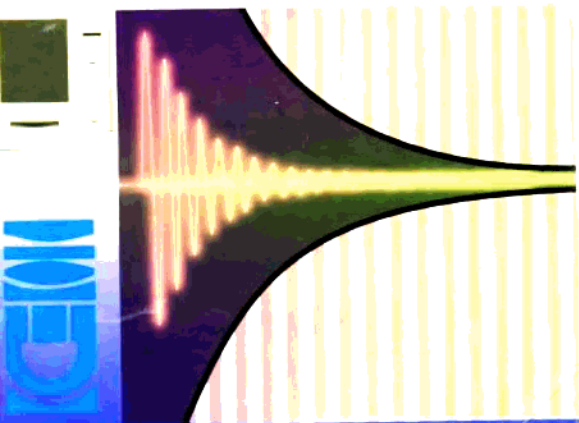


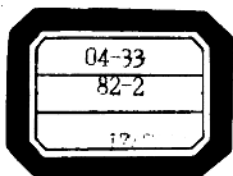
物理实验

(修订版)

王惠棣 任隆良 编
谷晋骐 郑永星



天津大学出版社



1747063

物 理 实 验

王惠棟 任隆良 编
谷晋骐 郑永星
万良凤 审

July 11/10/13



天津大学出版社

1997



北师大图 B1358664

内容简介

本书是参考国家教委颁布的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》，在天津大学出版社1989年版《物理实验》的基础上，吸收近10年来教学改革成果重新编写的。全书共分5章，包括51个实验选题，一些必要的实验知识分节插编于有关实验之前。多数实验选题既有体现基本训练的内容，又有进一步提高的选做或设计性课题，便于教师和学生灵活选择。

本书可作为高等院校物理实验课教材或教学参考书使用。

物理实验

王惠棣 任隆良 谷晋骐 郑永星 编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

邮编:300072

天津市宝坻县第二印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本:850×1168 毫米¹/₃₂ 印张:15.625 字数:406千

1997年5月第2版 1997年5月第1次印刷

印数:1—10500

ISBN 7-5618-0952-2

0·93 定价:19.00元

再 版 前 言

1989年版的天津大学物理实验教材使用几年以来,入学新生的实验水平逐年有所提高,实验课的教学改革和实验室建设也有发展和变化。为此,我们与出版社协商,以原教材为基础,重新编写现在的这本物理实验。

实验教材的基础是实验,而实验室建设又是教师和技术人员长期共同努力完成的。从这个意义上讲,新编教材仍然反映了集体劳动的成果。我们在这次重编工作中,力求在原有教材基础上有所改进和提高,主要在于以下几方面。

(1)根据国际上统一测量不确定度量化表示的进展情况,结合普通物理实验教学的实际水平,贯彻了以不确定度评定实验结果的新方法。对“测量误差和实验数据处理”一章作了全面改写,还选择了11个实验,作出实验数据处理示例。

(2)把关于基本测量、基本仪器和基本实验方法的内容分节编写,安排在各章有关实验之前,便于学生阅读自学。

(3)去掉了少量与中学重复或相对学生水平显得过于简单的实验,代之以对实验训练更有意义的选题。有些实验题目虽然没变,但内容、做法有较大变动(特别是电学实验),目的是提高学生使用基本、通用仪器自己组合实验的能力。

(4)改写了大部分实验的原理,以便学生顺利自学。在讲清实验方法的前提下,删减了一些过细的操作步骤,以促进独立思考,自主完成实验的能力。

(5)许多实验的思考题,在数量、深度和广度方面有所加强,便

于教学中灵活选用。

总之,我们在重编中保留了原教材所体现的严格训练、循序渐进、便于因材施教和灵活组织教学的特点,同时在提高实验水平、加强学生实验能力培养方面做了些新的尝试,能否达到预期的目的,还须通过教学实践的检验。望使用本教材的师生多提宝贵意见。

本书由王惠棣编写绪论和第一章并主持重编工作,校阅和修改了全部书稿;任隆良编写第二章;谷晋骐编写第三章;郑永星编写第四、五章并做了全书统稿和物理学名词、单位符号规范化工作。另外,部分内容,特别是第一章关于不确定度的引入,编者进行了多次集体研讨。

我们在此谨向共同工作的各位同事对本书的重编给予的支持和帮助表示衷心感谢。

编者 1996年10月

目 录

绪论	(1)
0.1 要重视物理实验	(1)
0.2 物理实验课的教学目的	(2)
0.3 物理实验课的基本程序	(3)
0.4 实验者和仪器设备	(4)
0.5 实验记录和报告	(5)
第一章 测量误差和实验数据处理	(8)
1.1 单位和测量	(8)
1.2 测量误差和不确定度	(11)
1.3 系统误差的修正和消减	(16)
1.4 随机误差的估计	(19)
1.5 直接测量结果的不确定度	(26)
1.6 间接测量结果的不确定度	(31)
1.7 有效数字	(37)
1.8 用作图法处理实验数据	(40)
1.9 用逐差法处理实验数据	(46)
1.10 用最小二乘法处理实验数据	(48)
习题	(52)
第二章 力学、热学和物性	(55)
2.1 长度测量器具	(55)
2.2 计时器	(61)
2.3 质量测量仪器	(64)

2.4	温度测量仪器	(71)
2.5	湿度计和气压计	(75)
	实验 1 牛顿第二定律	(79)
	实验 2 动量守恒和机械能守恒	(88)
	实验 3 简谐振动	(97)
	实验 4 二维碰撞	(103)
	实验 5 转动惯量	(109)
	实验 6 转动定律	(114)
	实验 7 天平的使用	(118)
	实验 8 固体和液体的密度	(122)
	实验 9 钢丝的杨氏模量	(126)
	实验 10 液体表面张力	(134)
	实验 11 用落球法测定液体的粘度	(137)
	实验 12 用转筒法测定液体的粘度	(144)
2.6	机械真空泵和麦克劳德真空规	(150)
	实验 13 气体热导率	(153)
	实验 14 空气中的声速	(159)
第三章	电磁学	(167)
3.1	电磁学实验基本知识	(167)
3.2	晶体管简介	(179)
	实验 15 三极管的伏安特性	(184)
	实验 16 RC 串联电路的暂态过程	(189)
3.3	灵敏电流计	(194)
	实验 17 测量灵敏电流计的技术参数	(204)
3.4	冲击电流计	(213)
	实验 18 用冲击电流计测高电阻	(216)
3.5	惠斯通电桥	(220)
	实验 19 用惠斯通电桥测电阻	(225)
	实验 20 电阻温度系数	(231)

实验 21	用开尔文双电桥测低电阻	(235)
3.6	电位差计原理	(244)
实验 22	电位差计	(250)
实验 23	温差电偶的定标和测温	(258)
实验 24	用电流场模拟静电场	(263)
实验 25	利用霍耳效应测磁场	(269)
实验 26	用冲击法测螺线管磁场	(274)
实验 27	测铁磁材料的 $B-H$ 曲线	(279)
3.7	电子示波器原理	(287)
实验 28	示波器的使用	(297)
实验 29	电子束的电偏转和磁偏转	(306)
实验 30	电子荷质比的测定	(315)
第四章	光学	(323)
4.1	使用光学仪器须知	(323)
4.2	眼睛的调节	(324)
4.3	光具座与光路调节	(326)
4.4	望远镜	(329)
4.5	常用光源	(330)
实验 31	薄透镜	(332)
实验 32	望远镜和显微镜的放大率	(339)
4.6	光学测角计	(345)
实验 33	测定棱镜玻璃的折射率	(350)
实验 34	用折射极限法测液体的折射率	(357)
4.7	滤光片	(362)
4.8	测微目镜	(363)
4.9	移测显微镜	(365)
4.10	硅光电池	(366)
实验 35	菲涅耳双棱镜	(367)
实验 36	牛顿环和劈形膜干涉	(373)

实验 37	单缝衍射	(377)
实验 38	单缝衍射的光强分布	(381)
实验 39	光栅衍射	(387)
实验 40	偏振光的观测	(392)
第五章	近代物理和综合实验	(401)
实验 41	光电效应与普朗克常量	(401)
实验 42	氢原子光谱	(406)
实验 43	弗兰克 - 赫兹实验	(411)
实验 44	迈克耳孙干涉仪	(417)
实验 45	钠黄双线的波长差与光源的相干长度	(425)
实验 46	空气的折射率	(429)
实验 47	利用超声光栅测定液体中的声速	(433)
实验 48	阿贝成像原理和空间滤波	(436)
实验 49	全息照相	(446)
5.1	微波	(453)
5.2	晶体结构与密勒指数	(456)
	实验 50 微波的布拉格衍射	(458)
5.3	不稳定核的衰变规律	(462)
	实验 51 盖革 - 米勒计数器	(468)

附录

1	具有专门名称的 SI 导出单位	(478)
2	基本物理常数 1986 年国际推荐值	(479)
3	在海平面上不同纬度的重力加速度	(480)
4	在 20℃ 时一些固体和液体的密度	(480)
5	标准大气压下不同温度时水的密度	(481)
6	在 20℃ 时金属的杨氏模量	(481)
7	在 20℃ 时与空气接触的液体表面张力	(482)
8	不同温度下与空气接触的水的表面张力	(482)
9	不同温度下水的粘度	(482)

10	液体的粘度	(483)
11	水的饱和蒸汽压与温度的关系	(483)
12	常用材料的热导率	(484)
13	液体中的声速	(484)
14	金属和合金的电阻率及其温度系数	(485)
15	金属和合金对铂(化学纯)的温差电动势	(485)
16	一些液体气体和光学材料的折射率	(486)
17	常用光源的光谱线波长	(486)

绪 论

0.1 要重视物理实验

当今是科学技术迅猛发展的时代。自 20 世纪上半叶相对论和量子力学的建立,使人类对物质世界及其基本运动规律的认识,由宏观进入微观。这一重大飞跃,不仅促进了现代物理学的飞速发展,同时也带动了现代科学技术各个领域日新月异,仅在数 10 年的时间内人类在了解自然和开发自然方面已取得令人瞩目的进展。

人类开发自然的实践活动不外乎两种,一是生产,二是科学实验。所谓科学实验,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,突出主要因素,对自然事物和现象进行精密、反复地观察和测试,以探索其内部的规律性。这种对自然的有目的、有控制、有组织的探索活动是现代科学技术发展的源泉。不仅科研机构、高等院校设有各种研究实验室,而且现代化的工厂企业为了不断改进生产和开发新产品,也十分注重实验研究工作,都建有相当规模的研究实验室。可以说,现代科学技术的发展主要靠科学实验。

大学教育,不仅要求学生掌握已知,更要培养学生探索未知的能力。探索未知,只靠读书是不够的,更要靠实践。因而大学中设有一系列实践性课程,物理实验课就是这一系列实践性课程的开端,是对学生进行科学实验能力的基础训练。

就物理学来讲,它本质上是一门实验科学。无论是物理规律的发现,还是物理理论的验证,都要靠实验。众所周知,著名的杨氏干涉实验使光的波动学说得以确立;赫兹的电磁波实验使麦克斯韦的电磁场理论获得普遍承认;卢瑟福的 α 粒子散射实验验证了原子的有核模型;近代的高能粒子对撞实验使人们深入到物质的最深层——原子核和基本粒子内部来探索其规律性。在物理学发展中,人类积累了丰富的实验方法,创造出各种精密巧妙的仪器设备,涉及到广泛的物理现象,从而使物理实验课有了充实的教学内容。学生从中可以学到许多基本实验方法和实验技能,观察到各种生动的自然现象,并在客观实际的事物与抽象模型化的物理理论之间架一桥梁,使自己在应用理论于实际的过程中,加深对理论知识的理解,从而提高分析和解决实际问题的能力。

因此,在大学学习期间就做到理论课、实验课并重,掌握书本知识和提高科学实验的实践能力并重。

0.2 物理实验课的教学目的

根据国家教委颁发的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》的规定,物理实验是对高等工业学校学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修基础课程,是学生进入大学后受到系统实验方法和实验技能训练的开端。

本课程应在中学物理实验的基础上,按照循序渐进的原则,学习物理实验知识、方法和技能,使学生初步了解科学实验的主要过程与基本方法,为今后的学习和工作奠定良好的实验基础。

本课程的具体任务如下。

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

(2)培养与提高学生的科学实验能力。其中包括:①能够通过

阅读实验教材或资料,作好实验前的准备;②能够借助教材或仪器说明书正确使用常用仪器;③能够运用物理学理论对实验现象进行初步分析判断;④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;⑤能够完成简单的具有设计性内容的实验。

(3)培养与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,遵守纪律、团结协作和爱护公共财产的优良品德。

物理实验课是一门实践性课程。学生在教师指导下,通过自己独立完成实验课题的过程,增长知识,提高能力。因而上述教学目的达到的水平,在很大程度上取决于学生自己的努力。本课程进行两个学期,每学期单独考核学生的成绩。

0.3 物理实验课的基本程序

物理实验课的基本程序一般分为3个阶段。

(1)课前预习。每次实验课前要做好实验准备工作。通过阅读实验教材和参考资料,弄清本次实验的目的、原理、所要使用的仪器,明确测量方法,了解实验要求及实验中特别要注意的问题等。在此基础上写出简要的预习报告。预习报告包括:实验名称、目的、仪器、简要的原理及计算公式、记录测试数据的表格,以及简单的电路图和光路图。

(2)实验操作。在动手操作前应首先认识和熟悉仪器,了解使用方法,记录仪器的规格型号,然后进行仪器的安装(或接电路)、调试。实验要按步骤井井有条地进行。在正式获取实验数据之前,要把仪器设备调试到最佳工作状态。要明确每步操作的意义,最忌讳盲目操作。要认真观察现象,正确记录数据。实验中若出现不正常情况应及时请教老师,不要自己随意处理。如果对实验

有新的想法或做题外练习,需向指导教师说明并经同意后进行。实验完毕,数据应交教师审阅签字,再将仪器整理复原后方能离开实验室。

(3)整理实验报告。做完实验后,应及时处理数据,根据要求写出实验报告。实验报告包括以下内容:①实验名称、日期;②实验目的;③使用的仪器(写明主要仪器的规格、型号和被测试样品的编号);④扼要的原理及公式(电学实验要画电路图,光学实验要画光路图);⑤简要操作步骤;⑥列表记录的原始数据及数据处理(包括实验结果准确度的评定和要求绘制的实验曲线图);⑦必要的讨论(包括回答教师指定的思考问题,实验中发现的现象及其解释,对实验装置和方法的改进意见等)。报告文字力求简练、通顺,数据齐全,图表规范正确。

0.4 实验者和仪器设备

实验是人使用仪器设备完成的,人是主要的,仪器设备是从属的,要想方设法把仪器设备调整到最佳工作状态,才能做出完满的实验。这好比同样一件乐器,不同演奏者演出的乐曲会相差很大一样。初学实验的人常常颠倒了实验者和仪器设备的关系,不去认真研究仪器设备的性能、优点、缺点,不善于做各种调整、测试和简单的检修工作,把实验中出现的种种不理想情况一概归咎于仪器设备,这是对自己无能的原谅和掩饰。

使用仪器和实验操作有许多讲究,这些讲究不仅要靠别人教,还要靠自己想。例如使用米尺测量一根两端齐整的铁棒的长度,首先要确保米尺与铁棒平行(为什么?);要使尺的刻度边贴靠铁棒(为什么?);要避免使用尺的端头(为什么)等。使用电表之前,了解清楚是什么表,满量程是多少,最小分度是多少,看一下表盘上的符号是几级表,正确使用的工作位置是平放还是立放,检查一下

表针偏转是否自如,零点指示是否准确等。使用惠斯通电桥,注意试试它的灵敏度,判断一下是否需要更换电池。一台悬丝检流计如果在桌上放不平稳,就应该用些纸片垫平稳了再用。接线柱松动了要用改锥和钳子把它拧紧,导线头掉了用电烙铁把它焊好,透镜脏了把它擦亮,等等。这些都是一个细心的实验者该做的事情。不要以为实验室的仪器都是完好无缺的,它是经多人使用的“旧”仪器,即使新仪器也常会有些小毛病。总之,实验者要善于了解它们、调整维护它们,才能更有效地使用它们,使之发挥出最好的性能。

实验操作中,仪器布局也要考究。在实验中越是不受外界条件的牵制,测试读数才能越迅速准确。在条件允许的前提下,应该尽量把仪器配置得十分方便。例如把要读数的电表放到便于眼睛直视的位置;常要操纵的开关放在左手便于接触到的地方,因为右手大多要用来写字;而需要精细调节的仪器则放在右手便于接触到的地方。环境也是影响实验的重要因素,温度、湿度、振动、周围的电场、磁场、光照等都应注意。例如测量很微弱的电流时,如果接线中有的接触点接近暖气或被日光直射就会产生温差电势而影响实验结果。诸如此类,看起来非常琐细,但都是一个实验者的必要科学修养。

实验能力的提高是一点一滴积累起来的。教学中选择的实验,其中包含了许多典型观测方法和物理思想,初学实验者必须抱着与高级研究者一样的工作态度去练习,把实验原理和方法彻底弄懂,对每一步操作的意义进行思考,严肃认真地追求尽可能准确的实验结果,只有这样才能加快实验能力的提高。

0.5 实验记录和报告

做好实验记录是科学实验的一项基本功。在科学研究中,从

准备课题、考察分析、实验实施、测试数据、计算推导等过程中会积累大量的原始笔记,这些第一手材料通常称之为实验记录。实验记录是科学工作者提出成果、检验成果的重要依据,又是日后进一步研究的基础资料。因而,许多严谨的科学工作者对实验记录都十分重视和珍惜。科学实验的记录看来很平凡,但要做好却并不简单。经常有这样的现象,由于实验过程中有些条件和现象误记漏记或数据涂改得模棱两可,而使难得的实验现象不能重复,重要的实验结果失去价值。

教学实验虽然不是正式的科学研究工作,但是“千里之行,始于足下”。同学们要以培养自己成为严谨的科学工作者的远大志向,从学习期间就养成严格、严密、严肃的作风,高质量做好实验记录。一个好的实验记录可以通俗地归纳为“四懂”,即:自己看得懂,别人看得懂,现在看得懂,将来也看得懂。具体如何记呢?这里提供一些方法供同学们参考。首先,应该准备一个活页的实验笔记本,记录本应编好页码。在一个实验的起页上,写明实验名称,实验日期,同组人,必要时还应注明天气、室温、大气压、湿度等环境条件。接着要记下实验所用仪器装置的名称、型号、规格、编号和性能情况以及被测样品的号码或者其他标记。在实验记录上,实验原理和操作要领是作为准备实验时的备忘录而记载的,因而应该简明扼要。必要的电路图、光路图、仪器简图等可以徒手画出,以节省时间。事先计划好要测试和记录的数据、现象等,设计好记录原始数据的表格,并且把格画大一些,以便于对误测、误记数据进行修改。实验记录应用钢笔(不用铅笔)记录,文字、符号、数码要写清楚,不要让别人或自己以后辨认时引起疑惑或误解。数据如确有理由需要删改,应该在原数据处做一删掉记号,在旁边重写更改的数据,并应注明更改理由。最忌讳在原数据上涂改。在实验过程中观察到的现象、出现的故障及排除的情况都要随手记录下来。实验记录是从准备实验直到完成实验的全过程的工作记录,应该包括所有检验实验结果时所必须的记载,是整理实验报

告的依据。要求同学们向老师交实验报告时附上实验记录,以供老师批阅评审,待发回报告时再订回到活页夹。

实验报告是实验过程和实验结果的正式报导。一份好的实验报告,不仅包括上述实验记录的主要内容,而且应该把原理和实验方法写清楚,特别要在实验结果的表述,数据、图表以及结果的可靠性分析上下功夫。整篇报告应该做到不繁不乱、重点突出、字迹工整、一目了然。