

高 等 学 校 教 材

工科物理实验教程

周 珺 主编 王 婷 副主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

013066960

04-33
612

高等学校教材

工科物理实验教程

GONGKE WULI SHIYAN JIAOCHENG

周珺 主编 王婷 副主编



责任编辑 王 珺 封面设计 王 珺 插图设计 王 珺
 文字编辑 王 珺 校对 王 珺 责任校对 王 珺
 责任印制 王 珺 印刷 王 珺 装订 王 珺

咨询电话 400-810-0298
 网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
 网上订购 <http://www.jiaoducn.com>
<http://www.jiaoducn.com>
 印 次 2013年8月第1版
 印 次 2013年8月第1次印刷

出版发行 高等教育出版社
 社 址 北京市西城区德胜大街4号
 邮 政 100120
 电 话 010-62040090
 网 址 <http://www.hep.com.cn>
 04-33
612

高等教育出版社·北京
 HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING



北航 C1674860

01308380

内容提要

本书是根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版)编写而成的。本书共分5章,第1章为误差理论和数据处理;第2章为物理实验中的基本调整与操作技术;第3章为基础性实验;第4章为综合性实验;第5章为引导设计性实验。本书的特点是始终把重点放在实验的基本设计思想、基本方法、仪器的正确操作以及科学的数据处理上,尤其是对基础性实验采取了规范性的数据处理模式,以强化对学生的训练。

本书可作为高等学校工科各专业大学物理实验课程的教材或参考书,也可供其他专业的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

工科物理实验教程 / 周珺主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-04-037840-5

I. ①工… II. ①周… 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(2013)第 144835 号

策划编辑 马天魁 责任编辑 马天魁 封面设计 王 隼 版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉 责任校对 刁丽丽 责任印制 张泽业

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 100120
印 刷 中国农业出版社印刷厂
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 27.25
字 数 490 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
定 价 35.00 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
物 料 号 37840-00

前 言

本书是为适应当前实验教学改革的要求，根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版)，以多年使用的讲义为基础并结合近年来实验教学改革实践的成果编写而成的。本书内容全面，深入浅出。

“大学物理实验”是理工科学生必修的一门重要基础课程，也是学生进入大学后较早接触到的一门系统全面的实验课程。为了使学生在有限的时间内能系统地掌握物理实验的基本知识和基本方法，培养学生的实验动手能力，促使学生积极参与实验，为后续实验课程奠定基础，编者在编写本书的过程中，在让学生熟悉基本仪器和基本测量的基础上，采用基础性实验、综合性实验、设计引导性实验三者结合的模式，秉承“分层次、多模块、组合式、衔接化”的教学原则，纵向层次递进实施教学，打破了传统教材按照力、热、电磁、光、近代物理的顺序布局，适当减少了验证性实验，增设了提高型、应用型、综合型，设计型和研究创新型选做实验。本书将现代科技成果融入基础物理实验教学，形成了从低到高，从简单到复杂，从基础到前沿，从接受知识到培养综合能力、创新能力，步步提高的“模块分层次”实验教学新模式。教学实践证明，这样的模式适合并满足大多数学生的需要。

本书的特点是始终把重点放在实验的基本设计思想、基本方法、仪器的正确操作以及科学的数据处理上，尤其是对基础性实验采取了规范性的数据处理模式，以强化对学生的训练。

本书第1章为误差理论和数据处理；第2章为物理实验的基本调整和操作技术；第3章为基础性实验；第4章为综合性实验；第5章为设计引导性实验。周珺编写了第1、2、4、5章并统稿，王婷编写了第3章。物理实验室的郭鹏、谈勇、陈涓涓、郑玉、顾奇、朱晓明、王晓云等几位老师在百忙之中对本书的部分章节做了校正，付出了辛勤的汗水，编者在此对他们深表感谢！

编写适合教学改革需要的实验教材是一种探索，它是一项凝聚教师集体劳动的工程。在编写本教材时，编者吸收了多年来在兰州交通大学物理实验室工

作过的许多同仁的智慧和成果，也参考和借鉴了兄弟院校的有关教材。另外，物理系主任孙小伟博士对本书的编写提出了许多宝贵的指导性建议。编者在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2013年4月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

171	.....	.....	.....
173	.....	.....	.....
181	.....	.....	.....
193	.....	.....	.....
200	.....	.....	.....
206	.....	.....	.....
实验守则	.....	.....	1
绪论	.....	.....	5
第 1 章 误差理论和数据处理	.....	.....	9
第 2 章 物理实验中的基本调整与操作技术	.....	.....	24
第 3 章 基础性实验	.....	.....	31
实验 1 物体密度的测量	.....	.....	31
实验 2 拉伸法测量钢丝的弹性模量	.....	.....	42
实验 3 扭摆法测定刚体转动惯量	.....	.....	49
实验 4 三线摆测量转动惯量	.....	.....	55
实验 5 霍尔传感器法测量简谐振动	.....	.....	62
实验 6 拉脱法测量液体的表面张力系数	.....	.....	69
实验 7 落球法测量液体黏度	.....	.....	75
实验 8 气垫导轨上的实验——测量速度、加速度及验证 牛顿第二定律	.....	.....	80
实验 9 声速的测量	.....	.....	88
实验 10 固体比热容的测量	.....	.....	97
实验 11 空气比热容比的测量	.....	.....	102
实验 12 液体比热容的测定	.....	.....	107
实验 13 不良导体导热系数的测定	.....	.....	112
实验 14 液体变温黏度的测定	.....	.....	116
实验 15 金属线膨胀系数的测量	.....	.....	121
实验 16 PN 结正向压降温度特性及正向伏安特性的研究	.....	.....	125
实验 17 热电偶传感器测温	.....	.....	133
实验 18 金属箔式应变片的温度效应及补偿	.....	.....	138
实验 19 金属箔式应变片的性能	.....	.....	143
实验 20 半导体应变片的性能	.....	.....	150
实验 21 光敏传感器的光电特性研究	.....	.....	156
实验 22 电涡流传感器实验	.....	.....	166

实验 23	电场的描绘	171
实验 24	电位差计的使用	175
实验 25	霍尔元件测量磁场	186
实验 26	电磁波综合实验	192
实验 27	串联 RLC 谐振电路	200
实验 28	伏安法测电阻	206
实验 29	霍尔传感器测量磁化曲线与磁滞回线	213
实验 30	整流、滤波与稳压电路	219
实验 31	示波器的调整与使用	223
实验 32	惠斯通电桥测电阻	238
实验 33	直流双臂电桥测电阻	242
实验 34	非线性电路混沌实验	246
实验 35	薄透镜焦距测量	252
实验 36	分光仪的调节及三棱镜顶角测量	257
实验 37	牛顿环与劈尖干涉	262
实验 38	迈克耳孙干涉仪	270
实验 39	菲涅耳双棱镜测激光波长	274
实验 40	显微镜与望远镜的组装	278
第 4 章 综合性实验	.....	281
实验 41	霍尔位置传感器法测量杨氏模量	281
实验 42	热敏电阻温度特性的研究(非平衡电桥的使用)	285
实验 43	电表的改装与校准	291
实验 44	电位差计校准电表	297
实验 45	太阳能电池基本特性测定实验	303
实验 46	光栅常量的测量	309
实验 47	普朗克常量的测定	312
实验 48	迈克耳孙干涉仪测折射率及压强	318
实验 49	多普勒测速	322
实验 50	真空的获得与测量	326
实验 51	类金刚石薄膜的制备	334
实验 52	核磁共振	340
实验 53	光泵磁共振	347
实验 54	微波顺磁共振	356
实验 55	全息照相	363

实验 56	ESPI 散斑干涉原理测量位移	368
实验 57	拉曼光谱实验	373
第 5 章	引导设计性实验	382
实验 58	频率的测定和烧杯打击乐的形成	382
实验 59	“风洞”实验	385
实验 60	用激光演示李萨如图形	386
实验 61	电磁感应与磁悬浮力	389
实验 62	重力加速度的测量	392
实验 63	激光监听器	393
实验 64	烛灭水升现象的研究	395
实验 65	可闻声波测声速	396
实验 66	孔明灯的研究	398
实验 67	有雾玻璃的趣味	400
实验 68	流体桥	401
实验 69	超声波测距	402
实验 70	电涡流传感器测距	409
参考文献	.....	412
附录	.....	413

实验守则

一、基本程序

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

实验前应想一想如何去做？期望什么结果？实验后应对实验进行评价，并认真反思实验中遇到或想到了哪些问题，收获是什么？总之，在实验过程中一定要既动手又动脑，使自己的独立实验能力逐步提高。

预习是主动学习的开始。实验课前要认真阅读教材，阅读时要以实验目的为中心，搞清楚实验原理、操作要点、数据处理及其分析方法等，同时要精心构思，写出简明的预习报告，内容包括目的、原理、内容等。

带着问题学习是探索精神的体现。在预习时如能提出要和教师讨论的问题以及自己要探索的问题，并准备在实验中做些探索和分析，是非常有益的。

2. 实验的进行

(1) 实验的物理思想

对于每一个物理实验，不仅应重视其原理、实验装置和数据处理方法等问题，更应着重了解其物理思想，这对于我们设计新的实验往往能提供很多启示和借鉴之处。例如，对弹性模量的测量，我们在实验中可以用三种测量方法来实现，它们有什么共同之处，各自的思想、特点是什么，与当今的技术发展有什么联系，是否能设计出新的方法等都值得我们去思考。

(2) 实验装置与仪器

使用仪器或装置必然要了解它的原理和使用方法，作为一个实验者还要了解该仪器设计的独创性之所在。例如，测量低电阻的双臂电桥的创造性就在于它消除了导线电阻和接触电阻的影响，使低电阻的测量成为可能。

仪器的改进可以减小某些误差。但是不论设计如何精良，加工和装配如何

精细,都不可能制造出没有误差的仪器。因此,在使用仪器时都会给测量引入误差。测量时我们一要采取适当的方法削减其误差的影响,二要将实验仪器的误差限作为测量不确定度的一部分去评估测量的好坏程度。

使用仪器时,要遵守仪器的操作规程,这是取得客观数据、保护仪器所必需的。

实验后,不要立即拆散测量系统,要对记录作初步分析,在不需要补测数据时才可结束。实验结束时,仪器装置要恢复到使用前的状态。

(3) 及时发现问题

实验者一般都是细心安排实验的,实验的进程可能比较顺利,但是由于各种原因实验中出现问题也是常见的。实验者应能及时发现问题,及时进行处理,防止精力和物资的浪费。出现问题的原因是多方面的,如理解上的偏差、仪器调节不到位、线路接错、参量取值不当、看错了现象、读错了数据、实验装置变动等。

实验时要边观察现象,边审查数据,边思考分析,看看有无不正常的现象或数据。如果不假思索地埋头测量,可能在实验结束时才发现测错了。应力求避免这种情景的出现。

(4) 实验记录

记录是整理实验结果以及分析问题的依据,这要求记录的是原始数据,即从仪器上读出的未经任何运算的量值。记录不仅包括实验数据,还应包括实验的环境条件,仪器的型号和编号,实验中遇到的问题、故障及可疑现象等一切有价值的内容。学生在实验结束前应将原始记录交给指导教师审查签字后方可离开实验室。

3. 编写实验报告

编写实验报告是对实验进行全面总结分析的一个过程,必须予以充分重视。实验报告要对实验过程和结果进行分析和评价,要有自己的思考,这是培养我们分析问题能力及综合能力的重要步骤。

实验报告的基本要求是:字迹清楚、文理通顺、图表正确、数据完备和结论明确。

报告的主要内容通常包括以下部分:

(1) 实验名称。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理。在理解实验原理的基础上做到简明扼要,切忌整篇照抄,力求做到图文并茂(原理图和装置示意图等),并列实验所用的主要公式,

说明公式中各量的物理意义及公式的适用条件。

(4) 实验仪器。列出实验中使用的仪器名称、型号、规格、编号等。

(5) 实验内容和实验步骤。这一部分包括本次实验的主要内容, 实验的具体实施步骤。合格的步骤是完全按照实际的实验步骤所写, 包括实验过程中的各种参数设置。此步骤和实验教材上的步骤可能有所不同, 所以不能照搬教材上的实验步骤。

(6) 数据记录与处理。数据记录应做到整洁清晰而有条理, 尽量采取列表法给出原始测量数据。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, 以便计算与复核。同时在标题栏内要注明单位。

写出数据处理的主要过程, 绘制图线并进行误差分析、不确定度评估等, 以醒目的方式完整地表示出实验结果。

(7) 实验讨论和思考题。如对物理现象、实验结论和误差来源进行分析, 对实验方案提出改进建议, 回答实验思考题, 叙述实验体会等。

二、基本要求

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

(1) 学生应在课表规定或预约的时间按时进行实验, 不得无故缺席或迟到。实验时间如需变动, 要事先经实验室老师批准同意。

(2) 实验时应携带必要的物品, 如学生证、文具、计算器、草稿纸和作图纸等。

(3) 学生在每次实验前要认真做好实验预习, 并在预习的基础上写出预习报告。

(4) 学生进入实验室后, 应将预习报告和学生证放在桌子上由指导教师检查, 并回答教师的提问, 经检查合格后, 才可准备实验。

(5) 进入实验室后, 学生应核对自己使用的仪器有无缺少或损坏, 若发现问题, 应向指导教师或实验室管理人员提出。实验完毕应及时归还借用的仪器。

(6) 要细心观察仪器构造, 谨慎操作, 严格遵守操作规程及注意事项。尤其是电学实验, 线路接好后, 先经教师或实验室工作人员检查无误后才可接通电源, 以免发生意外。

(7) 测量结束应将数据交给指导教师检查, 实验合格者予以签字通过, 否则要重测或补测。

(8) 要保持实验室整洁、安静。实验完毕应将仪器、桌椅恢复原状，放置整齐，并由值日同学做好实验室卫生清洁工作。

(9) 如有损坏仪器，应及时报告教师或实验室工作人员，说明损坏原因并根据学校规定的赔偿办法处理。

附录二

实验室守则

一、实验室守则

1. 实验室是进行科学实验的场所，必须保持整洁、安静。

2. 进入实验室必须遵守实验室的各项规章制度。

3. 实验前必须认真阅读实验讲义，了解实验目的、原理、步骤。

4. 实验时必须严格按照实验步骤进行操作，不得擅自更改。

5. 实验过程中必须注意安全，防止事故发生。

6. 实验完毕应将仪器、桌椅恢复原状，并认真做好实验记录。

7. 如有损坏仪器，应及时报告教师或实验室工作人员，说明损坏原因并根据学校规定的赔偿办法处理。

8. 要保持实验室整洁、安静。实验完毕应将仪器、桌椅恢复原状，放置整齐，并由值日同学做好实验室卫生清洁工作。

9. 如有损坏仪器，应及时报告教师或实验室工作人员，说明损坏原因并根据学校规定的赔偿办法处理。

10. 实验过程中必须注意安全，防止事故发生。

11. 实验完毕应将仪器、桌椅恢复原状，并认真做好实验记录。

12. 如有损坏仪器，应及时报告教师或实验室工作人员，说明损坏原因并根据学校规定的赔偿办法处理。

绪 论

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律的自然科学。它的基本理论渗透在自然科学的各个领域，应用于生产技术的许多部门，是其他自然科学和工程技术的基础。在人类追求真理、探索未知世界的过程中，物理学展现了一系列科学的世界观和方法论，深刻影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活，是人类文明的基石，在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

物理学本质上是一门实验科学。物理实验是科学实验的先驱，体现了大多数科学实验的共性，在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。

一、课程的地位、作用和任务

物理实验课是高等理工科院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程，是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。

物理实验课覆盖面广，具有丰富的实验思想、方法、手段，同时能提供综合性很强的基本实验技能训练，是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合能力等方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

本课程的具体任务是：

(1) 培养学生的基本科学实验技能，提高学生的科学实验基本素质，使学生初步掌握实验科学思想和方法。培养学生的科学思维和创新意识，使学生掌握实验研究的基本方法，提高学生的分析能力和创新能力。

(2) 提高学生的科学素养，培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风，认真严谨的科学态度，积极主动的探索精神以及遵守纪律、团结协作、爱护公共财产的优良品德。

二、教学内容基本要求

大学物理实验应包括普通物理实验(力学、热学、电磁学、光学实验)和近代物理实验,具体的教学内容基本要求如下。

1. 掌握测量误差的基本知识,具有正确处理实验数据的基本能力

(1) 掌握测量误差与不确定度的基本概念,能逐步学会用不确定度对直接测量和间接测量的结果进行评估。

(2) 学会处理实验数据的一些常用方法,包括列表法、作图法和最小二乘法等。随着计算机及其应用技术的普及,还应包括用计算机通用软件处理实验数据的基本方法。

2. 掌握基本物理量的测量方法

例如:长度、质量、时间、热量、温度、湿度、压强、压力、电流、电压、电阻、磁感应强度、光强度、折射率、电子电荷、普朗克常量、里德伯常量等常用物理量及物性参量的测量,注意加强数字化测量技术和计算技术在物理实验教学中的应用。

3. 了解常用的物理实验方法,并逐步学会使用之

例如:比较法、转换法、放大法、模拟法、补偿法、平衡法和干涉、衍射法,以及在近代科学研究和工程技术中广泛应用的其他方法。

4. 掌握实验室常用仪器的性能,并能够正确使用

例如:长度测量仪器、计时仪器、测温仪器、变阻器、电表、交/直流电桥、通用示波器、低频信号发生器、分光计、光谱仪、常用电源和光源等常用仪器。

应根据条件,在物理实验课中逐步引进在当代科学研究与工程技术中广泛应用的现代物理技术,如激光技术、传感器技术、微弱信号检测技术、光电子技术、结构分析波谱技术等。

5. 掌握常用的实验操作技术

例如:零位调整、水平/竖直调整、光路的共轴调整、消视差调整、逐次逼近调整、根据给定的电路图正确接线、简单的电路故障检查与排除以及在近代科学研究与工程技术中广泛应用的仪器的正确调节。

6. 适当介绍物理实验史料和物理实验在现代科学技术中的应用知识

三、能力培养基本要求

1. 独立实验的能力

能够通过阅读实验教材、查询有关资料和思考问题,掌握实验原理及方法、做好实验前的准备;正确使用仪器及辅助设备、独立完成实验内容、撰写合格的实验报告;培养学生独立实验的能力,逐步形成自主实验的基本能力。

2. 分析与研究的能力

能够融合实验原理、设计思想、实验方法及相关的理论知识对实验结果进行分析、判断、归纳与综合。掌握通过实验研究物理现象和物理规律的基本方法,具有初步的分析与研究的能力。

3. 理论联系实际的能力

能够在实验中发现問題、分析問題并学习解决问题的科学方法,逐步提高学生综合运用所学知识和技能解决实际问题的能力。

4. 创新能力

能够完成符合规范要求的具有设计性、综合性内容的实验,进行初步的具有研究性或创意性内容的实验,激发学生的学习主动性,逐步培养学生的创新能力。

四、分层次教学基本要求

上述教学要求,应通过开设一定数量的基础性实验、综合性实验、设计性或研究性实验来实现。这三类实验教学层次的学时比例建议大致分为60%、30%、10%。

1. 基础性实验

主要学习基本物理量的测量、基本实验仪器的使用、基本实验技能和基本测量方法、误差与不确定度及数据处理的理论与方法等,可涉及力学、热学、

电磁学、光学、近代物理等各个领域的内容。此类实验为适应各专业的普及性实验。

2. 综合性实验

这类实验指在同一个实验中涉及力学、热学、电磁学、光学、近代物理等多个知识领域, 综合应用多种方法和技术的实验。此类实验的目的是巩固学生在基础性实验阶段的学习成果、开阔学生的眼界和思路, 提高学生对实验方法和实验技术的综合运用能力。应根据本校的实际情况设置该部分实验内容(综合的程度、综合的范围、实验仪器、教学要求)。

3. 设计引导性实验

根据给定的实验题目、要求和实验条件, 由学生自己设计方案并基本独立完成全过程的实验。

设计引导性或研究性实验的目的是使学生了解科学实验的全过程、逐步掌握科学思想和科学方法, 培养学生独立实验的能力和运用所学知识解决给定问题的能力。