



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材  
BEIJING GAOJING JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

李朝荣 徐平 唐芳 王慕冰 编著

# 基础物理实验 (修订版)



北京航空航天大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

# 基础物理实验 (修订版)

李朝荣 徐平 唐芳 王慕冰 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书从强化基本训练、便于学生进行研究性学习和实践出发,本着强化规范、突出自主的思想,对基础实验教材的编写进行了认真的探索。教材在基本实验部分采用系列专题形式编写,每个专题包含不同层次的多个实验内容,学生可根据自己的能力选做其中一个或多个实验,这样有助于更好地发挥学生的潜能;基本实验后面分别设置“实验方法专题讨论”,旨在帮助学生归纳总结实验的基本理论与方法;设计性实验中提出了怎样做好设计性实验的讨论,便于学生的自学、思考和提高;配有数据处理示例,可帮助学生尽快掌握数据处理的方法。总之,本教材力求既适应多数学生的认识规律和教学的基本要求,又兼顾优秀学生进行深入研究的需求,为因材施教提供更多的教学层次和伸缩空间。

本书共分6章,前3章主要为实验基本理论和数据处理方法,以及实验的预备知识;后3章分别是基本实验、综合性实验和设计性实验。本书可作为60学时左右的理工科物理实验教材,也可供物理、农医等其他专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础物理实验 / 李朝荣等编著. --修订本. --北京:北京航空航天大学出版社,2010.9  
ISBN 978-7-5124-0208-9

I. ①基… II. ①李… 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(2010)第172563号

版权所有,侵权必究。

### 基础物理实验(修订版)

李朝荣 徐平 唐芳 王慕冰 编著  
责任编辑 刘晓明

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: [bhpress@263.net](mailto:bhpress@263.net) 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:23.25 字数:521千字

2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-5124-0208-9 定价:39.00元

# 修订版前言

本教材是北京航空航天大学教师长期坚持教学改革与教学实践的产物。在此之前该书已出版过三次,第一版由张士欣主编(北京科学技术出版社,1993年),第二版由邬铭新主编(北京航空航天大学出版社,1998年),第三版由梁家惠主编(北京航空航天大学出版社,2005年)。此次是对第三版北京高等教育精品教材《基础物理实验》进行修订。

在第三版的基础上,本版主要作了如下修改与继承:

① 基本实验采用系列专题形式编排,每个专题包含不同层次的多个实验内容,学生可根据自己的能力选做其中一个或多个实验,以激励学生更好地发挥其潜能。

② 新增了一批具有鲜明特色或有较强训练价值的综合性实验,其中包括由我们自行研制开发的光纤陀螺寻北实验、多普勒效应测量超声速、劳埃镜的白光干涉等实验项目。

③ 将基本仪器的介绍改放到教学网站上,可让学生更直观地掌握仪器的使用方法和注意事项。

④ 去掉了原版教材第5章设计性实验一(选做实验),将其部分内容移植到基本实验系列专题中。

⑤ 去掉了原版教材的预习思考题,而将其归并到预习要点中,以促使学生进行全面的预习。

⑥ 保留了原版教材独具特色的“实验方法专题讨论”栏目,共分10个专题,放在10个相关实验之后,旨在帮助学生归纳总结实验的基本理论与方法。该部分内容也可单独成篇,待做完全部实验后再通读一遍,更有助于对实验内容和实验方法的深入理解。

⑦ 保留并修改了数据处理示例,以利于学生尽快克服数据处理中的困难。



本版教材除继承了以往教材的成果外,还增选了李华、李英姿老师撰写的部分综合性实验初稿。在本版教材的编写过程中,先由李朝荣、徐平、唐芳、王慕冰分工对各章节作了补充、修改和完善,最后由李朝荣完成统稿。在本书定稿时,尽管我们作了很大的努力,但由于学识和水平所限,加之时间仓促,仍可能存在缺陷甚至错误之处,敬请读者和专家批评指正,以便再版时修正。

最后,作者衷心感谢有关部门及领导将本书列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材并给予财力上的支持,感谢北京航空航天大学出版社及其他工作人员为本书出版所作的努力。

作 者

2010年6月

# 原版序言

21世纪来临,物理学的发展和物理学教育是科学、技术、经济和社会可持续发展的重要基础。众所周知,过去、现在和将来,物理学的发展都是技术创新的重要源泉。迄今为止,每一次工程技术的新突破,基本上都来源于物理学的新发现;这不仅因为物理学是研究物质最基本的运动形式和规律的一门科学,是工程技术的基础,还在于物理学和物理实验的方法,对思维方法和理念的培养有着深刻的影响。当前人们面临的社会、科学和技术都发生了极大的变化,高技术的发展对物理学人才和物理学的教育提出了新的要求。因此,加强物理学教育的现代化,全面提高理工科学生的物理学素质,把握和运用物理学的基本知识、基本技能和基本方法是十分必要的。为培养了解现代物理学的理工科学生,除了课堂讲授物理学的知识外,物理学实验的训练也是必不可少的。

从本质上说,物理学是一门实验科学。物理学的新实验方法、新测试手段及新仪器已广泛地应用到科学技术的各个领域。因此,物理学和物理实验课不仅是理工科学生的必修课,对医农商甚至人文学科也是不宜取消的。物理实验是高等学校的一门基础课,全世界概莫能外。物理实验方法和技能将给学生探求未知世界的工具;物理实验对学生的思维方法和理念的培养也是不可替代的。在物理实验革新的进程中,北京航空航天大学物理实验中心的梁家惠先生和他的同事们做了多年的探索,迄今有了丰富的积累。

本书蕴涵着该中心的实验工作者多年的创造性劳动成果,这不仅体现在本书作者独立研制的新实验里,也体现在对传统和引进实验的二次开发中,还体现在他们为学生撰写的有关实验知识、方法和技术的总结中。只要认真读过本书,读者是不难从中感受到这一点的。

本书的作者告诉我,书中有关的基础物理实验是该实验室长期积累的成果,若干实验的关键设备是他们自制的,也有不少是从老师们的科研成果转化而来的。更为可贵的是,北京航空航天大学物理实验中心一面承担着繁重的教学任务,一面在实验室的建设上做了大量的工作。他们的物理实验中心在很大程度上,已经能满足普通物理实验和近代物理实验的要求。这一点同样是值得向同行



们推荐的。实验室建设离不开经费的支持,但最关键的是人才的勤奋、智慧和创造。单靠钱是堆不出一流水平的实验室来的。

物理实验是一件有趣的事情。物理教学实验的重点在于对学生的训练。相对前人,学生们从事的实验已经不是创新性的活动,而且在实验中会有不可避免的重复。感谢北京航空航天大学物理实验中心的老师们,他们认真投入,不断进取,在基础物理实验的现代化的工作中取得了成功。在对学生进行基本功训练的同时,他们也获得了创造的乐趣。本书集中体现了他们的成果,也将成为人才素质和能力培养的基本教程。

解思深

2005年3月

解思深博士:中国科学院物理研究所研究员,中国科学院院士,第三世界科学院院士,国家纳米科学中心首席科学家。

# 原版前言

本教材是北京航空航天大学教师和广大学生长期教学实践的结晶。特别是在“211工程”教学建设和世界银行贷款“高等教育发展”项目的支持下,我校物理实验课程的面貌发生了深刻的变化,新教材正是在这样的背景下面世的。因此它也是教学改革成果的体现。

我校物理实验课的教学体系和运作是按照基本实验—设计性实验—综合性实验—研究性实验(自主创新实验)的方式来进行的。考虑到自主创新实验目前仍采用开放物理实验选修课的形式,相应内容本书未予涉及。

本书编写的指导思想是以学生为本,有利于学生自学和进行研究性的学习与实践,有利于强化实验课的三基(基础知识、基本技能和基本方法)训练,有利于调动学生的学习积极性。和兄弟院校的同类教材相比,本书具有以下的特点:

1. 融入了一批体现实验内容现代化的新实验,其中也包括了由我们自行研制或开发的创新实验,例如碰撞过程的瞬态数字测量、声源定位和GPS仿真、超声CT、补偿法测短路电流等。

2. 在基本实验中,除新增了诸如数字测量等新实验以外,对传统实验也按新的教学基本要求进行了认真的精选与改造,使之在内容安排、仪器使用和数据处理等方面,具有自己的特色。

例如补偿法突出了自组电位差计的训练,删除了11线,弱化了箱式电位差计的内容;在热功当量和牛顿环实验中,强化了一元线性回归的训练等。配合具体实验,增写了实验方法专题讨论,帮助学生把实验的三基训练理论化、系统化。

3. 围绕设计性实验,安排了两种类型的实验。

在对学生进行比较严格、规范的设计性实验的训练和考核以前,在各基本实验中增加了一批内容上有联系、设计相对简单或以定性半定量估算为主的选做实验。例如在低阻测量中安排电缆短路故障的识别,在分光仪调整中安排双棱镜顶角和折射率的测量,在声速测量和示波器使用中安排电信号在导线中传播速度的估算,在牛顿环实验中安排纤维或细丝直径的测量等。这种较低层次的设计性实验,不仅便于对初学者进行独立工作能力的初步训练,培养常规学习难以获得的



实验素质(物理规律的灵活运用,物理现象的发现、观察和分析,物理量的量级估计等),也有利于优秀实验人才的涌现和早期培养。

4. 综合性实验的选题,既要反映题目的新颖、综合,有明确的应用背景,也要突出基础训练的价值。

对一些物理思想好但训练环节少、操作“简单”的综合性实验,我们在内容上作了充实,如热导率测量、混沌电路的研究、全息实验等。对推导比较复杂、工科低年级学生感到困难的内容或原理,我们从大学物理的层面作了新的阐述或推演,例如光学傅里叶变换、布拉格衍射、液晶光阀、晶体的电光效应等。

考虑到综合性实验采用开放式选课,并且上课时教师不作系统讲解,我们增补了实验及应用背景介绍,以指导选课;扩充了思考及课堂讨论题,以促进学生间的讨论和研究;每个实验还提供了有助于深入研究的参考文献。

本教材是集体劳动的产物。参加过本书特别是综合性实验初稿选录工作的教师有王慕冰、陆肖宜、李清生、李朝荣、郑明、苗明川、徐平、唐芳、梁厚蕴和梁家惠等。书中的一些基本内容和素材继承了以往教材<sup>[1]</sup>的成果,并参考了许多兄弟院校和国外教材的论述。在实验改造,特别是新实验的开发中,许多实验管理人员和学生也付出了创造性的劳动。本书出版前,先由徐平、唐芳、李朝荣和梁家惠分工对全部内容作了补充、修改和完善,一些章节进行了重写,在此基础上又由梁家惠和李朝荣完成统稿。尽管我们作了很大的努力,但由于学识和水平的限制,书中若有缺陷甚至错误,敬请读者和专家批评指正。

衷心感谢有关部门及领导将本书列入北京高等教育精品教材的出版计划,并给予了财力上的支持。感谢清华大学张连芳教授在百忙中对本书作了认真的审核。

我们要特别感谢解思深院士为本书撰写了序言。他的许多意见既是对我们的鼓励,更是一种鞭策。

编者

2005年7月

[1] 《基础物理实验》,张士欣等编,北京科学技术出版社,1993年;《基础物理实验》,郭铭新、李朝荣等编,北京航空航天大学出版社,1998年。

# 目 录

绪 论 怎样做好物理实验	1
第 1 章 实验误差与不确定度评定	5
1.1 测量、误差和不确定度	5
1.2 随机误差的统计处理	10
1.3 仪器误差(限)	13
1.4 不确定度分量的评定和方差合成	18
1.5 有效数字及其运算法则	26
1.6 系统误差的发现和减消	28
1.7 * 粗大误差的判别与处理	33
1.8 * 几种主要的统计分布和置信概率	34
1.9 * 平均值的方差和不确定度的方差合成	37
1.10 第 1 章练习题	41
第 2 章 物理实验数据处理的基本方法	43
2.1 列表法	43
2.2 图示法	44
2.3 最小二乘法和一元线性回归	48
2.4 逐差法	54
2.5 第 2 章练习题	56
第 3 章 实验预备知识	58
3.1 电学实验预备知识	58
3.2 光学实验预备知识	65
3.3 数据处理示例	68
示例 1 测钢丝的弹性模量	68
示例 2 气轨上研究简谐振动	71
示例 3 自组电桥测电阻	74
示例 4 测条纹间距	76
数据处理小结	79

加“\*”号的内容为超纲内容。



第4章 基本实验 .....	80
4.1 金属弹性模量的测量 .....	80
实验1 拉伸法测钢丝弹性模量 .....	81
实验2 弯曲法测横梁弹性模量 .....	81
实验3 动态法测弹性模量 .....	81
实验方法专题讨论之一 ——对实验结果的讨论 .....	90
4.2 测定刚体的转动惯量 .....	92
实验1 扭摆法测定转动惯量 .....	93
实验2 三线摆法测定转动惯量 .....	94
4.3 气垫导轨上的系列实验 .....	97
实验1 动量守恒的研究 .....	98
实验2 气轨上研究简谐振动 .....	99
实验3 粘滞性阻尼常数的测定 .....	100
实验方法专题讨论之二 ——关于有效数字 .....	104
4.4 数字测量实验 .....	105
实验方法专题讨论之三 ——关于数字化测量 .....	111
4.5 热学系列实验 .....	113
实验1 测定冰的溶解热实验 .....	113
实验2 电热法测量焦耳热功当量实验 .....	113
实验3 稳态法测量不良导体的热导率实验 .....	114
实验方法专题讨论之四 ——线性拟合和一元线性回归 .....	123
4.6 示波器的应用 .....	125
实验1 模拟示波器的使用 .....	140
实验2 观察二极管伏安特性曲线并测动态电阻 .....	141
实验3 声速测量 .....	142
实验4 数字示波器及其应用 .....	142
实验方法专题讨论之五 ——几种减小误差的测量方法 .....	144
4.7 电阻的测量 .....	146
方法1 伏安法测电阻 .....	148
方法2 电桥法测电阻 .....	152
(1) 惠斯通电桥测中电阻 .....	153
(2) 双电桥测低电阻 .....	154
方法3 充放电法测高电阻 .....	156
实验方法专题讨论之六 ——故障排除 .....	158



4.8	电位差计及其应用 .....	160
	实验方法专题讨论之七 —— 不确定度计算 .....	164
4.9	薄透镜和单球面镜焦距的测量 .....	166
	实验 1 物距像距法测量透镜焦距 .....	168
	实验 2 自准直法测量透镜焦距 .....	169
	实验 3 共轭法测量凸透镜焦距 .....	169
	实验 4 平行光管法测量透镜焦距 .....	170
	实验 5 单球面镜焦距的测量 .....	171
4.10	分光仪的调整及其应用 .....	176
	实验 1 分光仪的调整 .....	176
	实验 2 三棱镜顶角的测量 .....	176
	实验 3 棱镜折射率的测量 .....	176
	实验 4 平板玻璃折射率的测量 .....	176
	实验方法专题讨论之八 —— 光学仪器的调整 .....	188
4.11	光的干涉实验 1(分波面法) .....	189
	1. 菲涅耳双棱镜干涉 .....	190
	2. 劳埃镜干涉 .....	192
	实验方法专题讨论之九 —— 原始数据的记录 .....	195
4.12	光的干涉实验 2(分振幅法) .....	196
	实验 1 迈克尔逊干涉 .....	197
	实验 2 牛顿环干涉 .....	197
	实验 3 劈尖干涉 .....	197
	实验方法专题讨论之十 —— 实验仪器的创新构思 .....	206
<b>第 5 章</b>	<b>综合性实验</b> .....	<b>209</b>
5.1	高温超导材料特性测试和低温温度计 .....	209
5.2	非线性电路中的混沌现象 .....	219
5.3	声源定位和 GPS 模拟 .....	227
5.4	多普勒效应测量超声声速 .....	236
5.5	光电效应法测定普朗克常数 .....	242
5.6	光纤陀螺寻北实验 .....	247
5.7	晶体的电光效应 .....	262
5.8	超声驻波中的光衍射与声光调制 .....	272
5.9	液晶光阀的特性研究 .....	279
5.10	微波实验和布拉格衍射 .....	290



5.11	阿贝成像原理和空间滤波	297
5.12	全息照相和全息干涉法的应用	310
5.13	氢原子光谱和里德伯常数的测量	321
5.14	劳埃镜的白光干涉	328
5.15	多光束干涉和法布里-珀罗干涉仪	331
<b>第6章</b>	<b>设计性实验(考试实验)</b>	<b>340</b>
6.0	怎样做好设计性实验	340
6.1	单量程三用表的设计与校准	345
6.2	伏安法的应用(玻耳兹曼常数的测量)	346
6.3	补偿法的应用(电流补偿测光电流)	348
6.4	非平衡电桥的应用(自组热敏电阻温度计)	349
6.5	分光仪的应用(棱镜光谱仪)	350
6.6	分光仪的应用(测定闪耀光栅的空间频率)	352
6.7	偏振光的研究	353
6.8	迈克尔逊干涉仪的应用	354
<b>参考文献</b>		<b>358</b>

# 绪 论 怎样做好物理实验

## 1. 开设物理实验课程的目的

物理实验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,也是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。完成设定内容的系列实验,将使 学生得到系统的实验方法和实验技能的训练,了解科学实验的主要过程和基本方法,为实验能力的培养和综合素质的提高奠定基础;同时,本课程的实验思想和方法、实验设计和测量方法以及分析问题与解决问题的方法也将对学生的智力发展特别是创新意识的开发大有裨益。

## 2. 物理实验课程的任务<sup>①</sup>

本课程的具体任务如下:

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的思想和方法。通过物理实验课的教学,使学生掌握误差分析、数据处理的基本理论和方 法;学会常用仪器的调整和使用;了解常用的实验方法;能够对常用物理量进行一般测量;具有初步的实验设计能力。

② 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。通过物理实验引导学生深入观察实验现象,建立合理的模型,定量研究物理规律;能够运用物理学理论对实验现象进行初步的分析判断,逐步学会提出问题、分析问题和解决问题,激发学生创造性思维;能够完成符合规范要求的设计性内容的实验,进行简单的具有研究性或创意性内容的实验。

③ 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,遵守纪律、爱护公共财产的优良品德以及互助合作的团队意识。

## 3. 怎样做好物理实验

(1) 做好物理实验要抓好三个环节

### 1) 预 习

预习,是指上实验课前的准备工作。有条件时,可到实验室结合仪器进行预习。预习首先要明确本次实验要达到的目的,以此为出发点,弄明白实验所依据的理论、所采用的实验方法;搞清控制物理过程的关键及必要的实验条件;知道实验要进行的内容和实施的步骤,仪器如何选择、安排和调整;分析实验中可能出现的问题等。在此基础上写出实验预习报告。

预习效果的好坏至关重要。它不仅影响实验者能否主动、顺利地进行实验,而且会在很大

<sup>①</sup> 引自《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2008年版)。



程度上决定接受训练的质量和收获的大小。

## 2) 实 验

在实验中要努力弄清为何要这样安排实验、如此规定实验步骤的道理;要掌握正确的调整操作方法;要注意观察实验现象,什么现象说明调节已达到规定的要求?观察到的现象是否与预期的一致?这些现象说明什么问题?出现故障时如何根据现象分析其产生的原因等;应正确地记录数据;正确地设计出数据表格,正确地判断数据的科学性,如实地、清楚地记录下全部原始实验数据和必要的环境条件、仪器型号与规格以及正确的有效数字等。

实验中要做到四多(多观察、多动手、多分析、多判断),三反对(反对侥幸心理、反对机械地操作、反对实验的盲目性)。

实验过程是物理实验教学的中心环节,内容非常丰富,是学生主动研究、积极探索的好时机。一堂课收获的大小,很大程度上取决于个人主观能动性的发挥程度。

## 3) 报 告

实验报告是实验结果的文字报道,是实验过程的总结。为了写好实验报告,应该做到:认真学习实验数据的处理方法;有根据地、具体地进行误差分析;正确地表示出测量结果,并对结果作出合乎实际的说明和讨论;记录并分析实验中发生的现象;认真回答思考题等。

书写出一份字迹清楚、文理通顺、图表正确、数据完备、结果明确的报告是对大学生的起码要求,也是大学生应具备的基本能力。

### (2) 严格基本训练,培养动手能力

基础实验训练是成才的基本功。“不积小流,无以成江海”。严格训练要从一点一滴、一招一式做起。例如基本仪器的正确使用,就涉及仪器位置的摆放、连线与拆线的方法、操作顺序、调零、消视差、读数记录和整理等最基本的步骤。

实验不能仅满足于测几个数据,要充分利用实践机会来培养自己的动手能力。可以通过重复实验、改变实验条件或参量数值以及作对比分析来判断测量结果的正确性;遇到困难或数据超差,不要一味埋怨仪器不好或简单重做一遍,而要作认真的分析,找出原因,自己动手排除障碍,尽力把实验做好。

经典的传统实验,集中了许多科学实验的训练内容,每个实验都包括一些具有普遍意义的实验知识、实验方法和实验技能。完成实验以后,可结合该实验的目的和要求进行必要的归纳总结,提高自己驾驭知识的能力,例如总结不同实验中体现出来的基本实验方法——比较法、放大法、模拟法、补偿法、干涉法及转换测量法等;总结实验中用到的数据处理的一些基本方法——列表法、作图法、逐差法、回归法等。为了帮助学生把握具体实验背后的普遍性精华,挖掘这些在分散中闪亮的思想、观点和方法并加以分析和综合,我们增加了一个“实验方法专题讨论”栏目,共分10个专题放在10个相关实验之后。该部分内容也可单独成篇,待做完全部实验后再通读一遍,更有助于对实验内容和实验方法的深入理解。



#### 4. 关于教材与实验安排

物理实验课包括了4种类型的实验,它们是基本实验、综合性实验、设计性实验和研究性实验。基本实验为学生获得最初步的实验基本知识、方法和技能提供训练平台;综合性实验为物理学的现代工程应用提供若干基础性的知识和技术平台;设计性实验为学生提供灵活应用学过的知识独立解决实际问题的训练平台;研究性实验即自主、创新实验,则是为优秀学生提供个性发展和创新意识培养的训练平台。

第一学期以基本实验为主。由于绝大多数学生都是第一次接受比较严格的实验基本功训练,为了帮助大家缩短适应期,我们在教材编写上采取了一些措施:①重新修订了实验思考题并增加了预习要点,希望有助于大家做实验特别是预习时的思考;②提供了若干数据处理的实例并加有旁注,希望有助于克服处理数据中的困难;③结合具体的实验,增写了10个实验方法的专题讨论,希望能推动同学们在实验后的总结与归纳<sup>①</sup>;④实验题目按系列专题形式安排,每个专题包含不同层次的多个实验内容,学生可根据自己的能力选做其中一个或多个实验,希望这种个性化的培养方式能激励学生充分发挥各自的潜能,以不同的速度尽早达到各自的最佳水平。

“凡做学问,贵在自悟”。我们希望这些措施能够成为学生培养能力、提高素质的有用元素,而不是越俎代庖甚至填写数据、对付作业的抄本。

#### 5. 关于教学安排及方式

本课程总学时为60学时,分两学期(32学时+28学时)完成。第一学期做基本实验,第二学期做综合性实验和设计性(考试)实验。而研究性实验目前以“自主创新物理实验”选修课形式开出。

本课程采用“积分制”教学模式。我们预先根据每个实验题目的难易程度设置了不同的积分,每学期只规定学生必须获得若干积分,而不限定必须做几个实验,学生可根据自己的能力通过选做少数几个难度大的实验或多个难度小的实验来完成积分。实验时间和实验题目均由学生在选课网上自行选择。

第一学期基本实验以专题的形式开出,每个专题包含不同层次、不同难度的多个实验题目。学生可以(但不鼓励)多次重复选择同一专题的实验。

第二学期安排综合性实验和设计性(考试)实验(综合性实验20学时,考试实验8学时)。综合性实验包含菜单型和课题型两种形式:菜单型实验是从开出的15个实验中选做6个;课题型实验不固定题目,可由实验室给出或由学生自行提出,实验方案和实验仪器也由学生自提,学生可自由组成课题组,共同完成整个实验项目。设计性(考试)实验是把设计性实验和考试方法结合起来的一种教学形式。实验题目在课前10分钟由计算机随机决定,教师不做讲

<sup>①</sup> 著名物理学家杨振宁把教学方法分成演绎法和归纳法。物理实验应当归入归纳法。它要求学生从具体实验的长期积累中归纳、抽象,并把握系统的实验规律,成为会做实验的人。



解,每个学生要独立完成由设计、实验到处理数据、撰写报告的全过程。

课前必须做好预习,预习内容包括实验名称、实验目的、实验原理(理论依据、实验方法、主要计算公式及公式中各量的意义,电路图、光路图和实验装置,有些实验还要自拟实验方案,设计实验线路,选择仪器等)、实验的关键步骤和主要注意事项、数据表格等。**重点是:在认真思考的基础上对实验原理和方法、操作步骤和关键进行归纳及整理。**预习报告在上课前交教师审阅,经教师课堂提问、考查认可后方可进入实验阶段。

每个实验要求提交规范、正确的数据处理报告,每步要有公式、计算式,然后给出结果。原始数据要按列表法规范填写,不得有任何涂改痕迹,由任课教师在原始数据记录单上签字。数据处理不规范者不给积分,学生须重做数据处理,待全部符合标准后方可获得积分。对随意修改数据或结果者,不给积分并责其重做实验。

每学期按“研究性报告”形式撰写两篇完整的实验报告,其格式可参见各学术杂志论文格式。它大体上包括以下几个环节:① 摘要(100~200字);② 实验原理和特点;③ 实验数据和结果;④ 小结与问题讨论等。

另外,学生在修完本课程后,可以按课外物理实验方式选修其他的综合性实验或自主创新实验,也可结合冯如杯、SRTP和物理实验竞赛等项目进行实验。

## 6. 关于成绩考核和评定

两学期单独考核评分。第一学期安排理论考试,第二学期安排实验考试(设计性实验)。

第一学期实验成绩由4部分组成:平时实验成绩(50%)、报告成绩(20%)、绪论考试(10%)、期末考试(20%)。

**绪论考试:**开课四周后随堂进行,闭卷考试,时间为30分钟。

**期末考试:**全校统一笔试,考试范围为教材前3章及做过的所有实验。期末考试成绩所占比例虽然不大,但它划分有及格线、中线和优良线。也就是说,要得到某个成绩,期末考试必须过相应的分数线;反之,若期末考试过线了,总评却不一定能得到该成绩,要按上述比例合成。比如要达到及格,必须期末考试过及格线,同时总评成绩及格,两者缺一不可。期末理论考试未达到及格线的学生,本学期实验不及格,但有一次补考(理论)机会;补考仍不及格者,须参加重修;平时实验不及格者,一律重修,不能补考。

第二学期实验成绩由两部分组成:平时成绩(50%)、考试实验成绩(50%)。考虑到不同教师在掌握评分标准上的不同差异,其中考试实验成绩采用根据各教师平均分加权平均的方法进行处理。

在其他物理实验方面取得过好成绩(例如参加学生课外物理实验活动成绩突出,因物理实验项目获奖等)或撰写过优秀的研究性报告(例如被杂志录用)的学生,其实验成绩可以破格提档或评优。