源。仪器总体摆放要整齐。

2.1.2 电路的连接

电路连接是电磁学实验中的一项基本功。在充分理解电路图的原理和安排好仪器布局之后,即可开始接线。接线一般先从电源的正极开始(注意:电源开关要断开),依照电路原理图,从高电位到低电位的顺序连接。如果电路比较复杂,可分成几个回路,连接好一个回路再连接另一回路,切忌乱连。如图1-5所示的电路,我们可分成三个回路,由①到③逐次连接。连线时要注意电路中的等位

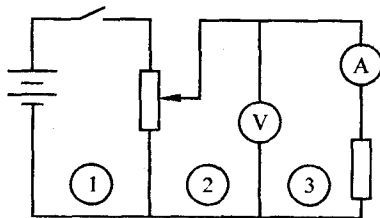


图 1-5 伏安法测电阻