

新时期教师教育改革系列教材

总主编 皮修平 副总主编 杨汉云

大学物理实验

主编 高峰



中国人民大学出版社

新时期教师教育改革系列教材
总主编/皮修平 副总主编/杨汉云

大学物理实验

主 编 高 峰

副主编 张登玉 游开明 王文炜

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验 / 高峰主编

北京: 中国人民大学出版社, 2009

新时期教师教育改革系列教材

ISBN 978-7-300-10213-9

I. 大…

II. 高…

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 (2008) 第 213481 号

新时期教师教育改革系列教材

总主编/皮修平 副总主编/杨汉云

大学物理实验

主 编 高 峰

副主编 张登玉 游开明 王文伟

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 河北涿州星河印刷有限公司

规 格 170 mm×228 mm 16 开本

版 次 2009 年 2 月第 1 版

印 张 13.75

印 次 2009 年 2 月第 1 次印刷

字 数 237 000

定 价 25.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

新时期教师教育改革系列教材 编委会

总 主 编 皮修平

副总主编 杨汉云

编 委 (按姓氏笔画排序)

邓红卫	叶经文	皮修平	朱迪光	何敦培
李迎春	李玲玲	杨汉云	陈列尊	周健生
屈景年	段桥生	胡建忠	赵新云	唐芳贵
徐雨明	聂东明	高峰	雷振华	魏书敏

总 序

20 世纪 70 年代以来，特别是进入 21 世纪以来，以知识创新和新技术变革为基本特征的知识经济和信息化社会给人们带来巨大的影响和挑战，并由此引发了社会各领域的深层次变革。在教育领域，这些挑战和深层次变革带来的影响，最为核心、最为根本的，莫过于人才观、质量观和教育观的转变与重树，“培养什么样的人 and 怎样培养人”成为这一时期我国教育改革与发展不可避免的时代命题。如何回应这一时代命题？从普通民众到教育工作者，从教育部门到高等院校，从中央到地方，人们都在思索，都在求解。在这样的背景下，世纪之交，我国在基础教育领域率先吹响了回应号角，掀起了新一轮的课程改革，力图以课程改革为核心环节和突破口，打通一条培养具有创新精神和实践能力的高素质人才的革新之路。

然而，要打通这样一条路并非一帆风顺。新课程改革的推行和实施，并不像当初想象的那样容易，即通过对原有的教师进行培训自然就可以达成。事实证明，仅仅通过培训来推行新课程改革是远远不够的，因为新课程改革是全方位的，涉及教育观、教师观、学生观、课程观、教学观等一系列从教育理论到教学实践的全面变革和转向，特别是一线教师和新教师对新课程改革全新理念的深刻理解和全面把握以及将之转变为有效的教育教学实践行为不可能在短期内做到，它需要从师资培养的源头做起，即重新检视传统师范教育的人才培养理念、体制机制和模式，将职前教师教育改革（师范教育）与基础教育新课程改革实质性地对接起来，主动搭建和打造适应基础教育新课程改革与实施要求的师资培养平台。如何将职前教师教育改革（师范教育）与基础教育新课程改革进行实质性的对接，如何搭建和打造这个平台？这些问题无疑要落实到教师教育改革与实践的头上，而作为地方基础教育师资培养的主体和推动基础教育改革发展的中坚力量，地方高师院校必须主动出击，以理论探索和实践行动的勇气与自信作出积极回应。

在开放的教师教育体制下，非师范院校向师范横向扩展以及师范院校也走

“师范与非师范共同发展的道路”，在一定程度上已经或正在淡化和冲击着教师教育的特色和内涵，地方高师院校逐渐远离自己的本色，服务基础教育的能力和特点受到了弱化。为此，高师院校必须打造能够支撑和彰显特色的平台，其中最为核心的，就是要在实践探索的基础上编写紧扣基础教育改革发展需要同时又符合自身改革发展需要和突出“师范个性”的校本系列教材。

作为一所省属的师范院校，衡阳师范学院具有“百年师范”的光荣传统，始终高举师范旗帜，积极参与祖国的教育事业，为祖国教育事业的改革与发展殚精竭虑，为地方教育事业输送了大批优秀人才。面对新的形势和新课程改革的要求，我们一方面加强理论研究，先后申报了湖南省教育科学“十一五”规划重点项目“基础教育新课程背景下高师院校教师教育改革的理论研究与实践探索”、湖南省教育厅教研教改项目“地方高师院校教师教育改革与中学教师素质拓展对接研究”，努力探索高等师范教育尽快适应“新课改”对教师提出的新要求，打造出教师教育特色的道路；另一方面，积极探索和实践，深化教学改革，主动对接基础教育新课程改革与实施的理论和路径，推进教师教育纵深发展，突出教师教育特色，增强服务地方基础教育的功能。《新时期教师教育改革系列教材》的编写和出版，就是我们在多年的理论探索和实践的基础上取得的成果。

以理论探讨为先行、以实践探索为依托，是本套教材编写的特点，也是新时期地方高师院校面向基础教育改革和服务基础教育发展的一种努力和初步尝试。中国人民大学出版社一贯重视教育，关心教师教育改革与发展，对本套教材的出版给予了大力支持。对此，我们深表谢意！由于是初步尝试，其中肯定存在许多不足，我们期待全国同行的批评指正，更期待由此而建立起一个相互学习、沟通与交流的平台。

总主编

2008年12月

前言

进入 21 世纪以来,我国高等教育迅速发展,大学本科教育已由精英教育逐渐向大众化教育转变,教育教学理念、方法手段也都发生了巨大变化,能力培养在高等教育过程中已越来越得到重视。大学物理实验教学中,传统的验证性实验项目大为减少,设计性、综合性实验项目越来越多,充分体现了学生在学习过程中的主体地位。近年来,随着物理学及其他自然科学技术的不断发展,新的实验项目被不断地引入到大学物理实验教学中,实验教学仪器设备也在不断更新换代。基于这些情况,根据 2005 年教育部颁布的《非物理类理工学科大学物理实验课程教学基本要求》,并结合我们多年来的大学物理实验教学经验编写了本书。

全书共分为 5 章,编入 26 个实验项目。第 1 章为绪论,介绍大学物理实验的地位、作用、目的和任务,教学的进程和基本要求。第 2 章为误差和数据处理基础知识,主要介绍物理量的测量、误差概念、误差的估算和传递、有效数字及其运算、数据处理的基本方法,在数据处理的基本方法中特别介绍了实验数据的计算机处理方法。第 3 章为实验室规程,介绍了实验室工作规程和实验操作规程,在学生进入实验室前要求他们阅读这一章是十分必要的。第 4 章为大学物理基础实验,包括力学、热学、电磁学、光学、近代物理实验共 20 个项目,在教学中可作为必做实验。第 5 章为大学物理拓展实验,共选入 6 个实验项目,其中包含了计算机仿真实验,这些项目可作为选做实验项目。

本书的编写除了参考国内外一些高校的大学物理实验教学情况及相关教材外,主要是依据衡阳师范学院历年来的大学物理实验教学资料编写而成,其中包含了许多教师在大学物理实验教学方面的研究成果,编者在此向他们表示深深的感谢!

本书由高峰教授任主编,游开明教授、张登玉、王文伟高级实验师任副主

编。参加编写工作的有：陈列尊、陆魁春、刘碧江、罗湘南、周熠、黄三伟、邓小辉、肖宾宾。全书由高峰教授负责统稿。

编者衷心感谢衡阳师范学院副院长皮修平教授，没有他的热情支持和帮助，本书是难以与读者见面的。同时，编者也对中国人民大学出版社的同志为本书的出版所做出的努力致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，成书时间仓促，书中错误在所难免，真诚地盼望读者提出宝贵意见，以便编者今后修改。

编 者

2008 年 12 月

当您生活于实验室和图书馆的宁静之中时，首先应问问自己：我为自己的学习做了些什么？当您逐渐长进时，再问问自己：我为自己的祖国做了些什么？总有一天，您可以因自己已经用某种方式对人类的进步和幸福作出了贡献而感到巨大的幸福。

—— [法] 路易斯·巴斯德

物理学作为一门最基础的自然科学，它的发展动力是人类对真理的非功利的追求，正是这种非功利的追求给人类带来了最大的收益。20 世纪发生的源于物理学进展的技术革命，就是最有说服力的例子。在新世纪里，无论是制造业还是服务业，也无论是材料、信息、能源、交通、环境等技术部门，都在呼唤着新的技术革命。毫无疑问物理学进展仍然是技术进步的主要源泉。亲爱的读者，当你进入大学物理实验室时，编者谨将上面一段法国生物学家路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）的名言送给您。

C O N T E N T S

目 录

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 大学物理实验的地位和作用	1
§ 1.2 大学物理实验的目的和任务	2
§ 1.3 大学物理实验教学的进程和要求	3
第 2 章 误差和数据处理	6
§ 2.1 测量和实验误差的基本概念	6
§ 2.2 直接测得量的误差估算	9
§ 2.3 间接测得量的误差传递	12
§ 2.4 有效数字及其运算	15
§ 2.5 数据处理的基本方法	18
第 3 章 实验室规程	27
§ 3.1 实验室工作规程	27
§ 3.2 学生实验守则	32
第 4 章 大学物理基础实验	34
§ 4.1 力学、热学实验	34
实验一 重力加速度的测定	34
实验二 利用气垫导轨研究牛顿第二定律	41
实验三 简谐振动研究	48

实验四	空气比热容比的测定	51
实验五	固体密度和比热容的测定	55
实验六	测定金属的线胀系数	61
实验七	温度传感器特性研究	64
§ 4.2	电磁学实验	66
实验一	制流电路与分压电路	66
实验二	静电场的描绘	72
实验三	用电位差计测电池的电动势	78
实验四	利用霍尔效应测螺线管的磁场	84
实验五	电子束的偏转	93
实验六	电子束的聚焦	97
实验七	示波器的使用	104
§ 4.3	光学实验	117
实验一	光的等厚干涉现象的观测	117
实验二	分光计的使用及三棱镜顶角的测量	123
实验三	用旋光仪测定糖溶液的浓度	130
§ 4.4	近代物理实验	135
实验一	光电效应	135
实验二	塞曼效应	140
实验三	夫兰克—赫兹实验	149
第 5 章	大学物理拓展实验	154
实验一	声速的测量	154
实验二	电子元件伏安特性的测定	160
实验三	混沌实验	164
实验四	光谱分析	169

实验五 核磁共振实验	174
实验六 电子荷质比测定的计算机仿真实验	190
附录：常用物理数据表	196
参考文献	204

第 1 章

绪 论

§ 1.1 大学物理实验的地位和作用

物理学是一门实验科学，任何物理现象、物理概念、物理定律都是建立在实验基础之上的。随着科学技术的进步，当今物理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。物理实验在物理学这座雄伟的科学大厦中有着十分重要的地位和作用，物理学的发展历史表明，物理学的发展是在实验和理论两方面相互推动和密切结合下进行的。

人们要揭示宇宙的奥妙，探索物质的存在形式、运动规律以及相互作用，首先要进行的就是物理实验。牛顿创立万有引力定律绝非是从一次苹果落地而悟出的道理，而是通过无数次观测实验和研究，并在总结大量前人研究成果的基础上所得出的结论。伽利略在著名的比萨斜塔上所做的自由落体实验否定了亚里士多德的“落体的速度与重量成正比”的错误结论，得出了在同一地点，不同的物体具有相同的重力加速度这一科学论断。我们周围的空间不仅有上述引力相互作用的引力场，而且还存在着电磁相互作用的电磁场，我们日常所熟悉的光就是波长在一定范围内的电磁场。这一结论是麦克斯韦（J. C. Maxwell, 1831~1879）在 1862 年通过对库仑定律、安培—毕奥—萨伐定律、法拉第电磁感应定律等基本实验定律进行分析、概括得出的，形成了麦克斯韦方程组，并预言了电磁波的存在。在 1865 年的理论研究中他还指出：电场和磁场的改变不局限在空间的某一部分，而是以数值等于电荷的电磁单位与静电单位的比值为速度进行传播的，即电磁波以光速传播，这说明光是一种电磁现象。这一理论在 1888 年被赫兹（H. R. Hertz, 1857~1894）的实验证实。可见物理学理论的提出、创立和发展无不以严格的实验事实为依据，并经过实验的反复检验和仲裁，才被确认其真理性的。

实验,尤其是物理实验是科学创新的重要源头,是培养创新型人才的重要课堂,它还是其他新兴学科创立和发展的重要桥梁。由于大学物理实验课程的性质和特点,决定了它在培养学生创新能力方面具有独特的作用。

进入 21 世纪,世界各国都重视培养学生的创新能力,着力培养和造就一大批具有国际竞争力的高层次创新人才,以适应知识经济时代的发展。这就要求学生不仅具备比较宽博的理论知识,而且要具有较强的科学实验能力。物理实验正是为了对学生进行科学实验的基本训练和创新能力的培养而独立设置的课程,是学生进入大学后接受系统实验方法和实验技能训练的第一步。物理实验通过对学生施以科学、系统、严谨的技能训练,把蕴藏在学生身上的聪明才智和创造才能充分挖掘出来,为将来成为创新型人才打好基础。

§ 1.2 大学物理实验的目的和任务

物理实验体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。作为非物理专业的一门物理实验课程,大学物理实验课程主要是通过教学的各个环节来达到物理知识的迁移和学生实验能力和科学素质的提高。具体说来,大学物理实验课程教学的目的和任务主要有:

(1) 通过本课程,培养学生观察物理现象和分析物理问题的能力,加深学生对物理概念、规律和理论的理解。

(2) 对学生进行实验方法和实验技能的基本训练。通过实验要求学生做到:弄懂实验原理,了解一些物理量的测量方法;熟悉常用仪器的基本原理和性能,掌握其使用方法;能够正确记录、处理实验数据,分析判断实验结果,并能写出比较完备的实验报告。

(3) 培养并逐步提高学生观察和分析实验现象的能力、科学思维能力、创新能力以及理论联系实际的独立工作能力。

(4) 培养学生严肃认真的工作作风、事实求是的科学态度、开拓进取的创新精神和爱护国家财产、遵纪守法的优良品德。

大学物理实验课的内涵丰富,覆盖的知识面、包含的信息量以及学生的基本训练内容宽广。除涉及本学科的力学、热学、电磁学、光学、近代物理外,还涉

及数学、测量学、误差理论和计算机科学等。对学生要进行实验原理、实验方法、实验条件、实验设计、实验操作、仪器设备、数据处理、实验报告撰写、问题分析解答等诸方面的训练。进而培养学生的观察思维能力、阅读理解能力、设计布置能力、动手操作能力、分析判断能力、书写表达能力、数据处理和独立解决问题的能力。必须明确：开放实验室是为了让学生有更多的空间充分实现自我，形成个体独特的新思维、新方法。要把宽松的课堂气氛和严谨的科学态度融合起来，切实处理好加强基础和提高能力的关系。兴趣是最好的老师，兴趣是靠科学实验方法培养出来的，大学物理实验中所采用的科学方法有：内推、外插、比较、替换、补偿、修正等。培养兴趣就是培养运用科学方法去寻求成功之路，在失败中吸取经验教训，在成功中总结出新的问题，在兴趣的激励下，做到有所发现、有所发明、有所创新、有所前进才算真正的实验成功，才算完成实验任务。

§ 1.3 大学物理实验教学的进程和要求

大学物理实验教学应坚持以学生为主体的原则，学生应积极主动地参与实验，教师只作适当的指导。大学物理实验内容广泛，且与理论课程不一定同步，因此，学生有必要加强实验前的预习准备和实验后的归纳总结。一般情况下，大学物理实验课从教学环节上可分为三个基本阶段：实验前的准备预习、实验、实验后的总结报告与成绩评定。

一、实验前的准备预习

实验课是有组织、有计划、有目的的教学活动，即便是开放实验室，学生也必须遵守实验守则到实验室上课，不得擅自行动，影响教学秩序。

实验前要认真做好预习，力求理解实验的全部内容、原理及要求。明确实验目的、步骤和方法。要从观察仪器外观、面板旋钮标识、仪表读数记录系统等入手，初步了解实验仪器、实验材料和注意事项等，在此基础上写出实验预习报告，同时在实验数据记录本上画好数据记录表格。预习报告的内容包括：姓名、学号、专业、班级、实验日期、实验台号、实验题目、实验目的、实验器材及规格型号、实验原理、实验方法、实验步骤、注意事项等。其中实验原理一般应用

自己融会贯通的语言写出实验所依据的主要原理公式及公式中各量的意义。画出原理图、电路图或光路图。实验方法步骤注意事项应是自己思考设计出来的,也可参照教材或有关指导书、使用手册等资料。

开放实验、专题研究性质的实验和自行设计科技实验等其目的都是为了给学生提供更多的自主活动的空间,以便提高学生的创新能力,为此学生更要做好实验前的预习,保证实验的顺利进行。通过预习实验达到培养观察、思考、分析判断、直觉、设计等多方面创新能力的目的。

二、实验

首先按照预习实验时设计好的方法、步骤、注意事项等,认真进行对照,检查实验条件是否符合,包括环境、温度、湿度、气压、振动、外电磁场影响等;仪器设备规格型号是否准确无误。切忌急于求成,盲目操作。要反复检查实验连接成的电路或光路,确保万无一失,才能通电、通光,必要时要经指导老师检查同意后方可进行。在实验中要细心观察现象,实事求是做好记录,不得单纯追求好数据而忽视偶然(也可能是必然)实验现象。往往偶然现象蕴涵着新的待发现的物理规律。要坚决反对马虎从事、弄虚作假,要尊重实验事实,讲究严格的科学态度,要注意安全节约,万一出现意外事故要冷静,要迅速采取有效措施,切断电源并及时报告,把意外损失降到最小。完成一个好的实验不仅是创新能力的反映,更是一个人的品德、情操、科学态度与精神的体现。实验完毕后,要将原始记录交给指导老师签字认可。

三、实验后总结报告及成绩评定

实验操作观测结束后及时断电、断水,整理复原所使用的仪器器材,并清扫周围卫生。然后在实验签名卡上签名,必要时请指导老师验收、核查后才能离开实验室。

实验后要及时撰写实验报告,对实验中观测到的现象、实验数据进行整理和分析并给出误差评价及不确定度的大小,要进行必要的问题讨论及思考题解答,对要求作图的实验还要绘出相应的实验曲线,此外还可以写明自己的心得体会、意见、建议等。

撰写实验报告是实验课的重要内容,不仅是对实验的分析总结,而且是培养学生总结分析能力和训练学生的归纳整理书写表达能力的手段,因此要坚决杜绝

抄袭实验报告的现象。完整的实验报告一般应包括：(1) 实验者的班级、姓名、学号；(2) 实验名称；(3) 实验目的；(4) 简要原理和计算公式；(5) 仪器设备型号、编号；(6) 测得的数据；(7) 计算、作图；(8) 实验结果；(9) 误差分析；(10) 问题讨论。

学生实验成绩的评定与评价合理与否，是大学生非常关心的事，也涉及对教师教学的评价问题，是教学环节中很重要的一环，所以应由师生共同进行。根据学生在三个教学环节中的表现，所作所为的情况，尽量定出符合客观实际的成绩，一般划分为优秀、良好、中等、及格、不及格。例如学生在实验中自己主动排除故障，修好了仪器或是发现了新的值得深入探索的物理现象，或是完成了与实验有关的小发明、小制作等都可评为优秀。