



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

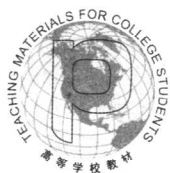
大学物理实验

DA XUE WU LI SHI YAN

孙 为 唐军杰 主编
王爱军 张国林



中国石油大学出版社



TEACHING MATERIALS FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

大学物理实验

孙 为 唐军杰
王爱军 张国林 主编

中国石油大学出版社

内容简介

本书依据《非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求》,总结多年来中国石油大学(北京)在大学物理实验课教学实践中取得的成果,在原《大学物理课程实验讲义》的基础上编写而成。全书分七章,共包含 36 个实验,依据教学目标,同时考虑实验难易程度以及对学生的实验知识、技能的要求,将实验项目分为基本实验、设计性实验和综合性实验三个层次,适合开放模式下大学物理实验课程的学生选课需要。本书可作为高等学校理工科专业和应用物理专业普通物理实验课程的学生用教材,也可作为从事与物理学有关的实验工作者及教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/孙为等主编. —东营:中国石油大学出版社,2007.6

ISBN 978-7-5636-2416-4

I. 大… II. 孙… III. 物理学—实验—高等学校—教材
IV. O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 099508 号

中国石油大学(北京)规划教材

书 名: 大学物理实验

作 者: 孙 为 唐军杰 王爱军 张国林

责任编辑: 高 颖 刘 洋(电话 0546—8392860)

封面设计: 九天设计

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392791, 8391797)

开 本: 180×235 印张: 18.75 字数: 378 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 27.00 元

前 言

Foreword

本书依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最新制定的《非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求》，结合中国石油大学(北京)物理实验教学的实际情况及物理实验教师、技术人员多年来在大学物理实验教学实践中取得的成果，在原《大学物理课程实验讲义》的基础上编写而成。

大学物理实验课程是所有理工科大学都要开设的公共必修基础课，是大学生科学素质教育和实践能力培养的一个非常重要的环节，是培养大学生的创新意识、创新思维和创新能力的-一个重要平台。一方面，物理学理论所依赖的实验技术和方法是应用科学、应用技术创立和发展的重要基础；另一方面，大学物理实验课程是理工科学生进入大学后最先接触的实践性质的课程，是学生接受系统的实验方法和实验技能训练的开端。该课程所涉及的实验知识、实验技能和实验方法是各理工类专业后继实践训练环节的基础，也是学生今后从事各项科学探索和工程实践的基础。同时，该课程涉及的知识面广(包括力、热、电、磁、光、近代物理知识等)，接触各种类型仪器的机会多，接受实验动手能力与科学实验方法方面的训练较为系统，可以为后续课程的学习和知识的扩展铺平道路，这是其他课程的实验环节难以替代的。所以，大学物理实验课程历来都是高等理工科大学重点建设的基础类实验课程。

多年来，中国石油大学(北京)大学物理实验课教师密切关注国内外教学改革的发展动向，在教学实践与改革方面随时吸收物理实验教学改革的-新思路和新成果，逐渐形成具有中国石油大学(北京)特色的大学物理实验教学体系和教学模式，并在本书中得到体现。

在内容选择上，本书及时吸收了国内最新实验教学成果，增加了许多反映物理原理在实际科研与工程测量中应用的、综合性较强的实验项目，如晶体电光调制、动态法测量弹性模量、双光栅微振动测量、混沌现象的研究、传感器系列实验等，为学生开阔视野，加强理论联系实际-的意识，培养综合分析与实践创新的能力提供了崭新的平台。

在内容编排上，彻底打破了按力、热、电、光等学科设置实验项目的旧模式，而是依据教学目标，同时考虑实验难易程度以及对学生的实验知识技能的要求，将实验项目分为三个层次：(Ⅰ)基本实验，(Ⅱ)设计性实验，(Ⅲ)综合性实验。三个层次的实

验内容不是截然分开的,而是具有一定的重叠与交叉性,形成了从低到高、从吸收知识与基础训练到培养综合能力逐层提高的全新的层次化大学物理实验教学体系。其中,基本实验主要为基本物理量的测量、基本实验仪器的使用、基本实验技能和基本测量方法的学习训练与误差分析等;设计性实验涉及力、热、电、光等物理技术的一些应用和小型设计实验,注重学生的实验设计能力、实践探索精神、创新意识和创新能力的培养;综合性实验则是以现代物理实验技术为主,涉及多方面的应用技术,体现实验方法技术的综合应用。在此基础上形成第一部分以基本实验为主,第二部分以设计性实验、综合性实验为主的二段式教学体系。

本书所列实验项目完全能够满足普通理工科大学本科生公共物理实验课程教学的需要,同时,模块式的内容编排也能够满足开放模式下大学物理实验课程的学生选课需要。中国石油大学(北京)教师经多年探索形成了一种“分组预约式”大学物理实验教学模式,具体做法是:将每学期的实验项目按照知识面、操作难度、基本实验技术和上课先后顺序分为若干组,每组8个实验,每周开放若干个时间单元(每个时间单元为3学时),学生根据自己的兴趣和时间从分组实验中任选一组作为该学期实验课的内容,从开放的时间单元中任选一个单元作为该学期实验课每周固定的上课时间,由选择相同实验课内容和上课时间的学生组成一个实验班,编有实验班号。这种做法的核心思想是:实验按照知识面、操作难度和基本实验技术进行分组,在保证学生自由选择实验内容与保证学生选课的科学与合理性之间实现必要的平衡,有利于学生实验技术的全面培养和实验动手能力的提高,同时也能够有效地调动学生的学习兴趣。实践证明,这种模式不仅可操作性强,而且在保证本课程教学任务的完成以及教学质量稳步提高方面确实发挥了良好的作用,对于同类院校同类课程的教学实践也具有启发和借鉴意义。

本书是中国石油大学(北京)广大物理实验教学工作者集体智慧与辛勤工作的结晶。直接参加本书编写工作的主要人员有:孙为(第一章,第二章,第三章,第四章,实验一、二、八、九、十一、十二、十六、十七、二十四、二十八)、唐军杰(实验三、四、七、十八、二十六、三十、三十一、三十三)、王爱军(实验六、十三、十五、二十七、二十九)、张国林(实验五、十、二十一、二十二、二十三、二十五、三十二)、王立红(实验二十、三十四、三十五)、邵长金(实验十四、十九)、杨振清(实验三十六)。同时,许多长期工作在实验教学一线的教师和实验技术人员也对本书的编写提出了宝贵的意见或建议。在本书编写过程中,我们也参考了兄弟院校的相关物理实验教材,在此向上述同仁表示衷心感谢。

本书虽经仔细编校,尽可能修正了已发现的错误,但个别疏漏与差错在所难免,欢迎广大读者不吝赐教并批评指正。

作者

2007年6月

目 录

Contents

第一章 绪论	1
第二章 物理实验基本测量方法	5
第三章 误差与不确定度的基本知识	10
第四章 数据处理的基本知识	23
第五章 基本实验	36
实验一 气轨上的实验——动量守恒定律的验证	47
实验二 用拉伸法测量钢丝的弹性模量	51
实验三 刚体转动惯量的测定	56
实验四 阻尼振动与受迫振动研究	62
实验五 液体表面张力系数测量	68
实验六 落球法测量液体粘滞系数	74
实验七 旋转液体的物理特性研究	79
实验八 示波器的原理与使用	84
实验九 用直流电桥测量电阻	95
实验十 用非平衡直流电桥测电阻	106
实验十一 电位差计的原理与使用	117
实验十二 用模拟法研究静电场	123
实验十三 利用霍尔效应测量磁场	128
实验十四 用非线性电路研究混沌现象	133
实验十五 典型传感器特性研究	138
实验十六 等厚干涉——牛顿环与劈尖	150
实验十七 分光计的调节和单色光波长的测量	154
实验十八 分光计的调节和固体折射率的测定	163
实验十九 偏振光的观察和应用	166
实验二十 迈克耳孙干涉仪	171

第六章 设计性实验	178
实验二十一 电热法测定液体的比热容	181
实验二十二 铜丝电阻温度系数的测定	182
实验二十三 用电位差计校准电表和测电阻	183
实验二十四 PN 结数字温度计的设计、制作与校准	186
实验二十五 数字万用电表的设计、制作与校准	191
第七章 近代及综合性实验	203
实验二十六 用动态法测定弹性模量	203
实验二十七 密立根油滴法测定基本电荷	208
实验二十八 晶体电光调制及其应用	214
实验二十九 全息照相	228
实验三十 用超声光栅测量声速	233
实验三十一 光电效应法测普朗克常数	239
实验三十二 纵向磁聚焦法测量电子的荷质比	245
实验三十三 固体、液体及气体中测量声速	250
实验三十四 半导体热电特性研究	262
实验三十五 双光栅微弱振动测量	269
实验三十六 半导体光电特性研究与应用	275
总附录	288

第一章

物理实验课的地位和作用

绪 论

一、物理实验课的地位和作用

物理学是一门建立在实验基础上的科学。任何物理规律的发现和物理理论的建立都要以严格的实验为基础,并受到实验的检验证实。显然,物理实验在物理学发展过程中起着重要的推动作用。

在经典力学发展之初,伽利略首先把科学的实验方法引入到物理学研究中,从而使物理学走上了真正的科学道路。牛顿正是在伽利略的研究基础上,亲自反复地观察与实验,经过 20 年不懈的努力,最后才建立了牛顿力学三定律和万有引力定律,从而成为伟大的经典力学奠基人。

物理学在发展过程中经历了多次变革,实验在每次变革中都起着直接的推动作用。例如杨氏双缝实验揭示了光的波动性质;光电效应实验导致了光量子理论的建立;奥斯特在一次课堂实验中发现了电流的磁效应;法拉第长达十年之久的实验回答了磁也可以产生电的问题。正是这许多电磁学实验现象的发现、实验规律的产生,再加上理论研究的艰苦努力,最后才由麦克斯韦建立了电磁学理论完整而优美的大厦。类似的例证在物理学史中俯拾皆是。

现代科学技术已得到了高度的发展,物理实验的构思、方法和技术极广泛地渗透到了各个自然科学学科和工程技术领域。它们与非物理学科自身的实验技术互相结合、互相推动,促进了各学科的完善与进步。在工程领域中许多技术手段,如地震探矿、声波测井、光谱法分析物质的化学成分、晶体管的设计制造乃至电路性能的测试、岩石孔隙度和渗透率的研究、原油或油品流动性质的研究等,实际上都是物理实验在专业领域中的应用。正是把物理学及其实验方法运用于专业,才使其得到了迅速的发展。今后,物理实验仍将起到促进各学科进一步发展的作用。

理工科大学的学生毕业后大多从事科学研究和生产技术研究开发工作,解决科研与生产实际中遇到的问题。这些问题往往要通过实验来解决,即使只需从理论出发即可提出解决问题的方法,也常常要先做实验来验证其可行性。因此,单凭理论知识显然是很不够的,必须具备一定的实验知识,掌握一系列的实验方法,熟悉并学会

使用必要的实验仪器,知道怎样对实验所得数据进行总结归纳、加工处理从而找出对解决问题有用的规律与结论,懂得怎样计算误差,判断所得规律与结论的可靠性,这就是所谓的实验能力。在大学阶段,物理实验课是各个非物理专业实验课程训练的开端与基础,学生对实验的学习将从这里开始。对学生一系列实验能力的培养,物理实验课担负着重要的打基础的任务。打不好基础,大厦是无法建好的。

二、物理实验课的教学目的和任务

物理实验课的目的首先是培养一种严谨求实、理论联系实际的科学素养与工作作风,同时也是较为系统严格的科学实验方法的学习训练,其次是为今后进行专业实验方法和实验技能的训练打下一个良好的基础。本课程的基本任务是:

(1) 通过对实验现象的观察分析和对物理量的测量,使学生进一步掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能,并能运用物理学原理和物理实验方法来研究物理现象,总结物理规律,加深对物理理论的理解。

(2) 通过实验训练培养提高学生从事科学实验的素质,包括理论联系实际和实事求是的科学作风,严肃认真的工作态度,不怕困难、主动进取的探索精神,遵守操作规程、爱护公共财物的优良品德,以及在实验过程中相互协作、共同探索的协同精神。

(3) 培养与提高学生科学实验的能力,包括以下几个方面:

自学能力——能够自行阅读实验教材与参考资料,正确理解实验原理与方法,在实验前作好实验的各项准备。

动手能力——能够借助教材与仪器说明书正确操作仪器,连接与拆除电路,制作必要的简单样品等。

客观观察与思维判断能力——对实验现象做不带任何成见与主观倾向的细致、准确的观察和记录。在此基础上,能够正确运用物理学理论,对实验现象及结果作出分析与判断。

表达书写能力——能够正确记录和处理实验数据,绘制图表,说明实验结果,撰写规范的实验报告。

初步的实验设计能力——能够根据课题要求,针对较简单的实验,确定实验方法和实验条件,合理选择搭配仪器用具,拟定实验步骤并独立完成实验。

三、物理实验课规则

(1) 实验前必须认真预习,按要求写出预习报告,并对讲义上列出的思考题进行回答。对于某些一时无法确切回答的问题,要在正式实验的过程中寻找答案。不预习或达不到预习要求者不准进行实验。

(2) 应准时到实验室上课。迟到超过 10 分钟者,不准进行实验。

(3) 实验任务应独立完成。在实验中积极思考,未经教师同意,不得请同学帮忙,并注意保持实验室安静、整洁。

(4) 进行实验时要按规定的顺序对号入座,不得自行调换仪器。如遇仪器发生故障,应及时报告指导教师。

(5) 操作仪器、连接线路必须按有关规程和注意事项进行。因违犯规程或违反纪律而损坏仪器者,应填写仪器损坏报告单并按学校规定赔偿。

(6) 实验完毕必须经教师检验数据并签字,然后整理仪器使之恢复实验前的状态,方可离开实验室。每个实验班应由教师安排值日学生在实验结束后清扫实验室。

(7) 实验的正式实验报告应在下一次实验时交给教师,同时须附上教师已签字的带有原始数据的预习报告。如未能按时交,教师要在记录本次实验成绩时酌情扣分。

(8) 无故缺课者不补课。因病(持校医院证明)、因事(持院系证明)缺课时,应及早与指导教师联系,安排补课。一学期缺席 3 个或 3 个以上实验者,不得参加本学期考试,该学期实验成绩按不及格记。

(9) 根据学校规定,物理实验课不及格者无补考机会,只能重修。重修按学校规定交费。

四、物理实验课的基本程序

物理实验课的基本程序一般可分为如下三个阶段:

1. 预习实验

由于实验课的课内时间有限,不允许在实验课内才开始研究实验的原理,而熟悉仪器和测量数据的任务一般又都比较繁重,为了在规定时间内高质量地完成实验课的任务,学生必须做好实验前的预习,并写出预习报告。

预习应以理解所做实验的原理为主,但不必在预习报告中详细写出。对于实验的具体过程只需作概括性的记录,抓住实验的关键步骤,在正式实验时能较好地控制实验进程,及时、准确地获得所需测量的数据即可。

在预习报告中应标明实验名称和实验目的,简要地写出仪器用具、实验内容和步骤,根据实验需要画出数据表格,并在表格上标明文字符号所代表的物理量及其单位,同时计划好测量次数(最好在列表时留出一些富余,以便修正错误时用,因为错误总是避免不了的)。

2. 进行实验

(1) 首先熟悉仪器,了解仪器的使用方法,然后将仪器按要求安装调整好。

(2) 实验数据应及时记录在预习报告的实验数据表格内,不可随意记在一张纸

或教材上。强调一点:必须根据仪器的最小分度单位或准确度等级决定实验数据的有效数字位数。

(3) 各个数据之间、数据与图表之间应留有一定的空隙,以备必要时补充和更正。如发现数据有错,不要乱涂,可在错误的数字上划一条横线(如12.5),将正确的写在旁边或补在最后,必要时可以简单地说明为什么是错误的。保留“错误”数据,不毁掉它是因为所谓“错误”数据有时经过比较后发现可能是正确的。

(4) 当实验结果与温度、湿度和气压等环境参量有关系时,如有必要,也应作相应的记录。

(5) 记录实验数据最关键的是客观诚实,不能随意改动数据,更不能依赖前几个测量值按臆想的“规律”编数据,这是一种非常恶劣的工作作风,对科学素质和实验能力的培养有百害而无一利,一经发现将严肃处理。数据的准确与否,往往决定了实验的成败。计算错误可以随时更正,但未经重复测试,实验原始数据不允许修改。

在两个人或多个人合做一个实验时,不能由一个人包办代替,使其他人处于被动状态,应分工协作,共同参与,以求共同达到预期的实验训练目的。

3. 撰写实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,要用简明的形式将实验结果完整而又真实地表达出来。写报告时要求文字通顺、字迹端正、图表规矩、结果正确、讨论认真。应养成实验完成后尽早将实验报告写出来的习惯,这样做可以收到事半功倍的效果。

在物理实验课程中,完整的实验报告通常包括下列部分:

- ① 实验名称;
- ② 实验目的;
- ③ 简要的实验原理、计算公式和必要的附图(电路图、光路图或其他示意图);
- ④ 仪器设备(包括其型号)及其主要规格(如量程、精度级别等)、编号;
- ⑤ 实验内容及必要的步骤、原始数据表;
- ⑥ 数据处理或计算过程;
- ⑦ 误差与不确定度的分析或估算(可根据具体实验的要求做定量、半定量或定性的分析或估算,误差过大时,应分析原因,对其做出合理解释);
- ⑧ 完整规范的实验结果表达与明确的实验结论;
- ⑨ 必要的简要讨论(包括实验过程中观察到的异常现象及其可能的解释,对于实验仪器装置和实验方法改进的建议等);
- ⑩ 回答书中的思考题。

第二章

(物理实验基本测量方法)

物理实验基本测量方法

任何物理实验都离不开物理量的测量。物理测量泛指以物理学理论为依据、以实验装置和实验技术为手段进行测量的过程。待测物理量的种类及内容非常广泛,包括力学量、原子分子物理及热学量、电学量和光学量等,对于同一物理量通常有多种测量方法。本章将对物理实验中常用的几种基本测量方法作概括的介绍。

一、比较法

比较法是将相同类型的被测量与标准量直接或间接地进行比较,测出其大小的测量方法。比较法可分为直接比较法和间接比较法两种。

1. 直接比较法

将被测量直接与已知数值的同类型量进行比较测出其大小的测量方法,称为直接比较测量法。这种方法所使用的测量仪表通常是可直读的(一般分为数字式和模拟式),所测量的物理量一般为基本量。例如,用米尺、游标尺和螺旋测微计测量长度,用秒表和数字毫秒计测量时间,用毫安表测电流等。仪表的分度预先用标准仪器进行校准,测量人员只需根据指示值就可以知道待测量的大小,无需作附加的计算或处理。由于测量过程简单方便,直接比较法在物理量测量中应用最广泛。

2. 间接比较法

当一些物理量难以用直接比较法测量时,可以利用物理量之间的函数关系,将被测量与同类标准量进行间接比较测出其值。图 1 为应用欧姆定律将待测电阻 R_x 与一个可调节的标准电阻 R_s 进行间接比较测量的示意图。若电源输出电压 U 保持不变,调节标准电阻 R_s ,使开关 K 在“1”和“2”两个位置时,电流表指示值不变,则

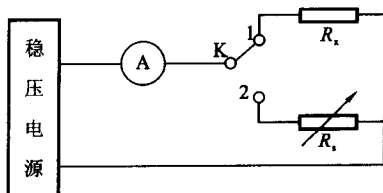


图 1

$$R_x = R_s = U/I$$

二、放大法

物理实验中常遇到一些微小物理量的测量,直接测量有困难,为了提高测量精度,常常需要选用合适的测量装置,将被测量放大后再进行测量。常用的放大法有机械放大法、光学放大法、电子放大法和累积放大法等。

1. 机械放大法

螺旋测微法即是一种典型的机械放大法。其放大原理是:将沿轴线方向的微小位移,通过螺旋用半径较大的鼓轮圆周上的较大弧长精确地表示出来,从而大大提高了测量精度(可提高 100 倍以上)。这种读数放大方法除了用在螺旋测微计上之外,还在其他装置的测量系统中被采用,如读数显微镜、微米计、迈克尔孙干涉仪等高精度测量仪器。

另外,各种指针式电表也采用了机械放大法,即通过加大指针的长度,将电表中线圈转子受力后的偏转转化为容易读取的数据。

2. 光学放大法

常用的光学放大法有两种,一种是使被测物通过光学装置形成放大像,便于观察判别,而测量时仍以常规测微长度仪器进行,例如放大镜、显微镜、望远镜等就属于这一种放大法;另一种是使用光学装置将待测微小物理量进行间接放大,通过测量放大的物理量来获得微小物理量,例如测量微小长度和微小角度变化的光杠杆法,即是第二种光学放大法的应用。光学杠杆的放大原理在高灵敏度的电表中也得到了应用,如冲击电流计、灵敏电流计等。

3. 电子放大法

实验中往往需要测量变化微弱的信号,如电流、电压等,或者利用微弱的电信号去控制某些机构的动作。这时必须用电子放大器将微弱信号放大后,才能利用普通的仪器进行有效的观察、控制和测量,这就是电子放大法。这种方法一般是利用三极管或集成电路来完成的,各种放大电路可参见有关电子学电路方面的文献。

4. 累积放大法

把数值变化相等的微小量累积起来,达到便于用比较法测量的数值后,再用比较法测出累积值,然后除以累积倍数求得微小量的值,这种方法即为累积放大法。

例如,单摆摆长很短时,摆动的周期 T 很小,不便于秒表测量。这时若累积测 100 个周期的总时间即 $t=100T$ 是可以测准的,然后再由 $T=t/100$,就可以求得待测微小时间——单摆周期 T 。

三、补偿法

补偿法是通过调节一个或几个与被测物理量有已知平衡关系(或已知其值)的同类标准物理量,去抵偿(或补偿)被测物理量的作用,使系统处于补偿(或平衡)状态。处于补偿状态的测量系统中,被测量与标准量具有明确的关系,由此可测得被测量值,这种测量方法称为补偿法。

补偿法的特点是测量系统中包含有标准量具,还有一个示零部件。在测量过程中,被测量与标准量直接比较,测量时可调整标准量,使标准量与被测量之差为0,这个过程称为补偿或平衡操作。

图2是一种典型的补偿法测量电动势的原理图。图中 E_0 为连续可调的标准电源, E_x 为待测电源, G 为检流计。调节 E_0 的大小使检流计 G 指零,此时电路处于补偿状态,即 $E_x = E_0$,从而可以测出电源的电动势。

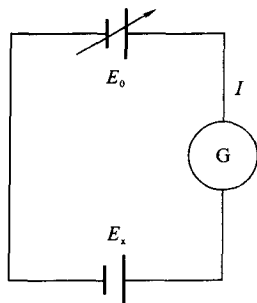


图2

同样,在用平衡电桥测电阻,天平测质量等实验中也可以用补偿原理,在此不再详述。

采用补偿法进行测量的优点是,可以消除一些恒定系统误差,获得比较高的精确度,但这种方法的调节过程复杂,在测量时应首先进行补偿操作。

四、干涉法

干涉法是应用相干波产生干涉时所遵循的规律进行有关物理量测量的方法,通常有机械波(如声波)、光波、无线电波等干涉现象,其中以光波干涉应用最广,主要用来测量长度、角度、波长、气体或液体的折射率以及检测各种光学元件的质量好坏等。

劈尖干涉法是比较简单且常见的一种干涉法,如图3所示。它是以光的等厚干涉原理为基础的,利用它一方面可以测量细丝的直径(也可以是其他微小尺度的物体),即将待测的细丝放在两块平板玻璃之间的一端,由此形成劈尖形空气隙,当用波长为 λ 的单色光垂直照射在玻璃板上时,在空气隙的上表面形成一组平行于劈棱的明暗相间的等间距干涉条纹,并且两相邻明(或暗)条纹所对应的空气隙厚度之差为半个波长。

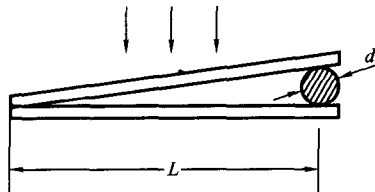


图3

因此,若劈尖产生干涉条纹的总长度为 L ,单位长度中所含条纹数为 n ,则细丝的直径为 $d = nL\lambda/2$ 。另一方面,劈尖干涉法还可用来检测光学玻璃表面的光洁度,

即将待测玻璃面与一块平板光学玻璃构成劈尖,当用单色光垂直照射时,观察其形成的等厚干涉条纹,若条纹产生弯曲,则说明待测玻璃面在该处不平整。

除此以外,干涉原理还可制作出许多其他用途的干涉仪,如精密测长用的迈克尔孙干涉仪、用来测定折射率的折射干涉仪、测天体用的天体干涉仪、工业上用来测定机件磨光面光洁度的显微干涉仪等。

五、非电量电测法

在科学研究、工农业生产、国防建设和日常生活中,人们得到的信息绝大多数是非电量信息,这些信息往往难以精确测量,而且即使能被检测出,也难以放大、处理和传输。为此,常常借助于一种有特殊功能的装置来灵敏、精确地检测有关信息,并把这些信息转换为便于处理的物理量。由于电信号易于放大、处理、存储和远距离传输,加之现今计算机只能处理电信号,所以目前多将被测的非电量转换为电学量进行测量,从而形成非电量电测技术。非电量电测法也是一种转换测量法。

非电量电测系统一般包括传感器、测量电路、放大器、指示器、记录仪等部分。其中,最关键的部件是实现变量转换的器件——传感器,它能以一定的精确度把各种非电量通过电子放大、显示、计算等装置转换为能测量的电信号。传感器的种类很多,如电阻式、电感式、磁电式、压电式、热电式、光电式等。

由于非电量电测技术有测量精度高、反应速度快、能自动连续测量、便于远距离测量等优点,其应用领域越来越广,下面介绍几种常用的非电量电测方法。

1. 热电转换

热电转换是将热学量转换成电学量测量。例如,利用温差电动势原理,将温度的测量转换成热电偶的温差电动势的测量;利用电阻随温度变化的规律,将温度的变化转换成热敏电阻的阻值变化的测量。

2. 力电转换

这是一种机械运动或机械力与电学量之间的转换。话筒和扬声器就是大家所熟知的这种传感器。话筒把声波的压力变化转换为相应的电压信号,而扬声器则进行相反的转换,即把变化的电信号转换成声波。利用这种变换,可以用电学仪器测量声压、声速、声频率等物理量。

3. 光电转换

这是一种将光通量转换为电学量的测量方法,其变换的原理是光电效应,转换器件有光电管、光电倍增管、光电池、光敏二极管等。各种光电转换器件在控制和测量系统中已获得相当广泛的应用,近年来已广泛用于光通讯系统和计算机的光输入设备等。应用光电元件,可以把光学测量转变为电学测量。

4. 磁电转换

这是一种利用半导体霍尔效应进行磁学量与电学量转换的测量方法。

转换测量法虽然种类繁多,应用广泛,但在设计使用时应注意以下几点:

- (1) 首先要确定变换原理和参量关系式的正确性。
- (2) 传感器要有足够的输出量和稳定性,便于放大或传输。
- (3) 判明在转换过程中是否伴随其他效应。若有,则必须采取措施进行补偿或消除。

第三章

—误差与不确定度的基本知识—

误差与不确定度的基本知识

一、测量与误差

1. 测量

物理实验以测量为基础,著名物理学家开尔文曾用如下这段话把测量的重要性概括为一门科学的最本质部分:“假如你能够量度你所谈的东西并能用数量表示它,你对它就有些了解了。假如你不能量度它,不能用数量表示它,你对它的知识就是贫乏而不能令人满意的,这也许只是知识的入门,但不管怎样,你的知识还没有提高到科学的程度。”

测量,就是人们借助专门的设备,通过实验获得被测对象的量值的过程。根据获得测量结果所用方法的不同,测量可大致分为直接测量和间接测量。

(1) 直接测量:无需对被测量与其他实测的量进行函数关系的辅助计算而直接得到其量值的测量过程。这可以是把被测量与作为标准的量直接比较,如用米尺测长度,用天平和砝码测物体质量;也可以是用预先校对好的测量器具对被测量进行测量,如用伏特表测电路中的电压,等等。

(2) 间接测量:利用直接测量的量与被测量之间的函数关系获得其量值的测量过程。例如测球体的质量密度 ρ ,就要先直接测出其直径 d 和质量 m ,然后用如下公式计算: $\rho = \frac{6m}{\pi d^3}$ 。

2. 测量的误差

无论用哪种方法测量,所得结果总包含如下几个要素:

- ① 数值;
- ② 单位;
- ③ 所得量值的可靠程度。

其中最后一点也是十分重要的。实践证明,不论科学技术怎样发展,测量所得结果总不会与被测对象的真实情况完全吻合。由于实验仪器精确度的限制、所采用的方法总有一定的近似性、实验者的观察力局限等原因,测量结果总是带有一定的误