

高等学校教材

新编大学物理实验

李正平 王广泰 李冬梅 主编

中国石化出版社

高等学校教材

新编大学物理实验

李正平 王广泰 李冬梅 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是结合国家新教学方案的颁布,根据国家教委高校教材编写的最新要求,总结和吸收了多年来高校物理实验课程建设的实践经验编写而成。全书共分六章,62个实验,内容包括:实验误差和数据处理、力学、热学、电磁学、光学、近代物理实验。各实验根据其培养学生的能力和难易程度分为一级、二级、三级及设计性实验,以便根据教学要求和学生实验技能合理安排各类实验。书后附有实验教学指导、计算机辅助实验教学简介和常用物理常数表。

本书可作为高等师范院校、理工科大学各专业的物理实验教材,也可供电视大学、函授大学、职工大学学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

新编大学物理实验/李正平等主编. —北京:中国石化出版社, 1998

ISBN 7-80043-745-0

I. 新… II. 李… 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(98)第21468号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)64241850

山东费县第二印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092毫米 32开本 14印张 314千字印 3201—5700

1998年8月北京第1版 1999年3月第2次印刷

定价:16.80元

序

1998年6月底，应邀参加临沂师专世界银行贷款项目“物理实验教学综合改革”课题的鉴定。看到了他们实验改革的概貌，也见到并拜读了他们结合课题所编写的《新编大学物理实验》的初稿，甚为欣赏。

该书适应了当前实验教学改革的需要。其特点突出表现在以下几个方面：从实验理论阐述和操作训练上，注重奠定从事实验的思想基础、理论基础和素养基础。从能力的培养上，除强化基础训练外，着意加强实验设计能力。从内容方面，注重研究新方法、新手段；尽力反映新信息、新技术，且兼顾现实与发展、传统与改革，重视实验的实际效果。在教学方法上，实验内容、技能训练等循序渐进，目标要求明确，使学生疑而生趣、趣而解难，有思考寻味的余地。并对实验进行分级编写，以便教学中按级施教，使学生系统地把握各级各类实验的特点及其内在规律。全书贯穿于既突出“新编”之意，又密切结合了教学的实际，贴近时代，贴近生活。

物理实验教学改革是世界范围内各类学校所十分关注的问题，因为通过物理实验教学对培养和提高学生科学素质、创新能力起着十分重要和独特的作用，尤其在目前科学技术飞速发展的时代，高等教育改革中物理实验改革尤显重要。近些年来，国际上单独为物理实验教学改革召开的会议更是频繁。1997年在我国及匈牙利、1998年在德国，2000年将

在日本召开的实验教学研讨会，都是为实验改革而设置的会议。临沂师专结合改革课题编写的《新编大学物理实验》顺应了高等学校实验教学改革的大趋势，是一项十分有意义、有价值的工作。该书与现有同类书相比具有自己的特色，祝贺他们已取得的教改成果，期盼作者及其他从事物理实验教学的同志继续深入地研究物理实验教学规律与实践，积极投身教改试验，为物理实验课程的发展和建设作出新的贡献。

坤英

九八年夏于东南大学

前 言

本书是为适应当前实验教学改革的需要，依据国家教委高校教材编审委员会实验教材编审组提出的一些新要求，结合国家新教学方案的颁布及物理实验课程建设的实践经验，在传统实验教材的基础上编写而成的。它主要包括误差和数据处理、力学、热学、电磁学、光学和近代物理实验六部分，共安排了62个实验。

在编写过程中，考虑到本课程是为高校学生开设的第一门实验基础课，针对学生进行物理实验教育的入门课的实际情况，力图使学生对经典物理范畴内的物理实验的基本原理、方法和技能得到较系统的、较严格的训练；同时培养学生运用所学理论解决实际问题的能力和正确的实验习惯，树立严谨的科学态度。并针对当前中学物理实验的状况和物理实验课相对物理理论课应当具有的独立性，在编写时我们力求做到：在内容叙述上，注意了实验原理叙述清晰，计算公式推导完整，实验步骤简明扼要；在实验技能训练上，采取循序渐进、逐步提高的方式；在选题上，注意了起点低、终点高，选择性大，同一实验题目，一般都有两种以上不同的实验方法，或者用不同的仪器来测量同一物理量；在实验内容和方法上，尽量根据各高校共同的仪器设备、课程设置，并且吸取了各高校之精华，努力使本书反映出目前高校物理实验教学的水平。同时从提高学生解决实际问题的能力着手，努力克服以前在我国出现的忽视实验技巧的弊病，通过对各部分典型实验方法的归纳和总结，能使有所收益。另外，为了适应实验教学改革的需要，对各部分实验进行了分类编

排、分级编写。一级实验（以*表示）主要训练学生的基本实验技能、基本方法；二级实验（以**表示）除加强训练外，让学生动脑思考、开发智能；三级实验（以***表示）主要训练学生的综合设计能力，掌握设计思路、方法及规律，以便使学生系统地掌握各级各类实验的特点及其内在联系，使实验形式、方法多样化。

本书每个实验课题的开头增设了提要，概述本实验的主要内容。在有些提要中，还介绍了这一实验技术在理论、应用技术、工程上的重要意义及应用范围、实验方法上的特点，以开阔学生的视野。同时每个实验都配有思考题，学生做实验前后，考虑或回答与本实验原理、方法、数据处理等有关的问题，将有助于深刻理解和掌握实验内容，而且其中有相当部分是需要学生亲自动手实践才能得到正确答案，以便激发广大学生的兴趣。每章后有小结，对实验内容、方法等方面进行系统、分类归纳，深化知识、强化技能、提高素质，利于教、便于学。本书可作为理工科院校、师范院校、电视大学、函授大学等学校的教材。

该书在编写过程中得到了东南大学恽瑛教授热情支持和帮助，并为本书作序；本书的出版还得到中国石化出版社的大力支持以及参编者所在学校领导的关心和鼎力相助，在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平所限，经验不足，难免有错误之处，望读者批评指正。

编 者

1998年8月

主 编 李正平 王广泰 李冬梅

副主编 王庆中 刘继才 李青华
李尊迎 何卫东

编 者 (以姓氏笔画为序)

于夕文 任 芳 刘竹琴 宋金璠
陈传祥 陈跃敏 岳优兰 谢印忠
朝福魁 薛 曦 禩光铭 衡耀付

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 物理实验的意义、任务、内容及要求.....	(1)
第二节 测量与误差.....	(7)
第三节 误差的估算方法.....	(15)
第四节 实验不确定度及测量结果的表示.....	(20)
第五节 有效数字及简算方法.....	(23)
第六节 数据处理方法.....	(29)
第二章 力学实验	(42)
实验一 长度的测量(*).....	(42)
实验二 单摆的研究(*).....	(52)
实验三 固体和液体密度的测定(**).....	(56)
实验四 惯性秤(*).....	(64)
实验五 牛顿第二定律的验证(***).....	(67)
实验六 动量守恒定律的验证(**).....	(76)
实验七 杨氏弹性模量的测定(***).....	(83)
实验八 刚体转动定律的验证 及转动惯量的测定(***).....	(91)
实验九(a) 用三线摆测定物体的转动惯量(***)	(96)
实验九(b) 用扭摆测定物体的转动惯量(**)	(101)
实验十 液体粘滞系数的测定(**).....	(104)
实验十一 弦振动的研究(*).....	(110)

实验十二(a) 气轨上谐振动的研究( ** )	.....	(114)
实验十二(b) 用弹簧振子研究谐振动( ** )	.....	(118)
实验十三 伯努利方程的验证( ** )	.....	(122)
实验十四 声速的测定( ** )	.....	(126)
实验十五 自由落体的研究(设计实验)	.....	(130)
实验十六 复摆与可倒摆的研究(设计实验)	.....	(131)
实验十七 共鸣管法测声速研究(设计实验)	.....	(134)
实验十八 阻尼振动的研究(设计实验)	.....	(134)
力学实验小结	.....	(135)
第三章 热学实验	.....	(142)
实验一 金属比热容的测定( * )	.....	(143)
实验二 金属线胀系数的测定( ** )	.....	(147)
实验三 水的汽化热的测定( ** )	.....	(151)
实验四 电热当量的测定( ** )	.....	(154)
实验五 气体三定律及气态方程验证( ** *)	.....	(157)
实验六(a) 良导体导热系数的测定( ** *)	.....	(162)
实验六(b) 不良导体导热系数的测定( ** *)	.....	(166)
实验七 液体比热容的测定( ** )	.....	(170)
实验八 液体表面张力系数的测定( ** )	.....	(174)
实验九 空气比热比的测定(设计实验)	.....	(179)
实验十 冰的熔解热的测定(设计实验)	.....	(179)
热学实验小结	.....	(180)
第四章 电磁学实验	.....	(181)
实验一 静电场的描绘( * )	.....	(187)
实验二 伏安法测电阻( * )	.....	(192)

实验三	用惠斯登电桥测电阻(*)	(196)
实验四	灵敏电流计特性的研究(* *)	(203)
实验五(a)	用电位差计测量电池的 电动势和内阻(* *)	(212)
实验五(b)	用电位差计校正电表(* *)	(218)
实验六(a)	电表改装(* * *)	(222)
实验六(b)	万用电表的原理与使用(* *)	(230)
实验七	用开耳芬电桥测量低电阻(* *)	(239)
实验八	磁场的描绘(* *)	(247)
实验九	示波器的使用(* *)	(254)
实验十(a)	用冲击电流计测量电容及 高电阻(* * *)	(263)
实验十(b)	用冲击电流计测定螺线管内 轴向磁场分布(* * *)	(270)
实验十一	交流电桥(* *)	(276)
实验十二	半导体热敏电阻特性的研究(* * *)	(281)
实验十三	电子束的偏转(* *)	(286)
实验十四	电子束的聚焦(* *)	(297)
实验十五	变阻伏安特性研究(设计实验)	(305)
实验十六	表头内阻的测量(设计实验)	(306)
实验十七	铁磁物质磁化曲线的研究(设计实验)	(306)
实验十八	RLC 电路谐振特性研究(设计实验)	(307)
	电磁学实验小结	(307)
第五章	光学实验	(310)

实验一	薄透镜焦距的测定(*)	(311)
实验二	分光计的调整及折射率的测定(* * *)	(318)
实验三(a)	迈克尔逊干涉仪的调节和使用(* *)	(328)
实验三(b)	等厚干涉现象的研究(* *)	(335)
实验三(c)	用菲涅耳双棱镜测波长(* * *)	(340)
实验四	光栅衍射实验(* * *)	(343)
实验五	偏振现象的观察和分析(* *)	(346)
实验六	透镜组基点的测定(* *)	(351)
实验七	全息照相(* * *)	(356)
实验八	用光电效应测普朗克常数(* * *)	(363)
实验九	液体折射率的测定(设计实验)	(370)
实验十	显微镜、望远镜放大率的测定(设计实验)	(371)
实验十一	单缝衍射研究(设计实验)	(371)
	光学实验小结	(372)
第六章	近代物理实验	(374)
实验一	密里根油滴实验(* * *)	(374)
实验二	夫兰克—赫兹实验(* *)	(382)
实验三	氢与氘原子光谱(* * *)	(388)
实验四	塞曼效应(* * *)	(398)
实验五	G-M 计数管特性及放射性衰变的统计规律(* * *)	(408)
附录 I	实验教学指导	(418)
附录 II	计算机辅助实验教学简介	(424)
附录 III	常用物理常数表	(426)

第一章 绪 论

第一节 物理实验的意义、任务、内容及要求

一、物理实验的意义与任务

物理学的形成与发展是以实验为基础的。物理学的研究方法通常是在观察和实验的基础上,对物理现象进行分析抽象概括总结,从而建立物理定律,进而形成物理理论,再回到实验中去经受检验。即实验是物理科学的基础,也是物理知识的源泉,加强物理实验是物理教学的时代特征,又是提高物理教学质量的先决条件。

在研究物理现象时,实验的任务不仅是观察物理现象,更重要的是找出各物理量之间的数量关系,找出它们变化的规律。任何一个物理定律的确定,都必须依据大量的实验材料。即使已经确定的物理定律,如果出现了新的实验事实和这个定律相违背,那么便需要修正原有的物理定律或物理理论,因此我们说,物理实验是物理理论的基础,它是物理理论正确与否的试金石。

物理实验既为开拓新理论、新领域奠定基础,又是丰富和发展物理学应用的广阔天地。最近数十年来,物理学和其他学科一样发展很快,尤其是核物理、激光、电子技术和计算机等现代化科学技术的发展,更反映了物理实验技术发展的新水平。随着科学技术的发展越来越体现出物理实验技术的重要性,基于这方面的原因,人们逐渐感到理工科及师范院校加强

对学生进行物理实验训练的重要性。理论课是进行物理实验的必要基础,在实验过程中,通过理论的运用与现象的观测分析,理论与实验相互补充,以加深和扩大学生的物理知识。

物理实验是高校理科进行科学实验训练的一门基础课程,是各专业后继实验课程的基础之一。也就是说,它是大学生从事科学实验工作的入门。它的主要任务是:

① 学习物理实验的基础理论,包括一些典型的实验方法及其物理思想。例如,电磁学实验中的模拟法、伏安法、电桥法、补偿法以及冲击法等,有助于思维与创造能力的培养。

② 使学生获得必要的实验知识和操作技能,培养学生初步具有正确使用仪器进行测量、处理数据、分析结果以及编写报告等方面的能力。

③ 培养学生严格、细致、实事求是、刻苦钻研、一丝不苟的科学态度,以及爱护国家财产的道德品质;培养学生善于动脑、乐于动手、讲究科学方法、遵守操作规程、注意安全等良好习惯。

总之,教学的重点应放在培养学生科学实验能力与提高学生科学实验素养方面,使学生在获取知识的自学能力、运用知识的综合分析能力、动手实践能力、设计创新能力以及严肃认真的作风、实事求是的科学态度等方面得到训练与提高。

二、实验物理学的形成及其内容

与物理学发展的同时,实验综合了科学技术的成就,发展形成了自身的科学体系,成为系统性较强的独立学科——实验物理学。它在内容上包括了许多物理课本所包括不了的理论知识、方法和技能,主要归纳有以下几方面:

① 实验手段(仪器、设备)的发展。表现在从简单的测量仪器,发展为以机、电、光为实验的门类齐全、并日益扩展的仪

器系列。精确度不断提高,适用范围不断开拓,自动化程度不断提高等。遥感、遥控、遥测技术的应用,使仪器已经从简单的物理原理脱胎出来,成为独立体系。

② 从对现象的观测、实验方案的设计、过程控制以及资料分析、结果归纳等一系列方法,在前人积累和现代科学技术的基础上,发展成较完整的系统。

③ 综合了数学、物理等学科的成就,形成了实验的数据处理、误差分析的严格理论体系,并已有成效地指导着实验的各个环节使之顺利进行。

④ 为解决各种精确测量和精密实验中的实际问题,综合利用了多专业学科和多种专业技术的交叉,形成了实验物理学的独立科学技术体系。

三、实验课的要求

从教学法方面来说,学习方法大致可分为前后两大阶段:前期为启蒙阶段,学习以“模仿”为主,初步学会实验的工作方法,把基础打扎实;后期逐步转移到着重独立工作能力的培养方面。为此本教材在编写上也有所侧重,前期写得比较详细,后期着重写明原理和实验方法的思路,而详细的实验步骤则要自行考虑。同时,还安排了一些设计性实验,以利于实验工作能力的培养。

实验与听课不同,它的特点是同学们在教师的指导下自己动手,独立地完成实验任务。通常,每个实验的学习都要经历三个阶段。

1. 实验的准备

实验前必须认真阅读教材,做好必要预习,才能按质按量按时完成实验。同时,预习也是培养阅读能力的学习环节。阅读时要以实验目的为中心,搞清楚实验原理(包括测量公式)、

操作要点、数据处理及其分析方法等；要反复思考实验原理、仪器装置及操作、数据处理等方面如何达到实验目的。做物理实验应始终在明确的理论指导下进行。预习时要尽量精心构思，写出简明的预习报告，内容包括：目的、原理摘要、关键步骤、数据记录表格等等。

2. 实验的进行

内容包括仪器的安装与调整，观察实验现象与选择测试条件，读数与数据记录，计算与分析实验结果，以及误差估算等。

进入实验室，要遵守实验室规则。实验过程中对观察到的现象和测得数据要及时进行判断，判断它们是否正常与合理。实验过程中可能会出现故障，在教师的指导下，分析故障原因，学会排除故障的本领。实验完毕，做好仪器设备的整理工作。

3. 编写实验报告

编写实验报告，这是完成一个实验题目的最后程序，也是对实验进行全面总结分析的一个过程，必须予以充分的重视。通常，实验报告分为三部分。

第一部分：实验目的和原理。

目的：说明本实验的目的。

原理：在理解的基础上，用简短的文字扼要地阐述实验原理，切忌整篇照抄，力求做到图文并茂，图示原理图、电路图或者光路图。写出实验所用的主要公式，说明式中各物理量的意义和单位，以及公式适用条件（或实验必要条件）。

第二部分：实验记录。此部分在实验课上完成，内容有

仪器：记录实验所用主要仪器的编号和规格。记录仪器编号是一个很好的工作习惯，便于以后必要时对实验进行复查。

记录仪器规格可以使同学们逐步熟悉它,以培养选用仪器的能力。

过程:实验内容和观测现象记录。

数据:数据记录应做到整洁、清晰而有条理,便于计算与复核,达到省工省时的目的。在标题栏内要注明单位。数据不得任意涂改。确定测错而无用的数据,可在旁边注明“作废”字样,不要任意删去。

第三部分:数据处理与计算。此部分在实验后进行,包括计算结果与误差计算:计算时先将文字公式化简,再代入数值进行运算。误差计算要预先写出误差公式。

结果:按较准确形式写出实验结果。在必要时,注明结果的实验条件。

实验讨论及作业:对实验结果进行分析讨论(对实验中出现的说明和讨论),以及实验心得或建议等,完成教师指定的作业题。

实验报告是实验工作的总结,是经过对实验操作和观察测量、数据分析以后的永久性的科学记录。编写实验报告有助于锻炼逻辑思维能力,把自己在实验中的思维活动变成有形的文字记录,发表自己对本次实验结果的评价和收获。实验报告可供他人借鉴,促进学术交流。因此,编写实验报告要求做到书写清晰、字迹端正、数据记录整洁、图表合适、文理通顺、内容简明扼要。

4. 遵守实验规则

为了保证实验正常进行,以及培养严肃认真的工作作风和良好的实验工作习惯,特制定下列规则,望同学们遵守执行。

① 学生应在课程表规定时间内进行实验,不得无故缺席