



卓越工程技术人才培养特色教材

DAXUE WULI
KAIFANG SHIYAN JIAOCHENG

大学物理开放实验教程 (第2版)

主 编 董正超 施建珍 薛同莲 董小燕 方靖淮 沐仁旺



卓越工程技术人才培养特色教材

大学物理开放实验教程

(第2版)

主 编	董正超	施建珍	薛同莲	董小燕
	方靖淮	沐仁旺		
副主编	李雅丽	缪世群	兰燕娜	潘宝珠
编 委	金艳云	王爱红	赵永林	陶苗苗
	李红兵	崔荣华	李晓波	邹亚琪
	周晓燕	龚 斌	杨培培	范利平

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

大学物理开放实验教程 / 董正超等主编. —2 版
—镇江: 江苏大学出版社, 2017. 6
ISBN 978-7-5684-0532-4

I. ①大… II. ①董… 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(2017)第 166343 号

大学物理开放实验教程(第 2 版)

主 编/董正超 施建珍 薛同莲 董小燕 方靖淮 沐仁旺

责任编辑/徐 婷

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/句容市排印厂

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/25. 75

字 数/597 千字

版 次/2017 年 6 月第 2 版 2017 年 6 月第 3 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0532-4

定 价/50. 00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

江苏省卓越工程技术人才培养特色教材建设 指导委员会

主任委员：丁晓昌（江苏省教育厅副厅长）

副主任委员：史国栋（常州大学党委书记）

孙玉坤（南京工程学院院长）

田立新（南京师范大学副校长）

梅强（江苏大学副校长）

徐子敏（江苏省教育厅高教处处长）

王恬（南京农业大学教务处处长）

委员会：（按姓氏笔画为序）

丁晓昌 马铸 王兵 王恬

方海林 田立新 史国栋 冯年华

朱开永 朱林生 孙玉坤 孙红军

孙秀华 芮月英 李江蛟 吴建华

吴晓琳 沐仁旺 张仲谋 张国昌

张明燕 陆雄华 陈小兵 陈仁平

邵进 施盛威 耿焕同 徐子敏

徐百友 徐薇薇 梅强 董梅芳

傅菊芬 舒小平 路正南

序

深化高等工程教育改革、提高工程技术人才培养质量,是增强自主创新能力、促进经济转型升级、全面提升地区竞争力的迫切要求。近年来,江苏高等工程教育飞速发展,全省46所普通本科院校中开设工学专业的学校有45所,工学专业在校生约占全省普通本科院校在校生总数的40%,为“十一五”末江苏成功跻身全国第一工业大省做出了积极贡献。

“十二五”时期是江苏加快经济转型升级、发展创新型经济、全面建设更高水平小康社会的关键阶段。教育部“卓越工程师教育培养计划”启动实施以来,江苏认真贯彻教育部文件精神,结合地方高等教育实际,着力优化高等工程教育体系,深化高等工程教学改革,努力培养造就一大批创新能力强、适应江苏社会经济发展需要的卓越工程技术后备人才。

教材建设是人才培养的基础工作和重要抓手。培养高素质的工程技术人才,需要遵循工程技术教育规律,建设一套理念先进、针对性强、富有特色的优秀教材。随着知识社会和信息时代的到来,知识综合、学科交叉趋势增强,教学的开放性与多样性更加突出,加之图书出版行业体制机制也发生了深刻变化,迫切需要教育行政部门、高等学校、行业企业、出版部门和社会各界通力合作,协同作战,在新一轮高等工程教育改革发展中抢占制高点。

2010年以来,江苏大学出版社积极开展市场分析和行业调研,先后多次组织全省相关高校专家、企业代表就应用型本科人才培养和教材建设工作进行深入研讨。经各方充分协商,拟定了“江苏省卓越工程技术人才培养特色教材”开发建设的实施意见,明确了教材开发总体思路,确立了编写原则:

一是注重定位准确,科学区分。教材应符合相应高等工程教育的办学定位和人才培养目标,恰当把握与研究型工程人才、设计型工程人才及技能型工程人才的区分度,增强教材的针对性。

二是注重理念先进,贴近业界。吸收先进的学术研究与技术成果,适应经

济转型升级需求,适应社会用人单位管理、技术革新的需要,具有较强的领先性。

三是注重三位一体,能力为重.紧扣人才培养的知识、能力、素质要求,着力培养学生的工程职业道德和人文科学素养、创新意识和工程实践能力、国际视野和沟通协作能力。

四是注重应用为本,强化实践.充分体现用人单位对教学内容、教学实践设计、工艺流程的要求以及对人才综合素质的要求,着力解决以往教材中应用性缺失、实践环节薄弱、与用人单位要求脱节等问题,将学生创新教育、创业实践与社会需求充分衔接起来。

五是注重紧扣主线,整体优化.把培养学生工程技术能力作为主线,系统考虑、整体构建教材体系和特色,包括合理设置课件、习题库、实践课题以及在教学、实践环节中合理设置基础、拓展、复合应用之间的比例结构等。

该套教材组建了阵容强大的编写专家及审稿专家队伍,汇集了国家教学指导委员会委员、学科带头人、教学一线名师、人力资源专家、大型企业高级工程师等.编写和审稿队伍主要由长期从事教育教学改革实践工作的资深教师、对工程技术人才培养研究颇有建树的教育管理专家组成.在编写、审定教材时,他们紧扣指导思想和编写原则,深入探讨、科学创新、严谨细致、字斟句酌,倾注了大量的心血,为教材质量提供了重要保障。

该套教材在课程设置上基本涵盖了卓越工程技术人才培养所涉及的有关专业的公共基础课、专业公共课、专业课、专业特色课等;在编写出版上采取突出重点、以点带面、有序推进的策略,成熟一本出版一本.希望大家在教材的编写和使用过程中,积极提出意见和建议,集思广益,不断改进,以期经过不懈努力,形成一套参与度与认可度高、覆盖面广、特色鲜明、有强大生命力的优秀教材。

江苏省教育厅副厅长

丁晓昌

2012年8月

◎ 前 言 ◎

大学物理实验是学生进入大学后系统学习基本实验知识、实验方法和培养实验技术能力的开端,是理工科学生必修的一门公共基础课;是培养学生实践能力和创新能力、提高学生科学素质的重要课程。开放式实验教学是定位于突破传统教学方式、注重以学生为主体、发挥学生个性特点、培养学生创新精神的一种教学模式,它把物理实验教学的各个环节从实验室有限的范围扩展至广大的网络空间,调动和激发了学生关注物理实验和主动学习物理实验的积极性。开放实验教学模式是教育部在高等院校大力提倡推广的新型实践教学模式。实验室开放教学已成为国家教育部门评估高校教学工作水平的重要观测点之一,也是近年来物理实验教学改革热点之一。

本教材在内容上打破物理实验中力、热、电、光的界限,打破物理实验与近物实验的界限以及近物实验与专业实验的界限,从启迪学生科学思维和创新意识出发,精心设计32个“开放实验基础训练”实验项目、13个“开放实验”项目和17个“其他常见实验”项目,专题归纳“长度”“杨氏模量”“刚体转动惯量”“折射率”“波长”“速度和加速度”的多种测量方法,并对“霍尔元件”“电桥及电位差计”“电学电路”“示波器的结构及使用”等的原理及应用进行介绍,涵盖了力学、热学、电学、光学和近代物理等知识点,侧重培养学生的综合思维和创造能力,进而激发学生强烈的学习热情,使学生由被动学习转变为主动学习。

本教材适用于“普通”和“应用型”本科教学,是根据各高校实验条件和理工医科类“普通”“应用型”本科专业设置特点编写的,在吸取国内同类教材优点的基础上,融入了编者多年来的实验教学经验,凝聚了很多教师和实验技术人员的智慧和辛勤劳动。本教材编写中,参考了一些有关物理实验的教材。本教材得到了南通大学的支持和南通大学杏林学院课程建设项目资助。在此向有关作者谨致谢意,同时向给予支持的许多物理实验教师、实验技术人员和单位表示衷心的感谢。

由于编者的能力和水平有限,教材中难免有许多不足甚至错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年6月于南通

◎ 目 录 ◎

第一章 绪 论

第一节 物理实验课的目的和要求	001
第二节 物理实验课的 3 个环节	001
第三节 开放实验要求	003

第二章 物理实验预备知识

第一节 测量及其分类	004
第二节 有效数字	007
第三节 误差及其分类	009
第四节 测量的不确定度	016
第五节 数据处理	020
练习题	035

第三章 常用测量仪器

第一节 长度测量仪器	037
第二节 角度测量仪器	047
第三节 质量测量仪器	056
第四节 温度测量仪器	060
第五节 时间测量仪器	062
第六节 压强测量仪器	075
第七节 电磁测量仪器	080
第八节 测量仪器的选择及测量条件	112

第四章 开放实验基础训练

实验 4.1 固态物体的长度和密度的测量	117
实验 4.2 薄透镜焦距的测定	121
实验 4.3 金属线膨胀系数的测定	127
实验 4.4 利用等厚干涉测透镜的曲率半径	130
实验 4.5 生物、医学显微镜的使用	134
实验 4.6 用双光栅测量微弱振动位移量	140
实验 4.7 拉伸法测杨氏模量	147

实验 4.8	杨氏模量电测法	151
实验 4.9	动态悬挂法测定材料的杨氏模量	156
实验 4.10	复摆特性的研究	161
实验 4.11	用扭摆法测物体的转动惯量	166
实验 4.12	用三线摆测物体的转动惯量	171
实验 4.13	分光计的调节与棱镜折射率测定	177
实验 4.14	偏振光的观测与研究	182
实验 4.15	用阿贝折射仪测液体折射率	186
实验 4.16	迈克尔逊干涉仪的调节和使用	192
实验 4.17	单色仪的定标	199
实验 4.18	透射光栅特性研究	203
实验 4.19	用双棱镜干涉测钠光波长	206
实验 4.20	霍尔效应的研究	211
实验 4.21	用霍尔效应法测量螺线管的磁场分布	220
实验 4.22	用霍尔效应法测亥姆霍兹线圈磁场分布	224
实验 4.23	测定电学元件的伏安特性	232
实验 4.24	电表的改装和校准	236
实验 4.25	数字多用表的设计和定标	239
实验 4.26	电子束的偏转实验	247
实验 4.27	示波器的使用	256
实验 4.28	惠斯通电桥测电阻	261
实验 4.29	用板式电位差计测量电池的电动势和内阻	266
实验 4.30	用精密电位差计校正电表	270
实验 4.31	气垫导轨测量速度和加速度	275
实验 4.32	用超声波法测声波的速度	282

第五章 开放实验

实验 5.1	长度的测量	291
实验 5.2	密度的测量	292
实验 5.3	测电流表和电压表内阻	293
实验 5.4	相位差的测定	293
实验 5.5	测量液体和固体介质中的声速	294
实验 5.6	交流数字电流表和欧姆表的设计	295
实验 5.7	测量直角三棱镜的顶角和折射率	296
实验 5.8	测量透明固体薄片的折射率	296
实验 5.9	测量单色光的波长	297
实验 5.10	双棱镜干涉中的两虚光源间距的测量	298
实验 5.11	望远镜和显微镜的组装	299

实验 5.12	测定铁磁材料的居里点	300
实验 5.13	稳压电源的设计与制作	303

第六章 其他常见实验

实验 6.1	传感器法测液体的表面张力系数	310
实验 6.2	落球法测定液体的黏滞系数	315
实验 6.3	用传感器法测定空气的比热容比	320
实验 6.4	用旋光仪测旋光性溶液的浓度	324
实验 6.5	阿贝成像原理和空间滤波实验	327
实验 6.6	串联电路暂态过程的研究	334
实验 6.7	研究非线性电路的混沌现象	339
实验 6.8	测定电介质材料的介电常数	344
实验 6.9	铁磁材料磁滞回线及基本磁化曲线的测量	348
实验 6.10	普朗克常数的测定——光电效应	354
实验 6.11	模拟法描绘静电场	360
实验 6.12	音频信号光纤传输技术实验	364
实验 6.13	夫兰克-赫兹实验	367
实验 6.14	密立根油滴实验	373
实验 6.15	心电图机原理及使用	379
实验 6.16	G-M 计数管特性研究	384
实验 6.17	塞曼效应仿真实验研究	389

第一章

绪论

第一节 物理实验课的目的和要求

物理实验是高等院校各专业第一门必修的独立设置的基础实验课程,是学生进入大学接受系统实验方法和实验技能训练的开端。它在培养学生用实验手段去发现、观察、分析和研究问题、最终解决问题的能力方面起着重要的作用,也为学生独立地进行科学实验研究,设计实验方案,选择、使用仪器设备和提出新的实验课题,以及进一步学习后继的实验课程打下良好的基础。

物理实验课的主要目的和任务是使学生能独立进行科学实验研究:

(1) 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理知识,加深学生对物理学原理的理解。

(2) 培养和提高学生的科学实验能力,其中包括:能够自行阅读实验教材,做好实验前的准备;能够借助教材与说明书,正确使用常用仪器;能够运用物理学原理对实验现象进行初步分析判断;能够正确记录和处理实验数据,绘制曲线,说明实验结果,撰写合格的实验报告;能够完成简单的设计性实验。

(3) 培养提高学生的科学实验素养,要求学生具有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,主动研究的探索精神和遵守纪律、爱护公物的优良品德。

在整个物理实验教学过程中,学生必须主动、自觉、创造性地获得知识和技能,决不仅仅是通过实验获取几个数据,更是要通过实验去探索研究问题。因此,在观察实验现象时,要事先明确做什么,应该怎样去做,而且还要懂得为什么要这样去做。在做实验过程中,要正确简明、有条有理地记录数据,要做到在做第一百次测试时仍像第一次测试那样认真,并对测试结果完全负责。在写报告时,要确切地分析、评定自己的工作。

第二节 物理实验课的3个环节

物理实验的整个学习研究过程中,不但要去理解和体会实验中反映出来的规律,而

且还要通过思考自己的实验结果,发现新的规律,获得新的见解,并以适当的表现方式,写成书面实验报告。为此,学习者必须认真完成物理实验课程的3个主要教学环节。

一、课前预习

预习是进行实验的基础。预习时首先要认真阅读教材中的有关章节及附录(含网上资源),弄清实验的目的、要求、原理和方法,了解实验仪器的主要性能、使用方法和操作注意事项,写出预习报告,预习报告应包括:实验项目名称、目的;原理摘要(包括主要原理公式及扼要说明词,电学实验应画出电原理图,光学实验应画出光路图);实验步骤摘要;实验中的原始数据记录表格;实验注意事项及预习题等。

上课时,教师将检查学生预习情况。对于没有预习和未完成预习报告的学生,教师有权停止该生本次实验。

二、课堂实验

实验操作是实验的主要内容,是培养科学实验能力的主要环节。进入实验室后,必须遵守实验室有关规章制度,爱护仪器设备,注意安全,动手前先要了解仪器的性能、规格、使用方法和操作规程,不要乱动仪器,服从实验室工作人员和教师的指导。对于严重违反实验室规则者,教师应停止其实验,并按有关规定处理。

实验时,首先应了解所有将使用的仪器、装置的主要功能、量程、级别、操作方法和注意事项。连接电路或排设光路时都必须认真检查,经确认准确无误后,才能开始实验。起初可做试验性探索操作,粗略地观察一下实验过程和数据状况,若无异常现象,便可正式进行实验。如有异常现象,应立即切断电源,认真思考,分析原因,并向教师反映,待异常情况排除后,再开始进行实验。

实验中,必须如实、及时地记录数据和现象,其中包括主要仪器的名称、型号、级别及实验环境条件等,记录数据必须注意有效数字和单位。必须用钢笔或圆珠笔将数据记录在“原始数据记录表”中,不可使用铅笔。如记录的数据有错误,可用一斜线划掉后,把正确的数据写在其旁,决不允许涂改数据。

数据记录应做到整洁清晰而有条理,尽量采用列表法。在根据数据特点设计表格时,力求简单明了,分类清楚而有条理,便于计算与复核,达到省工省时的目的。在标题栏内要求注明单位。

做完实验,应将实验数据交教师审阅,对不合理的数据,需补做或重做实验,教师对有抄袭嫌疑的数据,要责成学生重做实验。经教师签字后,学生再将仪器及相关配件整理复原,并做好清洁工作,填写好实验运行记录本,方可离开实验室。

三、课后实验报告

实验报告是对实验的简明总结,要求使用统一规格的实验报告纸书写,文理通顺、字迹端正,“原始数据记录表”作为附件,随报告一起在下次实验时交教师批阅。

实验报告一般包括:

- (1) 实验名称;
- (2) 实验目的;
- (3) 实验仪器(包括名称、规格型号);
- (4) 实验原理(包括主要原理、公式及扼要说明,电学实验应画出电原理图,光学实验应画出光路图简要原理);
- (5) 实验步骤(用自己的语言写出关键性的实验测量方法及仪器调整操作技巧);
- (6) 实验数据表格、数据处理计算过程(先列出公式,再代入数值进行运算;误差估算要预先写出误差公式再代数据计算;作图及实验结果等,其中要特别注意有效数字和单位的正确表达);
- (7) 实验现象分析、误差的评估及讨论等,讨论可以包括讨论思考题、提出改进建议及心得体会等。

第三节 开放实验要求

实验教学是高等学校教育教学的重要环节,对学生综合素质的培养和能力的提高起着至关重要的作用。传统的实验教学模式着重锻炼学生的基本能力,新的实验教学要求培养学生的创造能力。为了能让学生,尤其是高年级的学生有充分发挥主观能动性、培养科研能力和素质、实现自我优势的机会,从实验中心的实际出发,通过先期对学生基本实验仪器测量技能的训练,再通过开放实验项目来锻炼学生分析问题和解决问题的能力,提高学生的综合素质。

一般开放性实验要求学生先提交一份实验计划,经指导教师审核确认学生有能力来完成此项实验,然后才能允许学生进行开放实验,整个实验设计及实验过程由学生独立完成,非必要情况下教师不再参与实验指导。

第二章

物理实验预备知识

第一节 测量及其分类

物理实验是利用已掌握其变化规律的物理过程,测量未知物理量;或在未知规律的物理过程中,探索各种物理量变化规律的实践。物理量之间存在千丝万缕的联系,依据这种联系,不必对各物理量的单位一一做出规定,只需对最基本的物理量的单位做出规定,其他物理量的单位则依据定义或规律导出。在国际单位制中有7个基本物理量,即长度—米(m)、时间—秒(s)、质量—千克(kg)、电流—安培(A)、热力学温度—开尔文(K)、发光强度—坎德拉(cd)、物质的量—摩尔(mol)。除质量单位之外,其他基本单位的定义均是建立在物理现象的基础上。另外规定了两个辅助单位,平面角—弧度(rad)、立体角—球面度(sr)。其他物理量单位都可以由这些基本单位和辅助单位导出,常用的导出单位参照中华人民共和国法定计量单位。

一、测量

测量:就是将待测量与同类标准量进行比较,确定它是标准量的多少倍,这个倍数称为待测量的大小。

测量结果由两部分构成,测量值大小和单位,两者缺一不可,否则所得结果是没有意义的。只有极少数物理量是无单位的纯数。被选作比较用的标准量必须是国际公认的、唯一的和稳定不变的各种测量仪器,如米尺、秒表、天平等,都有符合一定标准的单位和与单位成倍数的标度,本教材选用国际单位制。

二、测量的分类

1. 直接测量和间接测量

(1) 根据获得测量结果的方法不同,分为直接测量和间接测量。

直接测量:就是把待测物理量直接与标准量(仪器或量具)进行比较,直接读数得到测量结果。例如:用米尺测量物体的长度、用天平称量物体的质量、用安培计测量电路中的电流强度等,都属于直接测量。

(2) 直接测量按测量的次数不同分为单次测量和多次测量。

单次测量:只进行一次的测量称为单次测量。单次测量主要在以下情况时采用:

① 由于测量条件所限制,使得测量所带来的误差远大于仪器的不确定度;② 由于该测量量的不确定度远小于其他测量量的不确定度。

多次测量:测量次数超过一次的测量称为多次测量。多次测量按测量条件又分为等精度测量和非等精度测量。

间接测量:就是待测物理量无法直接与标准物理量进行比较、读数,只能利用直接测量量与被测量之间存在的函数关系来计算得到被测量物理量的值的方法。例如:测圆柱体的体积,可通过测量圆柱体的高 H 和直径 D ,由 $V = \frac{1}{4}\pi D^2 H$ 获得圆柱体的体积。

2. 等精度测量和非等精度测量

根据获得测量结果的条件不同,分为等精度测量和非等精度测量。

等精度测量:指在相同测量条件下,对同一被测量进行多次重复测量。相同条件是指同一测量水平的人、同一仪器、同样的实验方法、同样的实验环境。测得的所有数据,可信度相同,数据处理过程地位相同。

非等精度测量:就是指在不同的测量条件下,对同一待测量对象重复测量。测得的所有数据,可信度不同,数据处理过程地位不同,按照测量精度的高低区别对待。

三、测量方法

物理实验方法是指以一定的物理现象、物理规律和物理原理为依据,确立合适的物理模型,研究各种物理量之间关系的科学实验方法。而测量方法是指测量某一物理量时,如何根据要求,在给定的条件下,尽可能地减小系统误差和随机误差,使获得的测量值更为精确的方法。由于现代物理实验离不开定量的测量,因此实验方法和测量方法相辅相成,互相依存,甚至无法予以严格区分。常用的测量方法主要有比较法、补偿法、放大法、转换法、模拟法和光学实验法等。

1. 比较法

将待测量与标准量具进行比较而得到测量值的方法。

直接比较法:把待测物理量直接与标准量(仪器或量具)进行比较,直接读数得到测量结果。

间接比较法:利用物理量之间的函数关系,将待测物理量与同类标准进行间接比较的测量。

2. 补偿法

把标准值 E_s 选择或调节到与待测物理量 E_x 相等,用于抵消待测物理量的作用,使系统处于平衡状态,则待测物理量与标准值之间存在确定的关系,这种方法叫补偿法。

3. 放大法

放大被测量所用原理和方法称为放大法。常用的放大法有积累放大法、光学放大法、机械放大法、电学放大法等。应用在单摆周期的测量、光杠杆原理和游标卡尺等。

(1) 积累放大法

在被测物理量能够简单重叠的条件下,将它延展若干倍,再进行测量的方法称为积累放大法。如在实验 4.10 和实验 4.11 中,测量周期 T 时,是测出 n 次周期的总时间 t ,再计算出 $T = \frac{t}{n}$;在实验 4.5 中,通过测量测微物镜 n 条刻线长度的像长 $P'Q'$,来计算显微镜物镜的横向放大率;在实验 4.16 中,通过数“冒出”或“缩进” n 个条纹,测量动镜移动距离 Δd ,计算光波的波长为 $\lambda = \frac{2\Delta d}{n}$;在实验 4.19 中,测量干涉条纹的间距,通过测量 n 个条纹的间距 ΔL ,计算条纹间距为 $\Delta x = \frac{\Delta L}{n}$ 。

积累放大法的优点是在不改变测量性质的情况下,将被测量展延若干倍后再进行测量,从而增加测量结果的有效数字位数,减小测量值的相对误差。

(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。例如螺旋测微系统利用螺杆鼓轮,使仪器的最小分度值由 1 mm 变为 0.01 mm,从而提高测量精度;又如在游标卡尺通过主尺和游标尺,将仪器的最小分度值由 1 mm 变为 0.02 mm;再如分光计读数盘的设计中,采用增设游标读数装置将仪器的最小分度值 0.5° 变为 $1'$ 和增大刻度的半径两种方法提高仪器的测量精度。

(3) 电磁放大法

要对微弱的电信号(电流、电压或功率)有效地进行观察和测量,常采用电子学中的放大电路。例如在实验 6.10 中,就是将微弱的光电流通过电流测量放大器放大后进行测量的。此外,利用示波管或显像管将电信号放大,除具有直观显示的优点外,还可以进行定量测量。

在非电信号的测量中,将非电信号转换为电信号,再将电信号放大后进行测量已成为科技工作者常用的测量方法。

(4) 光学放大法

光学放大法有两种:一种是被测物通过光学仪器形成放大的像,便于观察,例如常用的测微目镜、读数显微镜等;另一种是通过测量放大后的物理量,间接测得自身很小的物理量,例如实验 4.3 和实验 4.7 等,利用光杠杆法测量长度的微小变化量。

4. 平衡法

利用物理学中平衡原理的方法。例如:物理天平和托盘天平利用杠杆平衡原理进行质量的测量。

5. 转换法

在测量中,对于某些不能直接与标准比较的被测量,需将其转换成能与标准量相比较的物理量之后再行测量,这种方法称为转换测量法,简称换测法。由于物理量之间存在多种效应,所以有各种不同的转换法,所有转换法大致可分为参量换法和能量换法。能量换法:热电转换、压电转换、光电转换、磁电转换等测量转换成霍尔元件的工作电流

和霍尔电压的测量,就是利用该原理制成的测量磁场的仪器。

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。模拟法是以相似理论为基础的,根据相似理论,设计与被测量原型(被测物、被测现象等)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,模拟法分物理模拟法和数学模拟法。

7. 光学实验方法

干涉法:利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。

衍射法:在光场中放置一线度与入射光波长相当的障碍物(如狭缝、细丝、小孔、光栅等),在其后方将出现衍射图样,通过对衍射图样的测量与分析,可定出障碍物的大小。利用射线在晶体中的衍射,还可进行物质结构的分析。

光谱法:利用分光元件(棱镜或光栅),将发光体发出的光分解为分立的按波长排列的光谱,测得光谱的波长、强度等参量,可进行物质结构的分析。

光测法:用单色性好、强度高、稳定性好的激光做光源,再利用声—光,电—光,磁—光等物理效应,可将某些需精确测量的物理量转换为光学量来测量。光测法已发展成为一种重要的测量手段。

第二节 有效数字

有效数字就是解决如何正确使用仪器、量具进行读数。根据仪器、量具示数方式的不同,将其分为模拟式仪器、量具和数字式仪器、量具两种。用模拟式仪器、量具进行测量时,首先要了解它的测量范围(量程)和最小分度值。最小分度值是仪器、量具的最小量或读数精度。从模拟式仪器、量具上读数时,要尽可能读到仪器、量具最小分度值的下一位(有时在同位)。最小分度值以上的数字可以直接从仪器、量具读出,是准确的,称为可靠数字(或者准确数字)。最小分度值以下的数字需要估读,是不确定的,称为可疑数字。可疑数字虽不确定,但它代表了物理量一定大小,是有一定意义,对测量值有一定贡献的数字,因而是有效的,一个正确读数中只能有一位估读数字。

所谓有效数字,就是把仪器、量具上直接读出的可靠数字加上一位估读数字称为测量值的有效数字。实验数据的有效数字位数,不能多取,也不能少取。少取会损害测量的精度,多取则又会夸大测量的精度。

一、有效数字位数确定

有效数字的位数=准确数字位数+估读位

例 指出下面几个测量值分别有几位有效数字?

(1) 0.287 0 cm; (2) 6.02×10^3 g; (3) 0.050 20 km

答: (1) 4 位; (2) 3 位; (3) 4 位