



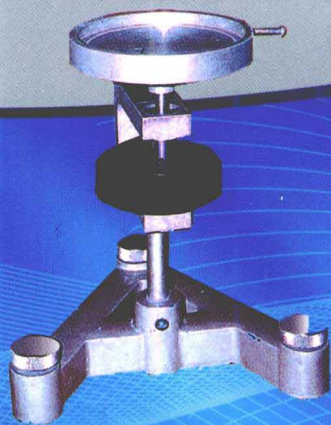
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理实验

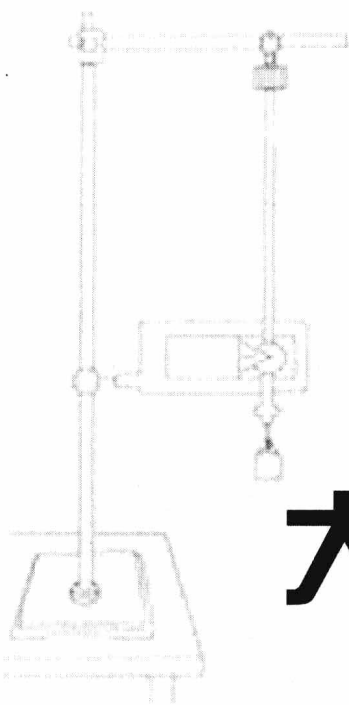
D a x u e W u l i S h i y a n

章毛连 主编

应用型本科教材



 中国农业出版社



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

大学物理实验

章毛连 主编

应用型本科教材



中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验 / 章毛连主编. —北京: 中国农业出版社, 2012. 1

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16423-9

I. ①大… II. ①章… III. ①物理学-实验-高等学校-教材 IV. ①04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 268662 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 马颀晨

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 14.5

字数: 345 千字

定价: 26.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

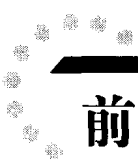
内容简介

本书是依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》，综合多年的教学经验，为适应普通高等院校非物理专业的理、工、农、医等各专业的大学生物理实验课教学需要而编写的实验教材。本教材共分3篇：第一篇为物理实验的基础知识，共3章，分别介绍了物理实验的基本方法与技术、测量及其误差与有效数字、实验数据处理的常用方法。第二篇为物理实验项目，共分3章，分别是基础实验14个，综合性实验6个，设计性与研究性实验7个。第三篇为演示性实验，安排了37个实验，主要用于教师实验演示，内容编排时尽量不涉及具体测量，可供文科专业或物理实验学时较少的学生了解物理现象，提高理科素质，启发创造性思维之用。

本教材在编写时充分考虑到工科、农林学科、生命类学科以及文科需求和学时的差别，为适应多学科多层次的需求，从基础与专业结合、基础训练与应用拓展结合、学科发展的需求等多角度来选择实验内容。

本书既可作为农林院校的物理实验教材，也可作为工科院校教材和参考书。

主 编 章毛连
副主编 王玉莲 张永锋 秦炎福
参 编 (按姓名笔画排序)
王 娜 吕跃凤 李 勇
何恩节 官邦贵 高伟霞
郭明磊 韩新风 潘 颖



前言

现今社会要求高等院校培养出来的学生不仅要有扎实的理论基础,还要有较强的实践动手能力、创新精神以及多方面的综合知识与素质。高等院校教学实验室无疑是人才培养的重要场所。大学物理实验课是高等院校理、工、农、医等专业学生进入大学后较早学习到的一门必修基础实验课程,也是其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,已经形成了一套完整的实验教学体系,因此可以讲物理实验是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要手段,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的作用是其他实验类课程不可替代的。

本教材是根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》,在安徽科技学院原有实验讲义《大学物理实验》的基础上改编而成。

本教材分3篇。第一篇为物理实验的基础知识,分为3章,其内容包括物理实验的基本方法与技术、测量及其误差与有效数字、实验数据处理的常用方法,这部分内容一般不专门占用教学学时,可通过一些实验项目渗透进去。第二篇为物理实验项目,分为3章内容:第四章为基础性实验,安排了14个实验,主要承担着对学生基本实验方法和实验技能的培养;第五章为综合性和近代物理实验,安排了6个实验,以近代物理和具有一定综合性的实验为主;第六章为设计性与研究性实验,提供了7个可选的设计性实验项目,学生可根据自己的兴趣和专业方向的要求选做其中相关实验。第三篇为演示性实验,安排了37个实验,主要用于教师实验演示,内容编排时尽量不涉及具体测量,可供文科专业或物理实验学时较少的学生了解物理现象,提高理科素质,启发创造性思维之用。

本教材编写分工如下:章毛连编写绪论,第一章,第二章,实验5、13、14、19、32和附录1~4;王玉莲编写实验1、3、33、36和38;张永锋编写第三章,实验2、25、40、44、49和附录5;秦炎福编写实验9、18、21、34、37、42和43;李勇编写实验11、20、39、41和50;官邦贵编写实验15、23、59、60和61;吕跃凤编写实验8、27、31和35;何恩节编写实验4、26、28、29和30;潘颖编写实验12、16、56、57和58;郭明磊编写实验10、17、62、63和64;韩新风编写实验7、24、51、52和53;高伟霞编写实验6、22、46、47和54;王娜编写实验45、48和55。

本书在编写过程中参阅和引用了兄弟院校编写的同类教材中的有关内容和相关仪器生产厂家的说明书，得到了安徽科技学院教务处和理学院领导以及中国农业出版社的关心和大力支持，在此向他们表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中难免有不足和错误，恳请读者批评指正，以便不断更新和完善。

编 者

2011年10月



目 录

前言

绪论	1
第一篇 物理实验的基础知识	5
第一章 物理实验的基本方法与技术	7
第一节 物理实验的基本方法	7
第二节 物理实验的基本操作技术	11
第二章 测量 误差 有效数字	14
第一节 测量与误差	14
第二节 不确定度、测量结果的不确定度的评定	21
第三节 有效数字	25
第三章 实验数据处理	28
第一节 实验数据处理方法	28
第二节 计算机在物理实验数据处理中的应用	32
第二篇 物理实验项目	43
第四章 基础实验	45
实验一 固体密度测量	45
实验二 扭摆法测定物体转动惯量	49
实验三 液体黏度的测定	52
实验四 密立根油滴实验——电子电荷的测量	55
实验五 模拟静电场	58
实验六 万用表和直流电位差计的使用	61
实验七 示波器的使用	70
实验八 电子在电场和磁场中运动规律的观测	77
实验九 RL、RC 电路的暂态过程和稳态过程	85
实验十 交流谐振电路的特性研究	92
实验十一 霍尔效应法测定螺线管轴向磁感应强度分布	95
实验十二 用示波器观测铁磁材料的磁化曲线和磁滞回线	99
实验十三 光的等厚干涉现象与应用——牛顿环的测定	105

实验十四 偏振光的观测与应用	109
第五章 综合与近代物理实验	114
实验十五 温差热电偶的定标	114
实验十六 光电效应法测量普朗克常量	117
实验十七 迈克尔逊干涉仪的调整与使用	121
实验十八 分光仪的调整与使用	125
实验十九 音频信号光纤传输	130
实验二十 不良导体(橡皮)导热系数的测定	137
第六章 设计性与研究性实验	141
实验二十一 形状不规则固体密度的测量	141
实验二十二 非线性元件伏安特性的测量	141
实验二十三 热电偶温度计的设计	142
实验二十四 应用传感器设计电子秤	142
实验二十五 简易万用表的设计	142
实验二十六 钠光灯波长的测定	143
实验二十七 溶液折射率的测定	143
第三篇 演示性实验	145
第七章 力学	147
实验二十八 飞机升力	147
实验二十九 伯努利悬浮	148
实验三十 空间弯曲	150
实验三十一 角动量守恒演示	152
实验三十二 磁混沌摆	153
实验三十三 三球仪	153
实验三十四 流体流动特性演示	155
实验三十五 流速与压强	156
实验三十六 普列克斯地球	157
第八章 热学与分子物理	159
实验三十七 微机型空气热机	159
实验三十八 热声效应演示	163
实验三十九 麦克斯韦速率分布演示	164
实验四十 半导体堆热机	166
第九章 振动与波	168
实验四十一 简谐振动合成	168
实验四十二 鱼洗	169
实验四十三 昆特管	171
第十章 电磁学	173
实验四十四 超声三维声呐定位演示	173

实验四十五 电子的传播特性和电磁透镜演示	174
实验四十六 手触电池	176
实验四十七 避雷针	177
实验四十八 汤姆逊电子射束演示	178
实验四十九 亥姆霍兹线圈	182
实验五十 平行板电场分布	183
实验五十一 三维电子偏转演示	184
实验五十二 梦幻点阵	186
实验五十三 超导磁悬浮列车	187
第十一章 光学与近代物理	189
实验五十四 三基色合成	189
实验五十五 激光成像	190
实验五十六 光栅光谱	191
实验五十七 海市蜃景	192
实验五十八 人造火焰	193
实验五十九 光-电调制演示	194
实验六十 光纤传像束	196
实验六十一 光纤通信	197
实验六十二 磁光调制演示	198
实验六十三 激光超声光栅演示	200
实验六十四 液晶电光效应演示	201
附录	203
附录1 我国法定计量单位表	203
附录2 常用物理量的单位名称和符号	204
附录3 SI 词头	205
附录4 常用物理数据	206
附录5 如何书写实验报告	217
主要参考文献	221

绪 论

物理学是以实验为基础的科学。所谓实验，就是根据研究目的，选用合适的仪器或装置，人为地控制、创造或纯化某种自然过程，使之按预期的进程发展，同时在尽可能减少干扰的情况下进行观测，以探求该自然过程变化规律的一种科学活动。

一、实验在物理学发展中的作用

纵观物理学三百余年的发展史，实验对物理学发展的作用基本上可概括成以下几个方面：

1. 发现新事实，探索新规律 物理学有许多分支，这些分支汇合起来组成了物理学的主干，无论哪个分支在其发展之初，都有大量的实验为之奠基，各分支在其发展的各个阶段大多有新的实验补充新的事实，从而使各分支更加充实，更加全面。例如，在 19 世纪末，经典物理学已发展到了相当完善的地步，人们乐观地认为，物理学的发展已经到顶了，留给后人的只不过是些“修修补补”的工作，诸如如何把常数测得再准些，如何运用现有的理论去解决各种实际问题等。但“好景不长”，不久就出现了一系列与经典物理学理论有尖锐矛盾的实验事实，其中重要的有黑体辐射实验、固体比热容的测定和迈克耳逊-莫雷实验。对这些矛盾的深入研究掀起了一场物理学的革命风暴，最终导致了量子论和相对论的建立。

2. 检验理论，判定理论的适用范围 毋庸置疑，理论是物理学的主体。然而，理论是否正确，又必须经受实践的检验。实验是人们检验理论的重要手段。例如麦克斯韦的电磁学理论以一组简洁的数学方程概括了所有宏观电磁规律，但当年却难以令人信服。直到 20 多年后，它预言的电磁波被赫兹的实验证实，麦克斯韦的学说才成为举世公认的宏观电磁理论基础。又如 1955 年，李政道和杨振宁提出，在弱相互作用过程中，宇称不守恒，并建议通过钴 60 的衰变来对这一理论进行判定性的检验。第二年，吴健雄进行了这个实验，证实了这个判断，使李、杨的理论得以确立，并使李、杨获得了诺贝尔奖。

此外，任何理论都有其自身的适用范围，这个范围往往要靠实验来确定。例如，玻意耳定律只适用于理想气体，因为勒尼奥的高气压实验证明，当气体压强增大到一定程度后，气体压强与体积的乘积会偏离常数。

3. 测定常量 在物理学的发展中，大量实验是围绕常量进行的。了解物质的物理特性要通过实验测量跟物质特性有关的各种常量，除此之外，对一些基本物理常量的测定和研究，在物理学发展中更占有极其重要的地位。例如万有引力常量的数值，自牛顿发现万有引力定律以来，一直是人们力求测准的对象。这个常量究竟是不是常量，会不会随时间变化，到现在还是物理学界关心的问题。

4. 推广应用, 开拓新领域 科学实验是科学理论的源泉, 是自然科学的根本, 同时也是工程技术的基础。各种发明创造, 诸如制冷机、电灯、电话、电报、雷达、光导纤维、正负电子对撞机、人体核磁共振成像仪等, 无一不是经过大量实验研究才逐步完善的, 哪一项发明创造不是实验室的产物?

科学理论只有通过实验这一中间环节, 才能不断地改造世界, 造福人类。在进行社会主义现代化建设的今天重视这一点, 对于加快科技成果的转化, 尽快提高我国的综合国力, 进而提高我国的国际地位, 有着十分重要的现实意义。然而, 在我国, 由于受传统思想的影响, 实验工作的重要性尚未得到足够重视。著名的美籍华裔物理学家丁肇中教授在荣获诺贝尔物理学奖时, 特意用中文发表演讲。他说: “中国有一句古话 ‘劳心者治人, 劳力者治于人’, 这种落后的思想, 对发展中国的青年们有很大害处。由于这种思想, 很多发展中国家的学生都倾向于理论的研究, 而避免实验工作。事实上, 自然科学理论不能离开实验的基础, 特别是物理学, 是从实验中产生的。我希望由于我这次得奖, 能够唤起发展中国家的学生们的兴趣, 而注意实验工作的重要性。”

丁肇中是因 1974 年用高能同步加速器发现 J/Ψ 粒子而获诺贝尔物理学奖的。值得指出的是, 作为一年一度最高科学奖励的诺贝尔物理学奖, 从 1901 年伦琴因实验发现 X 射线而获奖至 1999 年, 一共有 159 位获奖者, 其中因实验获奖的共 110 人, 占 69%。这一数字从另一侧面说明了实验的重要地位。

应该指出, 我们强调实验的重要作用, 丝毫也没有贬低理论的地位。事实上, 理论和实验是物理学的两大部分, 二者相辅相成, 缺一不可。

二、开设大学物理实验课的目的

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, 形成了具有独特规律的学科, 在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是自然科学中各学科进行科学实验的基础。

科学实验是科学理论的源泉, 是工程技术的基础, 作为培养德、智、体、美全面发展的高级工程技术人才的高等学校, 不仅要使学生具备比较深广的理论知识, 而且要使学生具有较强的从事科学实验的能力, 以适应科学不断进步和社会主义建设迅速发展的需要。

大学物理实验是高等工科院校独立设置的一门必修基础课程, 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, 是学生进行科学实验训练的重要基础。由于物理实验本身有它自己的一套实验理论、实验方法和实验技能, 因此, 要掌握好这套理论、方法和技能, 需要由浅入深、由简单到复杂地系统学习和培养。

具体地说, 大学物理实验课的目的是:

(1) 通过对物理实验现象的观测和分析, 学习物理实验知识, 加深对物理学原理的理解。

(2) 培养学生从事科学实验的基本能力。这些能力主要包括: 通过阅读教材或资料, 能概括出实验原理和方法的要点; 借助教材或仪器说明书, 能正确使用基本实验仪器, 掌握基

本物理量的测量方法和实验操作技能；能正确记录和处理数据，分析实验结果和撰写实验报告；能独立完成简单的设计性实验。

(3) 培养学生实事求是的科学态度，严谨踏实的工作作风，勇于探索、坚韧不拔的钻研精神以及遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

三、物理实验课的三个教学环节

为了达到物理实验课的目的，学生应重视物理实验课的三个重要的教学环节。

1. 实验前的预习 为了在规定的时间内高质量完成实验，每次实验前学生一定要认真做好预习，预习时间一般不少于课内时间的 1.5 倍，预习内容主要包括：

(1) 看懂实验原理。除设计性实验外，教材中每一实验都用一定篇幅介绍了该实验的理论依据和条件。如果不理解实验原理就动手操作，只能机械地照教材规定的步骤读得一些数据，而不能深入理解现象的本质，更谈不上注意实验方法上的技巧以及主动地研究实验中出现的各种现象。

(2) 熟悉实验仪器。每一实验均列出了该实验所用的仪器或用具，其中对一些常见的基本仪器，都作了专门介绍，学生应根据本实验的需要认真阅读教材中有关仪器部分，要求熟悉仪器的工作原理、工作条件、操作规程及注意事项。

(3) 了解观测要求。明确本次实验测什么、怎么测、测几次，哪些物理量是已知的（或由实验室给出的），哪些量是待测的，哪些量是待求的，做到心中有数，有的放矢。

在完成上述预习要求的基础上，写出预习报告，预习报告内容包括实验名称、实验目的、仪器用具、实验原理和实验内容几个部分。书写预习报告时必须注意：①预习报告一律写在统一印制实验报告纸上；②要求文理通顺，字迹工整，图表用铅笔绘制且要美观；③实验原理部分要求用自己的语言简述有关物理内容（不能照抄教材），要说清楚测量中依据的主要公式，式中各量的物理意义及单位，公式成立所要满足的实验条件等；④实验内容要求简明扼要，并写明注意事项。学生进入实验室前，必须写好预习报告，否则不得进行实验。

2. 课堂实验 学生进入实验室后应自觉遵守实验室规则，不得喧哗。实验前应清点所需仪器、用具是否齐全，然后进一步熟悉仪器，了解仪器的使用方法，再对所使用的仪器进行合理布置并进行耐心细致的安装、调整。布置仪器应尽量做到便于操作、读数和记录。使用仪器必须按操作规程进行，不明确操作规程，不要胡乱动用仪器。仪器如有损坏，应及时报告指导教师，凡属学生责任事故者，根据情节，将赔偿部分或全部损失。测量数据除有明确的理由可肯定是错误的数据外，都应及时正确地作出记录（包括某些可疑的数据）。出现异常数据时，应增加测量次数。记录数据时要特别注意有效数字和单位。实验完毕，实验数据和现象必须完整填入物理实验室专用的数据和现象表并经教师签字，将仪器用具整理好，方可离开实验室，值日学生还要协助教师检查和监督同学正确地关闭仪器并整理好工作台，以便学生养成良好的实验习惯。

3. 完成实验报告 书写合格的实验报告，是大学物理实验课的一项重要的基本训练。一份完整的实验报告其内容一般应包括实验名称、实验目的、实验仪材、实验原理（简

述)、实验步骤、数据处理、问题讨论等部分,其中前五个部分在课前完成(即预习报告)。数据处理一般包括填写数据表格(必须用直尺、铅笔画图)、计算、作图(必须用坐标纸)、结果表达。问题讨论内容不限,可以是对实验、减小误差的建议。实验报告完成后,应将教师签过字的原始数据粘贴在实验报告的数据处理页上,以便教师批阅报告时对数据进行查对。

第一篇



物理实验的基础知识

第一章 物理实验的基本方法与技术

第一节 物理实验的基本方法

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用和转化规律的学科。在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，伽利略（G. Galileo）是最早运用我们今天所称的科学方法的人。这种方法就是经验（以实验和观察的形式）与思维（以创造性构筑的理论和假说的形式）之间的动态的相互作用。伽利略首先为自然科学创立了两个研究法则，即观察实验和量化方法，将实验和数学相结合、真实实验和理想实验相结合的科学方法。从而创造了和以往科学研究方法不同的近代科学研究方法，使近代物理学从此走上了以实验精确观测为基础的道路。伽利略在建立系统的科学思想和实验方法中，开创了实验物理学，开创了近代物理学，对物理学的发展作出了划时代的贡献。正如他自己在《两种新科学的对话》中所述：“我们可以说，大门已经向新方向打开，这种将带来大量奇妙成果的新方法，在未来年代会博得许多人的重视。”事实正是如此，当代著名物理学家爱因斯坦在《物理学的进化》中，对伽利略的科学思想方法给予了高度评价。他指出：“伽利略的发现，以及他所用的科学推理方法，是人类思想史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。”

伽利略开创的实验物理学，包括实验的设计思想、实验方法，开创了自然科学发展的新局面。在实验物理学数百年的发展进程中，涌现了众多卓越的在物理学发展史上起过重要里程碑作用的实验。它们以其巧妙的物理构思、独到的处理和解决问题的方法、精心设计的仪器、完善的实验安排、高超的测量技术、对实验数据的精心处理和无懈可击的分析判断等，为我们展示了极其丰富和精彩的物理思想，开创出解决问题的途径和方法。这些思想和方法已经超越了各个具体实验而具有普遍的指导意义。学习和掌握物理实验的设计思想、测量和分析的方法，对物理实验课及其他学科的学习和研究都大有裨益。

随着人类对物质世界更深入的了解，待测物理量的内容越来越广泛。随着科学技术的飞速发展，测量方法和手段也越来越丰富，越来越先进。我们不可能花大量笔墨在此介绍所有的测量方法和手段，本节只对我们物理实验中常见的几种最基本的测量方法做概括性的介绍。

一、比较法

比较法是物理实验中最基本和最重要的测量方法之一。就是把待测物理量直接或者间接地与作为基准（或标准单位）的同类物理量进行比较，得到测量值的过程。比较法可分为直接比较测量法和间接比较测量法。

1. 直接比较测量法 直接比较测量法是把待测物理量 X 与已知的同类物理量或者标准量 S 直接比较，这种比较通常要借助仪器或者标准量具。例如，用米尺来测量某一物体的