

≡ 锚 ≡ 海军级重点教材

大学物理实验

Experiment of
College Physics

主编 苏学军 张勇



国防工业出版社

National Defense Industry Press

海军级重点教材

大学物理实验

主编 苏学军 张 勇

主审 张金春

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书在内容设置上不再按照力、热、电、光、原子的顺序,而是按照物理实验本身的认知顺序展开。全书共包括 68 个实验项目,涵盖军队院校大学物理实验课程建设标准中大部分项目。作者在编写中力求深入浅出,但同时又不求面面俱到和事无巨细,以利于对学生进行基本实验技能和创新能力的培养,促进学生综合实验素质的提高。

本书可作为军队高等工程技术院校大学物理实验课程教材,也可作为地方高等工科院校相关课程的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/苏学军,张勇主编.—北京:国防工业出版社,2009.6

海军级重点教材

ISBN 978-7-118-06373-8

I. 大... II. ①苏...②张... III. 物理学—实验—军事院校—教材 IV. 04—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 084807 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 459 千字

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

编 委 会

主 编 苏学军 张 勇

主 审 张金春

编写人员 (按姓氏笔画排序)

史崇德 刘存海 刘军山 刘芬芬

邢红宏 张立春 张纪磊 柳 叶

前 言

物理实验是物理学的重要组成部分,是军队院校本科学历教育体系中重要的实践教学环节。物理实验教学可以提高学生对物理学基本知识、基本方法和基本原理的掌握程度,培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力,在新时期创新型军事人才培养过程中具有重要的作用。

随着时代的发展和科学技术的进步,物理实验教学中的新理念、新内容、新手段不断涌现,一些旧的实验知识、方法和技能已逐渐淡出历史舞台,为满足新时期创新型军事人才培养的需要,适应物理实验教学改革的需求,本书编写组在总结多年实验教学经验的基础上,融汇物理实验现代化教学改革工程的部分成果,编成此书。

本书具有以下特点。

在体系构建方面突出了“以人为本”的主题。传统的实验教材体系是按照力、热、电、光、原子和近代物理的顺序分别安排的封闭体系,实验课对理论课的依赖性较强;本书打破了传统的实验教材体系,建立了实验课程独立于理论课而自行发展的新体系。实验课程将不再过多依赖于理论课程,不再完全依据理论课程的顺序安排实验,而是按照物理实验本身的发展规律和学生的认知规律来安排实验,即按照基本方法和基本技能培养、思维能力和综合知识运用能力培养以及科研能力与创新能力培养三个阶段设置实验内容,实验项目由基础实验、基本实验、综合实验、设计性实验和自主研究性实验五部分组成,各部分之间按照信息量逐步增大的顺序设置,每部分内部又按照由易到难的顺序设置实验项目。新体系为正确实施实验教学、培养和锻炼学生的综合实验素质提供了底层支持。

在内容设置方面彰显了学生的主体地位,逐步缩减了教师的工作量,使教师的任务由最初的主讲逐渐淡化为辅导和指导。书中增加了许多新的实验内容和实验项目,并且对不同的实验项目进行了合理分类,对同一实验项目列举了相关的同类实验设备、实验方法和实验技术,为全军各院校依据自身教学要求和课程标准合理选择实验项目提供了广阔的空间,也为学生依据自己的兴趣和专长有选择地进行实验提供了具体的保证。书中还注重描写了每个实验项目的相关背景以及实验设备和实验设计的总体思路,尽可能多地介绍一些与所选实验相关的实验技术、实验设备、该项目在现阶段的工程应用情况及未来展望,每个实验项目都配备了大量的实验仪器及实验现象图示、照片。本书内容层次分明、主次清晰,便于学生有选择地阅读和关注焦点内容。

在教育理念方面贯彻了将实验物理学知识与科学实验技能传授、综合能力锻炼、创新能力培养融为一体的宗旨,以引导学生主动观察物理实验现象和规律、发现和提出问题、分析和解决问题为主线,力求将创新教育理念和围绕“问题”组织教学的方法运用到实验教学的各个环节中去。实验项目的设置既注重物理实验基础知识和基本技能培养,又安

排了涉及物理学前沿技术的教学环节,还设置了部分科研型小题目,对培养学生的创新能力作了有益的探索。

物理实验发展到今天,许多现代设备已经取代了传统的实验设备,许多现代的实验方法和实验技术已经超越了传统的实验方法和实验技术。传统的实验方法和技术可以让学生了解物理实验的发展历史,透析物理实验设计的原始思路;而现代的实验方法和技术又可以使学生迅速适应现代武器装备,能够以最快的速度掌握现代武器装备的操控技能。书中既没有完全丢掉传统的实验方法和技术,又能够突破传统,着眼现代实验技术和方法,达到了传统与现代的和谐统一。

本书第0章~第3章由苏学军同志编写,第4章、第6章由张勇同志编写,第5章由邢红宏、刘存海两位同志编写,第7章、第8章由张立春同志编写,第9章由史崇德、刘军山两位同志编写,第10章及附表由张纪磊、柳叶、刘芬芬三位同志编写。全书由苏学军同志统稿并撰写前言,张金春教授审阅了本书全稿并提出了宝贵的修改意见。

本书在编写过程中得到了海军航空工程学院训练部和基础实验部有关领导的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于水平和条件所限,书中不妥、疏漏之处在所难免,望广大教师和学生不吝指正。

《大学物理实验》教材编写组
2009年元月于烟台

目 录

第一篇 实验理论

第 0 章 绪论	1
0.1 实验物理在物理学发展史上的重要性	1
0.2 教学实验和科学实验的关系	2
0.3 物理实验对人才科学素质培养的作用	3
0.4 怎样学好物理实验	4
第 1 章 物理实验的基本方法	6
1.1 物理实验思想和方法的形成	6
1.2 物理实验分析方法	7
1.2.1 数量级估计法	7
1.2.2 量纲分析法	9
1.3 物理实验的基本测量方法	10
1.3.1 比较法	11
1.3.2 累积和放大法	13
1.3.3 转换测量法	14
1.3.4 模拟法	16
1.4 计算机虚拟方法	17
第 2 章 测量的不确定度和数据处理	20
2.1 测量的不确定度	20
2.1.1 测量和测量误差	20
2.1.2 测量的不确定度	23
2.1.3 标准不确定度的传递与合成	30
2.1.4 不确定度分析的意义和不确定度均分原理	34
2.2 测量结果的有效数字	35
2.2.1 有效数字的一般概念	35
2.2.2 有效数字的运算规则	35
2.3 常用的数据处理方法	37
2.3.1 列表法	38
2.3.2 作图法	38

2.3.3 最小二乘法应用于线性回归	41
2.3.4 逐差法	43
思考题	44

第二篇 基础实验

第3章 物理学基本物理量	46
3.1 长度	46
3.2 质量	48
3.3 时间	49
3.4 电流	50
3.5 温度	51
3.6 发光强度	52
第4章 基础物理实验	55
4.1 密度测量	55
思考题	58
4.2 刚体转动惯量的测量	58
思考题	61
4.3 电阻伏安特性的测量	62
思考题	64
4.4 示波器的使用	64
思考题	69
4.5 模拟法测绘静电场	70
思考题	75
4.6 透镜焦距的测量	75
思考题	78
4.7 干涉法测几何量	78
思考题	82
4.8 分光计的调整与使用	82
思考题	88
第5章 基本物理实验	89
5.1 导热系数的测量	89
5.2 液体黏滞系数的测量	93
思考题	99
5.3 金属杨氏模量的测量	99
思考题	103
5.4 金属热膨胀系数的测量	103
思考题	105

5.5 多普勒效应实验	106
思考题	113
5.6 声速测量	114
思考题	119
附录 1 超声波的发射与接收——压电换能器	119
附录 2 不同介质声速传播测量参数	120
5.7 电子束在电磁场中聚焦和偏转	120
5.8 电子荷质比的测量	127
思考题	131
5.9 铁磁材料 $B-H$ 曲线测量	131
附录 动态磁滞回线实验仪性能指标	137
5.10 霍耳效应法测磁场	137
思考题	143
5.11 电位差计的应用	143
思考题	146
5.12 温度传感器的温度特性测量	147
5.13 迈克尔逊干涉仪的调整与应用	154
思考题	158
5.14 线、圆、椭圆偏振光的定量研究	158
思考题	161
5.15 用光电效应测量普朗克常数	162
5.16 弗兰克—赫兹实验	168
思考题	171
5.17 PN 结正向压降与温度关系的研究	171
思考题	175
5.18 气体比热容比的测量	175
思考题	177
5.19 全息照相	178
思考题	182
5.20 光栅衍射	182
思考题	185

第三篇 综合篇

第 6 章 近代物理实验	186
6.1 光速测量	186
思考题	190
6.2 磁阻效应	191

思考题.....	193
附录 1 地磁场	193
附录 2 FB525 型磁阻传感器与地磁场实验仪	195
6.3 高温超导实验	196
思考题.....	201
6.4 低温的获得与测量	201
思考题.....	207
6.5 黑体辐射	207
思考题.....	210
6.6 核磁共振	210
附录 1 几种核元素的回旋频率和相对灵敏度	218
附录 2 DHYH-2 多功能物理测试系统技术功能参数	218
6.7 电子衍射实验	218
思考题.....	221
第 7 章 现代物理实验技术	222
7.1 超声成像	222
7.2 空气动力学实验	227
7.3 传感器综合实验	230
7.4 激光干涉调制通信	237
思考题.....	242
7.5 微波实验	242
思考题.....	249
7.6 声光效应实验	249
思考题.....	254
附录 光在液体中的衍射.....	254
7.7 混沌加密通信技术研究	255
思考题.....	261
第 8 章 现代光学	262
8.1 法布里—珀罗干涉仪	262
8.2 半导体激光器特性研究	267
思考题.....	271
8.3 偏振旋光实验	271
思考题.....	274
8.4 光的色散研究	274
思考题.....	277
8.5 双棱镜干涉实验	277
思考题.....	281

8.6 CCD 光栅光谱仪与光谱分析	281
思考题	292

第四篇 自主学习篇

第 9 章 设计性实验	293
9.1 太阳能电池基本特性研究	293
9.2 弦振动研究	294
9.3 热敏电阻的温度特性研究	294
9.4 相变临界现象的研究	295
9.5 红外特性及传输	296
9.6 交流电桥实验	297
9.7 变温黏滞系数测量	298
9.8 空气热机实验	298
9.9 阻尼振动和受迫振动	299
9.10 薄膜厚度测量	299
第 10 章 自主研究性实验	301
10.1 水的汽化热的测量	301
10.2 磁悬浮	301
10.3 电表的改装与校准	302
10.4 旋转液体实验	302
10.5 声、光、热、电开关的制作	302
10.6 变温固体杨氏模量测量	303
10.7 复摆与耦合摆	303
10.8 傅里叶频率分析	304
10.9 氢原子光谱	305
10.10 液晶电光效应	306
附表	308
表 1 国际单位制(SI)	308
表 2 基本物理常数	309
表 3 在 20℃ 时金属的杨氏模量	309
参考文献	310

第一篇 实验理论

第0章 绪论

0.1 实验物理在物理学发展史上的重要性

物理学一词最早来源于希腊文 φυσικη, 意为自然规律, 可延伸为自然及其发展规律, 现代物理学的概念是指研究物质运动的最一般规律及物质基本结构的科学。物理学是一门实验科学, 实验是物理学的基础。凡是物理学的概念、规律及公式等都是以客观实验为基础的, 即物理理论绝不能脱离物理实验的验证。这里所指的实验是近代科学实验, 近代科学实验是有目的地去实践, 是对自然的积极探索。科学家提出某些假设或预见后, 为对其进行验证, 筹划一定的手段和方法, 并根据实验产生的现象来判断原设计假设或预见是否正确就是科学实验。从认识主体所起的作用来看, 科学实验同被动的经验、单纯的观察之间有很大的不同。仅仅停留在观察实验上还不能称为科学实验和方法, 还必须使观察实验和理论研究结合起来。可以说, 科学实验是人类文明发展的积极推动力之一, 因此科学实验的重要性是不言而喻的, 其中物理实验自然也雄居要位。下面通过两个例子进行说明。

(1) 从诺贝尔物理学奖获奖情况看实验物理的重要性。当代最引人注目的诺贝尔奖金, 宗旨是奖给有最重要发现或发明的人。因此, 获得诺贝尔物理学奖的成果均是物理学中划时代的、里程碑级的重大发现或发明。从 1901 年第一次授奖至今已有 100 多年的历史, 诺贝尔物理学奖有近 150 名获奖者。其中, 因实验物理学方面的伟大发现或发明而获奖的占 2/3 以上。如 1901 年, 首届诺贝尔物理学奖得主德国人伦琴(W. C. Röntgen), 他因发现 X 射线而获奖; 1902 年诺贝尔物理学奖的得主是荷兰人赛曼(P. Zeeman), 他在 1894 年发现光谱线在磁场中分裂的现象; 1903 年诺贝尔物理学奖的得主是法国人贝可勒尔(H. A. Becquerel)和居里夫妇(P. Curie, MS. Curie), 他们发现了天然放射性, 由此成为了核物理学的奠基人。由此看出, 这些实验方面的发现已被公认为是物理学发展中的最伟大的成就。可见, 实验物理在物理学发展中的地位是多么重要。

(2) 从物理规律的建立过程看实验物理的重要性。1924 年法国人德布罗意(De Broglie)在光波具有微粒性的启发下, 明确提出实物粒子具有波动性, 即物质波和粒子的结合概念, 通常, 人们将它描述为波粒二重性或二象性。假设粒子能量为 E , 动量为 P , 就同时伴随着物质波的传播矢量 k , 关系是 $P = \hbar k$, 即 $P = h/\lambda$ 。这是一个大胆而伟大的假设, 物理伟人爱因斯坦(A. Einstein)对此给予充分的肯定, 他称这是照亮我们最难解开的

物理学之谜的第一缕微弱的光,并提名德布罗意获诺贝尔物理学奖。要强调说明的是,理论上美妙的假设或推理,要最终成为被公认的物理规律,还必须有实验结果的验证。德布罗意本人当时指出,可以通过电子在晶体上的衍射实验来证明上述假设。在 1927 年,美国科学家戴维逊(C. J. Davisson)和革末(L. H. Germer)用被电场加速的电子束打在镍晶体上,从而得到衍射环纹照片,恰如光波在光栅上的衍射花样。同时,由加速电场计算出电子束动量对应的物质波长与在晶体光栅上衍射极大值对应波长的关系,证实了德布罗意关于 P 、 λ 间的假设关系成立。最终使德布罗意的假设得到公认,他们本人也获得了 1929 年的诺贝尔物理学奖。这一历史事实雄辩地说明了实验结果在物理学概念的提出、理论规律的确立及被公认的过程中的重要地位和所起的关键作用。

可以毫不夸张地说,没有实验物理就没有物理学的发展。正是由于实验手段的不断进步、仪器精度的不断提高、实验设计思想的巧妙创新等,才使得人类在认识自然界的历程中不断探索、发现,进而攀登上更高的顶峰。人类对客观世界的认识是不断深化的,整个物理学的发展历史就是人类不断地了解自然、认识自然的过程。大到宇宙天体,小到原子、粒子等都无不显示着这个过程的各个历史时期的前进步伐。对自然界认识的深化必然引发科学技术和生产力的革命,必然会推动社会向前发展。

物理学的发展是人类进步的推动力之一,实验物理和理论物理是构成物理学研究的两大支柱。实验物理在推动物理学发展过程中有着明显的重要作用,当然,理论物理也有着同样重要的作用,二者密切相关、相辅相成、互相促进。形象地说,恰如鸟的双翼、人的双足,不可或缺。物理学正是靠着实验物理和理论物理两大分支的相互配合、相互激励、相互促进、相辅相成地探索前进,而不断向前发展,不断深入认识自然界的。在物理学的发展过程中,这种相互促进、相互激励、相互完善的实例举不胜举。如 1895 年伦琴在实验上发现了新的电磁辐射,被称为 X 射线(它是由高速电子轰击重元素靶而产生的波长在 nm 量级的电磁辐射)。X 射线的发现进一步推动了气体中电传导的研究。汤姆逊(J. J. Thomson)提出了被 X 射线照射的气体具有导电性是由于气体因分子电离而带有电荷,这给洛伦兹(H. A. Lorentz)创立电子论提供了实验基础,而电子论又给塞曼(Zeeman)效应,即光谱线在磁场中会分裂这一事实以理论解释。这一连串的事实展示了实验物理和理论物理之间的密切关系与相互激励而共同推进物理学发展的进程。

物理学是一门成熟的科学,也是一门不断发展的科学,物理学所探索的各种现象的领域总在不断扩大。现在必须承认,当实验上有新的发现或者实验方法有改进、测量精度有提高的时候,每个物理学理论都要重新受到验证、检验或修正。

物理学研究的是物质运动的基本规律,它在揭示自然的奥秘、探索自然、认识自然世界,从而推动人类历史的前进、社会的发展等方面都有着巨大的作用。物理学是自然科学的基础,实验物理是物理学的基础。

0.2 教学实验和科学实验的关系

科学实验是为了预测、验证或获取新的信息,通过技术性操作来观测由预先安排的方法所产生的现象,其全过程应包括四步:第一步,选定目标做出计划,即确定课题,构思模型,给出实验设计方案;第二步,制作或选择实验装置,按设计方案准备实验所需设备;第

三步,观察现象和测量数据,进行实验操作,记录数据;第四步,分析、整理数据结果,得出结论。完成这四步之后,需讨论由实验结果得到的结论,是支持、肯定了原先所构思的模型设计方案,还是部分肯定,尚需改进、完善设备或设计方案,或是修改、否定原先的设计目标。因此,科学实验实际上包含着多次实验,甚至失败、再实验之后,最后得出结果,从而获得新的规律。科学实验是探索的过程,可能成功也可能失败,结果可能是符合预期设计的,也可能是否定预期设计的,当然,还可能有意外的收获而导致新发现,从而得到未曾预期的成功(穆斯堡尔效应的发现过程就是一例)。每一次科学实验的成功都会揭示出自然界的奥秘,使人类在认识自然的道路上又前进一步。

教学实验不同于科学实验,它是以教学为目的,其目标一般不在于探索,而在于培养人才,它是以传授知识、培养人才为目的的。因此,教学实验(尤其是基础教学实验)与科学实验无论从宗旨、内容和形式上都会有所区别。教学实验一般都是理想化了的,排除了次要干扰因素而简化过的实验,是经过精心设计准备,一定能成功的。一般基础实验只作科学实验过程的第三步、第四步,到了高年级,视条件允许的程度,可能有少部分学生或少部分实验能涉及到第一步、第二步。尽管如此,教学实验的地位仍然是非常重要的,因为该课程担负着培养学生实验能力和科学素质的任务。人们要攀登科学高峰,首先要培养自身攀登高峰的能力,这就像是建造通向高峰的阶梯。攀登高峰的阶梯好像一座金字塔,有着广阔、宽厚的基础和高耸的塔尖,基础越宽厚,塔尖可以越高,可及的科学高峰也会更高。学生的任务主要就是积累知识、培养素质、提高能力,就是建造攀登高峰的阶梯。从某种意义上说,不管学生自己是否意识到,实际都在建造自己通向高峰的阶梯。每个人建造阶梯的过程和结果则取决于诸多主、客观因素,会有所不同。

物理实验课是一门基础实验课,是整个知识和能力大厦的底层。底层的重要性是不言而喻的,因此教学实验的重要性是显而易见的。

0.3 物理实验对人才科学素质培养的作用

从科学发展的进程看,人的科学素质有三个主要方面:

- (1) 求知欲望;
- (2) 科学思维和创造能力;
- (3) 严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神。

人类自从有思想以来,就想认识客观世界,这就是人的求知欲望。科学形成、发展的过程正是人类永恒的、强烈的求知欲望的结果。

科学的发展依赖于人的思维和创造能力,正如爱因斯坦在《物理学的进化》中所述:“科学的发展过程是人类通过思维和观念大胆地探求客观世界的过程”。从物理学的发展来看,牛顿时代以来最重要的发现之一是“场”概念的提出,它揭示了描写物理现象最重要的不是带电体,也不是粒子,而是带电体与粒子之间的“场”。如果没有很强的思维和创造能力,“场”的概念是不可能被提出和理解的。“场”的概念,摧毁了旧的观念,促进了20世纪相对论、量子理论的伟大发现和发展。因此,科学发展史证明了思维和创造能力是人的科学素质的核心组成部分。

科学要求人类必须有严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神。因为在探求客观世界

的过程中,实践才是检验真理的唯一标准。科学上的每一个想象,必须用实验来验证,任何结果不论如何吸引人,假如与实际不符,都必须放弃。这里来不得半点虚伪和骄傲。

科学的发展是无止境的,它既需要研究相关现象之间的相互一致性来加以类推,又需要将已解决的问题和未解决的问题联系起来,有些共同的特性常常隐藏在外表差异的背后,必须有严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神,才能发现这些共同点,并在此基础上建立新的理论、新的观念和新的方法,促进科学的不断发展。

科学发展的历史长河证明了物理学的起源和发展促进了自然科学的各个领域、各个学科的建立和发展,物理学的思维和观念已渗透在各个学科、各个领域。例如,21 世纪被誉为生命科学的世纪,物理学中的基本观念、基本思维方法,包括实验的误差理论与数据处理的方法都在生命科学领域内得到应用和发展。因此,物理学在培养人的科学素质方面具有十分重要的地位,物理实验是其中的重要环节。

人才科学素质培养的核心是思维和创造能力的培养,人的思维和创造能力有“硬”和“软”两个方面。

从理论的角度看,“硬”的方面表现为:基本概念的掌握、推理演绎的能力、运算的技巧与能力。“软”的方面表现为:物理概念的系统理解与深化、比较和综合的能力等。

从实验的角度看,“硬”的方面表现为:基本实验技能与动手能力、现代技术的应用水平。“软”的方面表现为:实验课题的选择、实验的设计思想和实验方法等。

几十年来,物理实验教学的课程体系和教学内容从“硬”和“软”两个方面培养学生的思维和创造能力,激发他们强烈的求知欲望、严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神。物理实验在人才科学素质培养中起着重要的作用。

0.4 怎样学好物理实验

物理实验课是工科学历教育院校各专业学生的必修课程,是培养和提高学生科学素质和能力的重要课程之一。学生通过物理实验课程的学习能够积累大量知识,并最终沉积为科学能力的提高,进而转化为自身素质的提高。这正是自觉建造攀登科学高峰阶梯的途径,也是要学好物理实验课的目的和意义。

通过物理实验课的学习,学生应自觉注意自身能力的培养。简言之,有以下两点:其一是培养严谨的科学作风和坚韧不拔的苦干精神,也就是实事求是和百折不挠的科学精神。在实验过程中要求认真观察实验现象,一丝不苟地记录实验数据。要求记录数据要原始、完整、全面、清楚,要有必要的说明注解等。不但要用已掌握的知识去分析现象、处理数据,同时经过去伪存真、去粗取精的科学升华过程,探索新实验、新方法和新规律。科学实验包含着多次实验、失败、修改、再实验……最后才可能得出正确的结果而取得成功。在教学实验中也会遇到某些困难或问题,试图解决这些问题,克服这些困难,正是培养学生严谨科学作风和坚韧不拔精神的最好途径。其二是创新实验能力的培养。教学实验虽然是经过安排设计的,但仍然要求学生要多问自己些问题。首先要思考,应该想清楚诸如每一项实验内容要测量什么?通过怎样的途径(方法)去测量?也就是实验方法设计,为什么要这样做?这就涉及到要重视实验的提示和注意事项内容。如不这样做会怎样?是会出现、损坏仪器,还是会有伤害?也可进一步问,还有哪些途径方法去测量同一内容?

一般来说,实验设计方法并不是唯一的。要比较设计方法是否巧妙、简明,条件是繁是简,资金耗费多少等因素,再结合实际条件来讨论、选择、优化。这更能激发学生的求知欲望和学习热情,不断提高创新意识、增强创新能力,以适应新世纪对人才科学素质的要求。

还必须提醒注意的是实验室操作规程和安全规则。学生进入实验室上实验课,会接触到各种测量器具、仪器和仪表,随着学习的深入、层次的提高,还可能接触一些先进、精密的仪器设备,或接触各种实验环境,如高温、低温、电磁场、激光、暗室、放射性、真空系统等,这要求学生必须遵守实验室给出的具体操作规程,严格执行安全防护操作规定,养成良好的实验习惯,这也是对高素质人才培养的一项基本要求。

物理实验在人类文明的发展中一直扮演着重要的角色,许多物理实验在历史发展中起过里程碑式的作用。可以毫不夸张地讲,没有物理实验,就没有当今的人类文明,不学习物理实验,也不可能造就一代新世纪的高素质人才。愿有志于攀登科学高峰的人,在学习物理实验的过程中勇猛奋进,为新世纪的发展谱写新篇章。

第1章 物理实验的基本方法

1.1 物理实验思想和方法的形成

物理学发展至今,历经了数以万计的成功的、失败的、著名的、平凡的、复杂的和简单的实验,历代物理学家和科技工作者都曾置身于艰苦的实验研究之中,用他们的智慧和心血,换来了今日物理学中的累累硕果。每一个实验,都有其自身的一套方法来测量相关的物理量。把对物理量的具体测量的方法叫测量方法;把对各类实验都通用的方法叫实验方法;把在选用实验方法,进行实验设计,编排实验或在实验中进行调节和测量时具有普遍指导意义的思想称为实验思想。

公元前2世纪—公元前3世纪,阿基米德除了做杠杆、滑轮等实验外,还进行了浮力的观察和研究。他指出,浸在液体中的物体所受的浮力等于它排开液体的重力,从而建立了浮力定律,至今,阿基米德原理仍被用于科学实验的各个领域之中。在中国的古书中也有过古人进行物理实验的记载,如《墨经》中的小孔成像,平面镜、凹面镜、凸面镜与成像大小的关系,像的正倒与位置关系的记载等。那时候的实验是零散的、定性的,定量的实验还比较少,大多数实验仅限于现象的描述,或只作一般的解释,没有形成理论系统,或是有了理论的轮廓(雏形),却没有经过再实验的循环验证过程去完善和提高。

物理学发展到16世纪以后,以伽利略为代表的一批杰出的物理学家,把物理实验方法和物理规律的研究结合起来形成了较系统的科学实验思想体系,把实验方法发展到了一个新的高度,对物理学的发展做出了划时代的贡献。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,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”。伽利略的科学思想中包含有辩证唯物主义的认识论和方法论的成分,他关于物理实验的科学思想,影响着历代科学工作者,对实验工作和学习仍具有一定的指导意义。

物理实验是探索物质间的相互作用,研究自然现象的本质与规律的必要途径。在确定了研究方向和实验目的后,如何寻求最佳的实验方案,选择合适的实验条件及测量方法,进行精心设计,合理安排和认真观察、测量,悉心分析和处理数据,得出可靠的结论等,是实验能否达到预期目标的关键。在实验物理学数百年的发展进程中,出现过众多卓越的实验,它们以其巧妙的物理构思、独到的处理和解决问题的方法、精心的仪器设计、完善的实验安排、高超的测量技术、对实验数据的细致处理和无懈可击的分析判断方法等,展示了极其丰富和精彩的实验思想,揭示了解决现实问题的途径和方法。这些思想和方法