



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

基础物理实验

沈元华 陆申龙 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century



普通高等教育“十五”国家级规划教材

基础物理实验

沈元华 陆申龙



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本书是“十五”国家级规划教材和“面向 21 世纪课程教材”。全书除编写了必要的普通物理实验外,还根据物理学的发展和教学的需要,编入了一些最重要、最基本的近代物理实验的内容,并把它们“普物化”,使得非物理专业的低年级学生完全可以接受。在实验内容的安排上,考虑到每个专业对各个实验的要求并不相同,大多实验都含有“必做内容”和“选做内容”两部分,定性与半定量实验中还安排了“实验拓展”的内容,以适应不同专业的要求,也有利于学生个性的发展和优秀学生的深造。

本书可作为理工科物理类及非物理类专业大学物理实验课程的教材或参考书,也可供其他专业和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基础物理实验 / 沈元华, 陆申龙主编. — 北京: 高等教育出版社, 2003. 12

ISBN 7-04-012987-6

I. 基... II. ①沈... ②陆... 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(2003)第 101031 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 23
字 数 430 000

版 次 2003 年 12 月第 1 版
印 次 2003 年 12 月第 1 次印刷
定 价 24.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

基础物理实验课是大学中理、工、医、农等各科最基本的实验课之一,是为培养学生创新能力和实践能力、提高学生科学素质打下扎实基础的极其重要的教学内容和环节.随着时代的发展,特别是随着物理学近年来在其他各学科中的迅速渗透和广泛应用,“基础”的内容日益广泛、要求日益提高.为了适应这种变化,基础物理实验的内容必须“与时俱进”.复旦大学物理教学实验中心近年来积极改革实验内容,大力引进新技术、排出新实验,使基础实验紧跟时代发展而不断更新,取得了一定的效果.本教材是总结这些经验并吸取其他许多兄弟院校的宝贵意见而写成的.

首先,诸如量子论的实验、相对论的实验、X光技术、高真空技术等过去一直认为是“近代物理实验”的内容,现在已为许多非物理专业所广泛需要;由于新技术在医学上的普遍应用,CT、核磁共振等过去的“尖端”技术,现已几乎成为妇孺皆知的名词.为了适应这种情况,本教材编入了一些最重要、最基本的近代物理实验的内容,把它们“普物化”了.这些实验已在复旦大学非物理专业普物实验课中开设多年,受到各系师生的普遍好评,实践证明非物理专业的低年级学生是完全可以接受这些近代物理实验技术的.

其次,近年来各类实验仪器有了长足的进步.数字式仪表已在许多领域取代了指针式仪表,以电磁力平衡为原理的各类电子天平已取代了以杠杆平衡为原理的各种衡具,小型精巧的霍尔元件已广泛应用于许多力学、电学和磁学测量中,由计算机实时监控的实验仪器装置也屡见不鲜……因此,本教材在实验仪器的选用上也作了较大的改革,删除了一些过时的仪器设备,如电位差计、电光分析天平、光点反射式检流计、冲击电流计等,采用了一些先进的仪器,如存储示波器、液晶光闸装置、光镊子实验仪、小型X光实验仪、简易核磁共振仪等;不少实验中采用了计算机记录、绘图或监控,提高了普物实验的现代化水平.

此外,实验教学改革的重要方面是要提高学生的科学素质,鼓励学生的创新精神,而我们多年来的实践已证明,定性与半定量实验在这方面有很好的作用.这些实验突出物理思想,引导学生认真观察物理现象、分析物理问题,有利于训练和提高学生的观察能力、判断能力、分析能力和综合能力,也有利于提高他们探索物理规律的热情和积极性,培养他们的创新思维.当然,在其他所有实验中,

我们也都要求学生观察和分析物理现象,并十分注意启发学生思考深入的物理问题,包括在“实验原理”和“实验内容”中都不时插入“为什么”,以引导学生深入思考,并在每个实验后都配有“思考题”和“参考文献”,以帮助他们提高。

在实验内容的安排上,考虑到每个专业对各个实验的要求并不相同,且各专业的学时数也不尽相同(每周2学时、3学时或4学时等),因而大多数实验都含有“必做内容”和“选做内容”两部分,定性与半定量实验中还安排了“实验拓展”的内容,以适应不同专业的要求,也有利于学生个性的发展和优秀学生的深造。

在数据处理方面,本教材摒弃了传统误差理论中的一些不科学与不确切的内容,以由国际权威组织制定的《测量不确定度表示指南》为标准来阐述不确定度的评定,使之与国际接轨;但进行了一些必要的简化,让学生掌握评定不确定度的基本方法而不陷入过于严格的繁琐计算,以适合于普物实验要求。

总之,本教材是复旦大学物理教学实验中心近年来教学改革成果的体现,是广大教职工辛勤努力的结晶。除主编外,参加本教材编写的教师主要有第三章:赵在忠、童培雄;第四章:孙燕清、金浩明、陈骏逸;第五章:周子平、陈元杰、赵天相;第六章:马秀芳、马世红;第七章:褚幼令、王煜、潘玉莲、朱永强、姚红英、苏卫峰等。

本教材是在复旦大学贾玉润、王公治、凌佩玲主编的《大学物理实验》基础上,吸收了我校15年来物理实验教学改革的成果和兄弟院校实验教学的经验而编写的。以上三位老主编和其他许多老教师,如郭有思、施伟达、杨之昌、周锡忠、王潜智、蔡颂仪、袁柳英、刘贵兴、孙大征等,都对本教材的编写给予了很多关心和帮助;北京大学、清华大学、南开大学、四川大学、西北大学、武汉大学、南京大学、浙江大学、中山大学、北京师大、东北师大、西北师大、陕西师大、南京师大、华中科技大学以及上海交通大学、同济大学、华东师大、华东理工大学等二十多所院校的物理实验专家教授给本教材的大纲提出过许多宝贵的意见;复旦大学教务处、物理系和生命科学院、医学院、技术科学与工程学院等领导以及物理系许多资深教授,对本教材的编写给予了极大的鼓励和支持,提出了很多指导性的意见和建议;本教材的审稿专家组和高等教育出版社的编辑们都为本教材的顺利出版作了巨大的贡献。在此,我们向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢!

由于我们水平有限而时间紧迫,本教材不妥之处在所难免,恳请读者和同行专家们批评指正。

沈元华 陆申龙

2003年4月

策划编辑	胡凯飞
责任编辑	薛春玲
封面设计	张楠
责任绘图	朱静
版式设计	陆瑞红
责任校对	胡晓琪
责任印制	陈伟光

目 录

第一章 绪论	1
第一节 物理实验的重要性	1
第二节 普通物理实验课的要求	3
第三节 如何进行普通物理实验	4
第二章 实验数据的处理	8
第一节 实验误差的分析	8
第二节 实验不确定度的评定	10
第三节 制表、作图与拟合	15
第三章 定性与半定量实验	25
实验 3-1 硬币起飞——流体力学研究	26
实验 3-2 碰撞打靶	29
实验 3-3 驻波与克拉尼图形	32
实验 3-4 编钟探秘——声学研究	36
实验 3-5 声波测距	41
实验 3-6 浮水硬币实验——表面张力研究	45
实验 3-7 用频闪仪测量周期性运动物体的频率	47
实验 3-8 静电感应及其应用	49
实验 3-9 静电与水	55
实验 3-10 静电场中的“单摆”	58
实验 3-11 单相旋转磁场的产生和应用	61
实验 3-12 电磁感应现象研究	64
实验 3-13 超导磁悬浮	67
实验 3-14 利用钢尺测量激光的波长	71
实验 3-15 光通信	75
实验 3-16 激光监听	81

第四章 力学与热学实验	84
实验 4-1 照相胶片密度的测定	84
实验 4-2 气垫导轨实验	89
实验 4-3 伸长法测钢丝杨氏模量	93
实验 4-4 霍耳位置传感器的定标和弯曲法测杨氏模量	96
实验 4-5 用扭摆法测定物体转动惯量	100
实验 4-6 用霍耳开关测量弹簧的劲度系数	103
实验 4-7 弦线上波的传播规律	109
实验 4-8 声速的测量	112
实验 4-9 液体的表面张力系数测量	116
实验 4-10 落球法测量液体粘度	119
实验 4-11 热敏电阻器的电阻温度特性测量	122
实验 4-12 集成电路温度传感器的特性测量及应用	126
实验 4-13 冰的比溶解热的测量	128
实验 4-14 混合法测量液体比汽化热	132
实验 4-15 液氮比汽化热的测量	135
实验 4-16 冷却法测量金属比热容	138
实验 4-17 不良导体导热系数的测量	141
实验 4-18 用压力传感器和温度传感器测气体的绝热指数	144
实验 4-19 低真空的获得和气体普适常量的测定	146
第五章 电磁学实验	153
实验 5-1 用稳恒电流场模拟静电场	154
实验 5-2 静电泄漏规律的研究	160
实验 5-3 直流电桥	165
实验 5-4 交流电桥	168
实验 5-5 示波器使用	172
实验 5-6 RC 和 RL 电路的瞬态过程	182
实验 5-7 RC 和 RL 电路的稳态过程	186
实验 5-8 RLC 电路的串联谐振	189
实验 5-9 半导体 PN 结的物理特性及弱电流测量	193
实验 5-10 用霍耳传感器测量螺线管磁场	197
实验 5-11 圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场	201
实验 5-12 用磁阻传感器测量地磁场	204
实验 5-13 霍耳传感器测量铁磁材料的磁滞回线和磁化曲线	208

实验 5-14	方波电信号的傅里叶分析	212
实验 5-15	非线性电路振荡周期的分岔与混沌实验	216
实验 5-16	铽化铷磁电阻传感器的磁阻特性测量及应用	220
第六章	光学实验	225
实验 6-1	眼镜片焦距的测量	226
实验 6-2	牛顿环	230
实验 6-3	分光计的调节和应用	234
实验 6-4	用菲涅耳双棱镜测量光的波长	240
实验 6-5	迈克耳孙干涉仪	245
实验 6-6	衍射光栅	251
实验 6-7	光偏振现象的研究	256
实验 6-8	光电效应	261
实验 6-9	全息照相	266
实验 6-10	声光效应实验	275
实验 6-11	液晶光阀	281
实验 6-12	光镊子实验	284
第七章	技术性实验与近代物理实验	291
实验 7-1	电工实验——简单配电板的安装和检测	292
实验 7-2	电表的改装与校准	295
实验 7-3	高真空镀膜	300
实验 7-4	计算机实测物理实验	306
实验 7-5	用计算机实测技术研究冷却规律	313
实验 7-6	用计算机实测技术研究声波和拍	315
实验 7-7	用计算机实测技术研究弹簧振子的振动	320
实验 7-8	用计算机实测技术研究单摆	322
实验 7-9	用计算机实测技术研究点光源的光照度与距离的关系	324
实验 7-10	量子论实验——原子能量量子化的观察与测量	326
实验 7-11	相对论实验——相对论中动能与动量关系的验证	332
实验 7-12	核磁共振实验	338
实验 7-13	X 光实验——X 光透视与食盐晶体的结构分析	343
实验 7-14	工业 CT 实验	351

11/20/10

第一章

绪 论

第一节 物理实验的重要性

物理学是一门实验科学,特别是普通物理,更与实验密不可分.在物理学的发展过程中,实验是决定性的因素.发现新的物理现象,寻找物理规律,验证物理定律等等,都只能依靠实验.离开了实验,物理理论就会苍白无力,就会成为“无源之水,无本之木”,不可能得到发展.

正是 16 世纪伟大的实验物理学家伽利略,用他出色的实验工作把古代对物理现象的一些观察和研究引上了当代物理学的科学道路,使物理学发生了革命性的变化.力学中的许多基本定律,如自由落体定律、惯性定律等,都是由伽利略通过实验发现和总结出来的.电磁学的研究,也是从库仑发明扭秤并用来测量电荷之间的作用力开始的.

牛顿对理论和实验的关系阐述得很明白.他在 1672 年给奥尔登堡的信中说:“探求事物属性的准确方法是从实验中把他们推导出来.……考察我的理论的方法就在于考虑我所提出的实验是否确实证明了这个理论;或者提出新的实验去验证这个理论.”事实上,牛顿提出过许多理论,其中,万有引力定律被海王星的发现和哈雷彗星的准确观测等实践所证明;而他关于光的本性的学说却被杨氏干涉实验和许多衍射实验所推翻.

经典物理学的基本定律几乎全部是实验结果的总结与推广.在 19 世纪以前,没有纯粹的理论物理学家.所有物理学家,包括对物理理论的发展有重大贡献的牛顿、菲涅耳、麦克斯韦等,都亲自从事实验工作.近代物理的发展则是从所谓“两朵乌云”和“三大发现”开始的.前者是指当时经典物理学无法解释的两个实验结果,即黑体辐射实验和迈克耳孙-莫雷实验;后者是指在实验室中发现了 X 光、放射性和电子.由于物理学的发展越来越深入,越来越复杂,而人的精力有限,才有了以理论研究为主和以实验研究为主的分工,出现了“理论物理学家”.

然而,即使理论物理学家也绝对不能离开物理实验.爱因斯坦无疑是最著名的理论物理学家,而他获得诺贝尔奖是因为他正确解释了光电效应的实验;他当初提出的相对论是以“光速不变”的假设为基础的,只是经过长期大量的实验后,相对论才成为一个被人们普遍接受的理论.

总之,物理学的理论来源于物理实验又必须最终由物理实验来验证.因此,要从事物理学的研究,必须掌握物理实验的基本功.正因为如此,我国物理学界的前辈们对物理实验都十分重视.创办复旦大学物理系的王福山先生亲自从一个弹簧开始筹措实验仪器设备,为建立物理教学实验室倾注了大量的心血;创办清华大学物理系的叶企孙先生对李政道这样优秀的学生,仍规定:“理论课可以免上,只参加考试;但实验不能免,每个必做.”

物理实验不仅对于物理学的研究工作极其重耀,对于物理学在其他学科的应用也十分重要.当代物理学的发展已使我们的世界发生了惊人的改变,而这些改变正是物理学在各行各业中应用的结果.

电子物理、电子工程、光源工程、光科学信息工程等学科都显然是以物理学为基础的,当然有大量物理学的应用;在材料科学中,各种材料的物性测试、许多新材料的发现(如 C_{60} 、高温超导材料等)和新材料制备方法的研究(如离子束注入、激光蒸发等),都离不开物理的应用;在化学中,从光谱分析到量子化学、从放射性测量到激光分离同位素,也无不是物理的应用;在生物学的发展史中,离不开各类显微镜(光学显微镜、电子显微镜、X光显微镜、原子力显微镜)的贡献,近代生命科学更离不开物理学,DNA的双螺旋结构就是美国遗传学家和英国物理学家共同建立并为X光衍射实验所证实的,而对DNA的操纵、切割、重组也都需要实验物理学家的帮助;在医学中,从X光透视、B超诊断、CT诊断、核磁共振诊断到各种理疗手段,包括放射性治疗、激光治疗、 γ 刀等等都是物理学的应用.物理学正在渗透到各个学科领域,而这种渗透无不与实验密切相关.显然,实验正是从物理基础理论到其他应用学科的桥梁.只有真正掌握了物理实验的基本功,才能顺利地把物理原理应用到其他学科而产生质的飞跃.

综上所述,要研究与发展物理学,要把物理理论应用到各行各业的实际中去,都必须重视物理实验,学好物理实验.

然而,对物理实验的重要性却往往被忽视.中国社会长期以来重理论轻实践的错误观念至今仍有影响.杨振宁先生1982年在《光明日报》上发表“谈人才培养”的文章中语重心长地指出:“像我这样有了一点名气的人也有不好的影响.在国内有许多青年人都希望搞我这一行(指搞理论),但是,像我这样的人,中国目前不是急需.要增加中国的社会生产力需要的是很多会动手的人.”另一位获诺贝尔物理学奖的华裔实验物理学家丁肇中先生则说:“我是一个做实验的工程师.希望通过我的得奖,能提高中国人对实验的认识.没有实验就没有现代科学

技术。”据统计,1901年以来,实验物理学家得诺贝尔奖的人数是理论物理学家人数的两倍;而近30年来,前者的人数超过后者的六倍以上.由此可见,物理实验的重要性正在越来越明显的被认识到.我们必须摒弃旧观念,解放思想,面对现实,摆正理论与实践的关系,才能真正造就高素质的有创新精神的一代新人,使我们中华民族能真正昂首屹立于世界先进民族之林.

第二节 普通物理实验课的要求

物理实验既然那么重要,怎样才能通过物理实验课教学使学生掌握物理实验的基本功,达到培养高素质创新人才的目的呢?概括起来,应通过物理实验课程达到以下三个基本要求:

1. 在物理实验的基本知识、基本方法、基本技能方面(三基)得到严格而系统的训练

这是做好物理实验的基础.

基本知识包括实验的原理、各类仪器的结构与工作机理、实验的误差分析与不确定度评定、实验结果的表述方法、如何对实验结果进行分析与判断等.

基本方法包括如何根据实验目的和要求确定实验的思路与方案、如何选择和正确使用仪器、如何减少各类误差、如何采用一些特殊方法来获得通常难以获得的结果等.

基本技能包括各种调节与测试技术(粗调、微调、准直、调零、读数、定标、……),真空技术(真空获得、维持、测量、应用、……),电工技术(识别元件、焊接、排除故障、安全用电、……),电子技术(微电流检测、弱信号放大、……),传感器技术(力传感器、位移传感器、温度传感器、磁传感器、光传感器、……),金工技术(机械制图及基本的车工和钳工技术等)以及查阅文献的能力、自学能力、协作共事的能力、总结归纳能力、口头表达能力等.

这种三基训练有时可能会比较枯燥,却是完全必要的,它体现了最基本的实际动手能力,因而必须首先保证这一要求的实现.没有这种严格的基本训练,很难成为高素质的人才.

2. 学习用实验方法研究物理现象、验证物理规律,加深对物理理论的理解和掌握,并在实践中提高发现问题、分析问题和解决问题的能力

研究物理现象和验证物理规律是进行物理实验的根本目的.在学习“三基”的过程中要有意识地学习这种能力.一般的“验证性实验”虽然是教师安排好的,但学生应仔细体会其中的奥妙所在,不应只按所规定的步骤操作、记数据、得结果就算完成.要多问几个为什么,想一想不按所规定的步骤去做会有什么问题,

或者能否想出别的方法来达到同样的目的？在一定的条件下，经老师同意，也可以做自己设计的实验。

进行物理实验也是真正理解和掌握物理理论的重要手段。只从书本上得到的知识往往是不完整的、不具体的。只有通过实验，才能使抽象的概念和深奥的理论变成具体的知识和实际的经验，变为在解决实际问题中的有力工具。因此，要真正理解和掌握物理理论，是不能只从课堂上学习的，必须还要到实验室学习，亲自动手，亲身体会，才能学到真正有血有肉的活生生的物理。

在实验中往往会遇到一些意想不到的问题。这些问题虽然可能不是实验研究的主要对象，但也不应轻易放过。这常常是提高分析问题、解决问题能力的好机会。要注意观察、及时记录、认真分析，有必要时可以进行深入研究。实际上，科学史上不少重要发现都是在意想不到的情况下“偶然”出现的。

3. 养成实事求是的科学态度和积极创新的科学精神

这是在整个教学过程中都要贯彻的要求，而在物理实验教学中是特别重要的。因为物理学研究“物”之“理”，就是从“实事”中去求“是”，所以严肃认真的物理学工作者都坚持“实践是检验真理的唯一标准”。物理学中的“实践”主要就是物理实验，在物理实验课中最能培养实事求是、严谨踏实的科学态度。任何弄虚作假，篡改甚至伪造数据的行为都是绝对不能允许的，也是比较容易发现的。在物理实验课中，严格规定了记录数据不准用铅笔，不能用涂改液，误记或错记数据的更改要写明理由并经指导教师认可等，都是为了帮助学生养成实事求是的良好习惯。实际上，实验结果是什么就是什么，没有“好”、“坏”之分。与原来预想不一致的实验结果不应随便舍弃，还应特别重视，它可能是某个新发现的开端。历史上许多新的物理理论都是由于旧理论无法解释某些实验现象而建立起来的。因此，实事求是的严谨态度与积极创新的科学作风是相联系的。在严谨的实验中才能发现真正的问题，而解决这些问题往往就需要坚韧不拔的毅力和积极创新的思维。实际上，只要认真去做实验，一定会发现许多问题，其中有些问题是教师也未必能解决的。所以，实验室应当而且可以成为培养学生求实态度和创新精神的最佳场所。

第三节 如何进行普通物理实验

一、预习

预习是上好实验课的基础和前提。没有预习，或许可以听好一堂理论课，但决不可能完成好一堂实验课。预习的基本要求是仔细阅读教材，了解实验的目的

和要求及所用到的原理、方法和仪器设备。一些实验有供预习的 CAI 软件,学生可以从电脑上更清晰地看到实验概况及原理、仪器设备等。一些实验还没有预习的 CAI 软件,学生最好在规定时间内去实验室看一下实验的仪器设备状况。有些实验还需要翻阅一些参考书。通过预习,应对将做的实验有一个初步的大致了解,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表格等)。有些实验不要求另写正式报告的,预习报告就是正式报告了,要特别认真撰写。(按以下关于“实验报告”的要求写。)预习报告中,数据表格是很重要的。往往是真正理解了如何做实验才能画好这个表格。表中要留有余地,以便有估计不到的情况发生时能够记录。直接测量的量和间接测量的量(由直接测量的量计算所得的量)在表中要清楚地分开,不应混淆。

二、实验操作与记录

实验室与教室的最大区别就是实验室中有大量的仪器设备和实验材料。在不同的实验室中,还分别有大功率电源、自来水源、煤气、压缩空气以及放射性物质、激光、易燃易爆物品或其他有毒、有害物品等。因此,进入实验室前必须详细了解并严格遵守实验室的各项规章制度。这些规章制度是为保护人身安全和仪器设备安全而规定的,违反了就可能酿成事故,这是必须首先牢记的。

做实验时,要胆大心细、严肃认真、一丝不苟。对于精密贵重的仪器或元件,特别要稳拿妥放,防止损坏。在电学实验中,必须经教师检查无误后才可接通电源。在使用任何仪器前,必须先看注意事项或说明书;在调节时,应先粗调后微调;在读数时,应先取大量程后取小量程;实验完成后,应整理好仪器设备,关好水、电、煤气等,方可离开实验室等等,这些都是一个实验工作者的基本素质,要成为良好的习惯。

实验记录是做实验的重要组成部分,它应全面真实反映实验的全过程,包括实验的主要步骤(必要时写明为什么要采取这样的步骤)、观察与测量的条件和情况以及观察到的现象和测量到的数据(为了清楚起见,数据常用表格来记录,制表方法详见第二章第三节)。不仅要记录与预想一致的数据和现象,更要记录与预想不一致的数据和现象。记录应尽量清晰、详尽。科学研究中的实验记录本是极其宝贵的资料,要长期保存,因此必须认真对待。

关于实验操作与记录,以下两点是要特别注意的:

(1) 实验中,不仅要动手而且要动脑。做实验是为了学习从事科学研究工作的能力,学会某些仪器设备的使用方法不仅是目的而更重要的是手段。只有在实验中认真动手积极动脑,才能触类旁通,掌握实验的真谛,学到从实践中发现问题、分析问题、解决问题的真功夫。其中,发现问题是解决问题的第一步,有所发现才能有所创造。因此,在实验过程中要十分注意各种实验现象。不仅对主要的

现象、预先估计到的现象,要认真观察、仔细测量、工整记录;对于一些次要的现象、预先没有估计到的现象,也要注意观察和如实记录,以便进行分析和讨论。

(2) 数据记录必须真实,决不可任意伪造或篡改。这是一个科学工作者的基本道德素养。教学实验与科学实验不同,在教学实验中,实验结果往往是预知的,或有公认值的。实验结果与公认值不一致的情况是经常会发生的。这种不一致的原因,不一定是因为学生操作的失误、概念理解不当或计算错误,它也可能是由于仪器设备不正常或环境等其他原因造成的。决不可认为实验结果与公认值越接近,就表明实验做得越好,得分也会越高;更不可为追求实验结果与公认值的一致而伪造或篡改实验记录。从学生学习的角度讲,过程比结果更重要。教师对学生的培养与评价,侧重于实验的态度与作风,以及发现、分析、解决问题的能力。

三、写实验报告

实验报告可以在预习报告的基础上继续写,也可以重新另写一份。

对于实验报告,过去有些同学往往只重视数据处理和得出实验结果,对于实验的记录以及原理、步骤等的撰写很不重视。这是很不对的。

写实验报告是培养实验研究人才的重要一环。

从事实验研究工作一般都需要有一个实验研究的记录本,用以记录实验中发生的各种现象和数据,这是科学研究的宝贵资料,一般将长期保存在实验室中。为了养成良好的完整记录的习惯,从而学会从事实验研究工作的基本功,在实验报告中,要求详细记录实验条件、实验仪器、实验环境、实验现象和测量数据。

研究工作取得的成果,一般都要写成论文形式发表。为了训练这种对实验成果的文字表达能力,在实验报告中,要求用自己的语言简要地写明实验目的、原理和步骤并进行适当的讨论。

实验报告的内容主要应含有以下三方面:

(1) 简要地阐明为什么和如何做实验

这包括实验的目的、原理和步骤。写这些内容时,要尽量用自己的语言,不要从教材、书本或其他地方抄;内容应以别人能看懂,自己若干年后也能看懂为标准;篇幅应力求简短。

(2) 真实而全面地记录实验条件和实验过程中得到的全部信息

实验条件包括实验的环境(室温、气压等与实验有关的外部条件)、所用的仪器设备(名称、型号、主要规格和编号等)、实验对象(样品名称、来源及其编号等)以及其他有关器材等。实验过程中要随时记下观察到的现象、发现的问题和自己产生的想法;特别当实际情况和预期不同时,要记下有何不同,分析为何不同。记录实验数据要认真、仔细,但不要把数据先记在草稿上再誊上去,更不要算好了

再填上去;要培养清晰而整洁地记录原始数据的能力和习惯.

(3) 认真地分析和解释实验结果,得出实验结论

实验结果不是简单的测量结果,它应包括不确定度的评定、对测量结果与期望值的关系的讨论,分析误差的主要原因和改进方法,还应包括对实验现象的分析与解释,对实验中有关问题的思考和对实验结果的评论等.

最后,实验报告中还可谈谈做本实验的体会和对教师或教材的批评和建议.

第二章

实验数据的处理

物理实验的目的是探寻和验证物理规律,而许多物理规律是用物理量之间的定量关系来表述的.在物理实验中可以获得大量的测量数据,这些数据必须经过认真地、正确地、有效地处理,才能得出合理的结论,从而把感性认识上升为理性认识,形成或验证物理规律.所以,数据处理是物理实验中一项极其重要的工作.本章将介绍一些最基本的数据处理方法,包括误差分析、不确定度评定、有效数字及作图拟合法等.

第一节 实验误差的分析

一个待测物理量的大小,在客观上应该有一个真实的数值,叫作“真值”.由于测量方法、测量仪器、测量条件及测量者的种种问题,实际测得的数值即测量值,只能是一个真值的近似值.测量值与真值之差称为误差.测量方法的考虑、测量仪器的选择、测量条件的确定、测量数据的处理等等都应在可能的范围内力求减少误差.

所谓测量,就是由测量者采取某种测量方法、用某种测量仪器将待测量与标准量进行比较.例如,为测量一个铁球的质量,可以用天平(测量仪器)把铁球(待测物)放在天平的一侧,把适量的砝码(其质量为标准量)放在另一侧,适当调节而使两侧平衡时(测量方法),即可得到待测物的质量,即待测量.由此可知,测量值并不等于真值,测量值存在误差的原因可能有以下三方面:测量仪器(及标准量)的问题、测量方法的问题、测量者的问题.现分述如下:

1. 测量仪器及标准量的问题

在许多情况下,测量仪器上的刻度(或数字显示)就代表了标准值,如米尺、温度计等.但是这种“标准量”也并非真正标准,它与真正的标准必有差距.例如,米尺端面会磨损、刻度有不均匀性或不够准确、在不同温度下米尺本身的长度有变化等.

2. 测量方法的问题