

高等师范院校新世纪教材

GAODENG SHIFAN YUANXIAO XINSHIJI JIAOCAI

物理 实验教学研究

WULI SHIYAN JIAOXUE YANJIU

张德启 李新乡 陶洪 王崇光 主编

72



科学出版社

www.sciencep.com

高等师范院校新世纪教材

物理实验教学研究

张德启 李新乡 陶 洪 王崇光 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是科学出版社出版的《高等师范院校新世纪教材·学科课程与教学论系列》丛书之一,是为适应新世纪基础教育课程改革和培养合格中等学校物理教师的要求而编写的物理学专业必修教材。

本书以教育部在2003年4月颁发的《普通高中物理课程标准(实验稿)》为纲,同时兼顾教育部2000年颁发的《全日制中学物理教学大纲》。密切联系基础物理实验教学实际,突出对高等师范院校物理专业学生物理实验教学技能的训练与物理实验教学研究能力的培养,以使高师学生较为灵活、深入地学习物理实验教学的有关理论、方法和技能,在他们已修“普通物理实验”的基础上进一步提高其实验素养,激发实验探究的兴趣,增强其创新意识,培养实事求是、严谨认真的科学态度,养成交流与合作的良好习惯,发展实践能力为目标,为他们今后顺利走上中等教育工作岗位,更快、更好地适应中等学校物理实验教学的需要和从事实验教学研究工作的良好的基础。

本书可作为全日制高等师范院校本、专科生物理学专业教材,也可作为中等学校物理教师 and 有志于从事中等教育的综合大学物理专业及相关专业毕业生接受继续教育的参考教材,还可以作为课程与教学论(物理)专业研究生及教育硕士专业学位学科教学(物理)专业方向学员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理实验教学研究/张德启等主编. —北京:科学出版社, 2005

高等师范院校新世纪教材

ISBN 7-03-016093-2

I. 物... II. 张... III. ①物理课-实验-教学研究-师范大学-教材②物理课-实验-教学研究-中学 IV. G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第089220号

责任编辑:陈露 谭宏宇 / 责任校对:连秉亮
责任印制:刘宇 / 封面设计:木子

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年8月第一次印刷 印张:16½

印数:1~4200 字数:323000

定价:25.00元

《物理实验教学研究》编委会

主 编：张德启 李新乡 陶 洪 王崇光

副主编：郭文珍 薄惠萍 高 闯 陈万平

编 委：（按姓氏笔画排序）

王长江 王崇光 杨连武 李新乡

张军朋 张明霞 张德启 陈万平

陈 娜 范应元 胡 波 钱懿华

倪亚贤 高 闯 郭文珍 陶 洪

薄惠萍

**《高等师范院校新世纪教材·学科课程与
教学论系列》教材筹备委员会**

主任委员：闫珂柱

委 员：(按姓氏笔画排序)

王崇光 文庆城 闫立泽 闫珂柱

张志勇 张祥沛 李新乡 陆书环

陈继贞 陶 洪 曹 莉 曹道平

傅海伦 韩庆奎 照日格图

学术秘书：陈继贞(兼) 莫长军

前 言

本书是科学出版社出版的《高等师范院校新世纪教材·学科课程与教学论系列》丛书之一,是为适应新世纪基础教育课程改革和培养合格中等学校物理教师的要求而编写的高等师范院校物理学专业必修教材。

物理实验教学研究是物理教学论课程的重要组成部分,是高等师范院校本科生的必修课。通过教学,使学生经历必要的实际操作训练,学会物理实验教学的技能与物理实验教学研究的方法,为培养合格的物理教师打好基础。

本书是编委会成员在深刻领会《基础教育课程改革纲要(试行)》精神和充分研究《普通高中物理课程标准(实验稿)》具体内容的基础上,根据课程标准对科学探究和物理实验能力的要求,以及“物理实验专题”模块精神,以使高师学生较为灵活、深入地学习物理实验教学的有关理论、方法和技能为目标,在学生已修“普通物理实验”的基础上进一步提高其实验素养,激发其科学探究的兴趣,增强其创新意识,培养实事求是、严谨认真的科学态度,养成交流与合作的良好习惯,发展实践能力,为他们今后顺利走上中等教育工作岗位,更快、更好地适应中等学校物理实验教学的需要和从事实验教学研究工作的奠定良好的基础。

在编写本教材过程中,特别注意了以下几个问题:① 突出教学技能训练。本课程的主要任务之一是训练物理实验教学技能,而这种技能决不是单纯的动手技能,而是一种手脑并用的综合技能。因此,教材编写与教学实践中应理论与实践紧密结合,将有关的教育理论、实验理论,有针对性地运用到中学物理实验教学技能训练中来。② 突出科学探究。《普通高中物理课程标准(实验稿)》首次将科学探究及物理实验能力的要求与共同必修模块、选修模块并列作为内容标准,由此可以看出课程专家与教育部对科学探究与物理实验能力的重视程度。我们在编写演示实验、学生分组实验时,根据各个实验的特点,突出科学探究的一个或几个要素,在编写自制教具、课外实验时,让学生经历科学探究的全过程,为学生毕业后指导中学生开展科学探究奠定基础。③ 注重内容的启发性。教材反映与物理实验有关的现代教育理念,注意启发学生将阅读、思考、讨论和操作有机结合起来。各部分内容均明确学习者的任务和需要思考解决的问题,让学习者通过具体的“技能训练”、“思考与讨论”等实践与思维活动,掌握实验教学与研究的方法和能力。④ 注重信息技术与物理实验教学的整合。通过具体实例,展示了物理教学演示、物理实验中数据采集,以及物理实验数据分析过程中的信息化问题。⑤ 注重发展性实验

教学评价。本书专门列出一章探讨实验教学评价问题,从新课程倡导的评价理念出发,结合具体案例,探讨了物理实验教学评价的方式、方法、内容。

《物理实验教学研究》与《物理教学论》是科学出版社推出的“高师院校新世纪教材”之《学科课程与教学论》系列丛书中的姊妹篇,两者一起作为高师院校物理专业必修课教材。本书可作为全日制高等师范院校本、专科生物理学专业教材,也可作为中等学校物理教师和有志于从事中等教育的综合大学物理专业及相关专业毕业生接受继续教育的参考教材,还可供课程与教学论(物理)专业研究生及教育硕士参考。

本书由张德启(曲阜师范大学)、李新乡(曲阜师范大学)、陶洪(苏州大学)、王崇光(聊城大学)共同策划和担任主编。

本书包括8章内容,在撰写工作中,李新乡执笔第1章;陈娜(青岛滨海学院)执笔第2章的第1、2、3节;郭文珍(德州学院)执笔第2章的第4、5节;陶洪执笔第3章;王崇光执笔第4章的第1节;王长江(曲阜师范大学)执笔第4章的第2节;高闯(华中师范大学)执笔第5章的第1、2节;薄惠萍(临沂师范学院)执笔第5章的第3、4节;杨连武(曲阜师范大学)执笔第5章的第5、6节;范应元(潍坊医学院)执笔第6章的第1、2节;张明霞(曲阜师范大学)执笔第6章的第3节;张德启执笔第7章;钱懿华(苏州大学)执笔第8章的第1节;陈万平(曲阜师范大学)执笔第8章的第2节;倪亚贤(苏州大学)执笔第8章的第3节。

参加本书统稿的有:薄惠萍、陈娜、陈万平、范应元、李新乡、王长江、杨连武、张德启、张明霞等。最后由张德启和李新乡负责全书统稿、定稿工作。

在本书的写作、出版中,承蒙曲阜师范大学教务处处长闫珂柱教授、物理工程学院有关领导,以及科学出版社编辑部陈露主任的大力关心和支持,在此表示衷心感谢!

我们在编写本书时参阅了诸多学者的成果,因为时间紧迫,有一些没有来得及查阅其出处,所以未能在参考文献中注明,在此一并向各位专家、学者表示感谢!

由于编者经验、水平有限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏或不妥之处,恳请读者不吝赐教,以便使本书再版时在内容和形式上更趋完美。

编 者

2005年5月

目 录

前 言

第 1 章 物理实验教学研究概述	(1)
1.1 物理实验教学研究课程的目的与内容	(1)
1.2 物理实验在物理学发展与人才培养中的作用	(6)
1.3 物理实验教学研究的内容	(10)
1.4 物理实验教学中的科学方法教育	(16)
第 2 章 认识物理实验基本仪器	(23)
2.1 物理实验仪器的基本知识	(23)
2.2 物理实验基本操作技能	(29)
2.3 物理实验常用“源”介绍	(32)
2.4 物理实验常用测量仪器、仪表分析	(39)
2.5 物理实验常用辅助仪器分析	(57)
第 3 章 物理实验测量与数据处理	(69)
3.1 物理实验基本测量方法	(69)
3.2 运用误差理论改进实验效果的方法	(74)
3.3 选择实验方案和实验器材的方法	(82)
3.4 物理实验数据处理的方法	(89)
第 4 章 演示实验的要求与教学技能训练	(99)
4.1 演示实验的基本要求和教学策略	(99)
4.2 演示实验教学技能训练	(104)
4.2.1 静电演示实验	(104)
4.2.2 电磁感应和变压器的演示	(112)
4.2.3 阴极射线管的演示	(117)
4.2.4 力学演示实验	(119)
附录 光电效应演示实验的方法论分析	(124)
第 5 章 学生分组实验的要求与教学技能训练	(128)
5.1 学生分组实验的基本特征与基本要求	(128)
5.2 力学实验教学技能训练	(132)
5.2.1 电磁打点计时器的调整及相关实验研究	(132)
5.2.2 用气垫实验装置做验证牛顿第二定律实验	(139)

5.2.3 阿基米德原理实验研究	(143)
5.3 分子物理学与热学实验教学技能训练	(148)
5.3.1 用油膜法测量分子的大小	(148)
5.3.2 海波的熔化和凝固	(151)
5.3.3 初级玻璃工技术	(155)
5.4 电磁学实验教学技能训练	(159)
5.4.1 电表改装和可调内阻电池的使用	(159)
5.4.2 测定电源的电动势和内电阻	(163)
5.4.3 伏安法测电阻和测小灯泡功率	(166)
5.5 光学实验教学技能训练	(171)
5.5.1 利用双缝干涉测定单色光的波长	(171)
5.6 近代物理实验教学技能训练	(177)
5.6.1 用分光镜观察钠光谱	(177)
第6章 自制教具、课外实验与教学技能训练	(180)
6.1 物理实验设计、自制教具基本原理	(180)
6.2 物理实验设计、自制教具与学具的创新方法	(185)
6.3 课外实验设计与教学技能训练	(189)
附录 数字相机碱性电池性能探究	(197)
第7章 物理实验教学评价	(203)
7.1 物理课程标准对实验教学评价的要求	(203)
7.2 物理实验教学评价的内容	(207)
7.3 物理实验教学评价的类型、方式、方法	(211)
7.4 物理实验教学评价的命题要求及改革	(216)
附录 《普通高中物理课程标准》中的物理实验专题模块	(228)
第8章 物理实验教学中的信息化	(231)
8.1 物理教学演示中的信息化	(231)
8.2 物理实验中数据采集的信息化	(241)
8.3 物理实验数据分析的信息化	(247)

第1章 物理实验教学研究概述

物理实验是根据一定的研究目的,运用科学仪器、设备,人为地创造、控制或纯化某些物理过程,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定性的或定量的观察和研究,以探求物理现象、物理过程变化规律的一种科学活动,也是检验物理学理论正确与否的标准。

实验不仅是物理学研究的基础,也是物理学教学的重要手段之一,还是中学物理教学的重要内容,更是实施素质教育的极其重要的环节之一。这从物理教学大纲或课程标准中就可以看出。2003年教育部颁布的《普通高中物理教学大纲》明确指出:“观察现象、进行演示和学生实验,能够使学生对物理事实获得具体的、明确的认识,这是理解概念和规律的必要的基础。观察和实验对培养学生的观察和实验能力,培养实事求是的科学态度,引起学习兴趣,具有不可替代的重要作用。”2003年教育部颁布的《普通高中物理课程标准》在“知识与技能”方面的具体目标的第二条为“认识实验在物理学中的地位和作用,掌握物理实验的一些基本技能,会使用基本的实验仪器,能独立完成一些物理实验”(本书为了叙述方便,在不引起歧义的情况下,以下将“物理课程标准或物理教学大纲”简称为“课程标准”)。

1.1 物理实验教学研究课程的目的与内容

1.1.1 物理实验教学研究课程的目的、任务

高等师范院校物理学专业开设“物理实验教学研究”这门课程的主要目的是:使学生掌握适应基础教育改革和发展所需要的、从事中学物理教学所必需的物理实验教学与研究的基础知识、基本理论、科学方法和基本技能。在当前形势下,这门课的教学过程应特别注意加强准教师的实验教学技能训练。具体要求可归为以下内容。

1) 能依据课程标准,对中学物理中的各类实验综合进行总体分析,明确中学物理实验教学的总目的,把握中学物理实验技能的具体项目及各项目标。

2) 能区分各类物理实验的作用,把握有关演示实验与学生实验在技能培养上的有机联系,发挥演示实验的示范作用,拟定出相应实验的具体要求,促进学生实验技能的形成与迁移。

3) 熟悉中学物理实验教学的基本仪器,懂得它们的使用要求和操作规程,掌握中学生对每件实验仪器应达到的训练标准。

4) 会组织中开展物理探究活动及课外活动,以激励志趣,活化知识,培养科学探究能力,扩展物理教学的效果。

5) 具有建设中学物理实验室、开展物理实验教学研究的能力。

1.1.2 物理实验教学研究课程的内容

物理实验教学研究课程的主要内容可概括为下面3个方面的内容:理论学习、教学训练、问题研究,其各自内容、方式和要求的解释见表1-1。

表1-1 中学物理实验教学研究环节

理论 学 习	内 容	物理实验教学理论,物理实验方法
	方 式	与实验操作穿插进行,以实例或实物讲解
	要 求	掌握物理实验教学的基本要求和方法,能与其他教学形式结合运用
教 学 训 练	内 容	基本仪器使用训练,中学重要分组实验的操作,演示实验的设计和制作,基本实验技能训练
	方 式	实验课上的实验操作,课外在开放实验室中的操作
	要 求	掌握中学物理教学的实验技能,熟悉中学物理基本仪器,能比较熟练地进行分组实验和演示实验操作
问 题 研 究	内 容	中学物理实验设计与研究
	方 式	设计性的实验课题
	要 求	能根据教学需要选择、制作、组合有关仪器设备

1.1.3 物理实验教学研究课程的教学要求

据我们了解,高师毕业生在物理学理论功底方面程度较高,经过一段时间的训练,基本上能适应物理概念、规律、习题等教学的要求,但对于实验教学(包括演示实验、学生实验、课外实验等)来说,有关训练不够,特别是在实验设计、自制教具等方面更显欠缺。加强实验教学是当务之急。具体来讲,物理实验教学研究课程的教学要求有以下4项。

1. 强调基础,发展能力

在实验教学中,可注重从以下几个方面多做工作。

1) 强调基本仪器的使用。尽量使学生掌握基本仪器的原理、构造、使用方法,要求他们操作规范。如在使用学生电源时,注意让学生了解学生电源的原理、构造(有关的说明书都可作为学生的参考资料)、最大输出电压、最大负荷电流等,在打开电源之前,保证电压量程挡位在最小,关闭电源前也要把电源电压调到最小等。

2) 强调基本工具的使用。包括实验中常用的电烙铁、钳子等的使用。在每个实验室都备有常用的工具。

3) 强调基本实验方法和实验技术。在实验过程中,经常总结学生在该实验中所用的实验方法,特别是实验中用到的实验技术。如在做水波的实验中,给学生讲清频闪仪的作用等。注意培养学生研究做好物理实验的条件,掌握做好物理实验的关键及一些基本实验技能。

4) 使学生掌握演示实验常用仪器的原理、结构及使用方法。如静电起电机、大型演示电表等。在教学中,讲清仪器的原理、构造、使用方法、注意事项及使用范围等。另外,在实验结束后,将一些实验中未涉及的中学物理演示仪器进行展览,学生可自由熟悉和使用。

5) 注意培养学生的观察能力、操作能力和思维能力。

2. 突出学生的主体性地位

在实验教学过程中,注意突出学生的主体性地位,激发学生的自主性、好奇心、自觉性等。

1) 教、学角色的转变。学生是“演员”,教师是“导演”。教学中注意以学生为主,充分发挥他们的主动性。

2) 学生以双重身份出现,既当学生,又当老师,根据师范生的特点,在教学中,教师只在第一次实验时进行主讲,从第二次开始,就要求学生相互讲解,即由上一次做该实验的学生讲解,教师做巡视,查缺补漏,这样可以锻炼学生的教学能力。

3) 学生自行处理实验中的问题。实验过程中,出现问题是在所难免的,让学生自己找出问题,自行解决,包括学生自查电路、焊线、修理简单的仪器、排除简单的实验故障。如果遇到比较复杂的故障,教师在排除过程中,也要对学生进行讲解,这对提高学生实验能力的提高是非常有益的。

4) 结合讲解进行演示。在实验过程中,要求学生不但要对仪器进行规范操作,得到有关数据或明显的实验效果,而且要结合有关内容及中学教材进行讲解,以锻炼学生将演示实验应用于教学的能力。如“磁铁相对于线圈运动产生电流”的演示实验,既要使演示效果明显,又要结合教学讲解有关仪器、线路的连接,以及用楞次定律判断感应电流的方向等。

5) 初步设计实验,改进仪器。虽然大部分实验内容在教材中写的都比较详细,但对有些内容,要求学生能根据教学需要,设计不同的实验,选择不同的仪器,用多种方法演示,同时对一些效果不明显的演示,要求学生能够改进,寻找替代品等。

6) 自制教具。每个学生在课程结束后,都要交几件自制的教具。自制教具的优劣评定也作为实验成绩的一部分。

3. 重视现代化教学手段在物理实验中的应用

在实验教学中,除重视常规仪器和常规教学手段的应用外,还要力争将现代化教学手段应用于实验中。现代化教学手段包括电化教学、多媒体教学、仿真实验技术、计算机网络教学等。新课程标准在实施建议中指出,“多媒体计算机已经显示

出它在科学教育中的巨大发展潜力。在物理课的学习中,应根据实际内容的需要,选用多种类型的多媒体辅助教学软件,重视传统媒体和计算机多媒体的有效利用,充分发挥它们在物理教学中的功能。”

1) 利用实物投影仪或视频展示仪增强实验演示效果。教师可以将游标卡尺、螺旋测微器、电流表、电压表、多用电表等一切方便展示的实验仪器都拿到实物投影仪或视频展示台上进行演示、测量、读数、分析,利用实物投影仪或多媒体数字投影仪的放大作用,让全班同学都能够详细、全面地观察到教师的具体操作过程和读数方法,从而增强演示实验效果。

2) 利用电视、录像等手段扩大视觉范围,展现微观和宏观世界,充分激发学生学习的兴趣和探索问题的积极性。物理学中有许多抽象、微观的内容诸如大到天体的运动,小到分子的运动以及诸如此类的大量感性材料是无法向学生直接提供的。利用录像的技术处理(慢放播出、时间压缩、不受时间和空间的限制等)就可以弥补这些不足。

3) 利用计算机软件,形象模拟复杂过程、动态变化过程、慢速重复展示稍纵即逝的过程等帮助学生深入揭示事物本质。有些实验如粒子的散射实验、布朗运动实验、光电效应实验等,由于研究的是微观领域的规律、涉及微观粒子运动,无法进行演示实验,不能直接把微观粒子的运动情景展现出来,学生对实验现象、结论难以理解。有些实验如 LC 回路的电磁振荡实验、自感现象实验虽然能通过演示实验观察其现象,但无法看到这一现象产生的过程,学生难以理解这一现象产生的原因,难以掌握与之相关的物理量(如电场、磁场、电流强度)的变化规律。这时可用计算机有关图形动画软件制作模拟演示实验,将微观粒子的运动情景,各物理量的变化情况用图片或动画的形式显现出来,使学生目睹其微观过程,获得第一手感性认识材料,进而加深对实验现象、结论的理解。

4) 利用计算机辅助实验与仿真物理实验室加强物理实验教学。随着计算机在实验物理学各个领域中的应用的迅速发展,应用计算机的各种新的实验手段和方法大量涌现,将计算机引入教学实验可以补充传统实验内容,达到优化传统实验的目的。例如《声波、乐音和噪音》的教学,用传感器与计算机结合进行声波的演示,充分调动学生的感官。学生利用计算机的实时采集功能一起把每个同学的声音通过计算机屏幕显示出来,学生看到自己的声音图线随着自己声音的大小变化而变化,从而对声音有了更深刻的理解。通过对图线的分析使学生分辨出噪音和乐音的分别,也明白了自己声音的特点。最后把每个人的声音图线打印出来,留作资料。整个实验过程学生兴趣盎然,积极参与实验,既体现了以学生为主体、教师为主导的双主教学模式,又解决了实验教学的难点,对教学起到了促进作用。

4. 严把评价关

主要从实验内容完成情况、仪器使用规范情况、结合教学讲解情况、充当教师

角色情况、实验报告情况、自制教具情况、实验改进及实验问题处理情况等几个方面对学生的物理实验教学技能进行评价。

物理实验是中学物理教学的基础,通过实验教学帮助学生建立正确的物理概念,掌握物理规律。因此,我们要加强物理实验教学研究,以使学生不仅能通过实验掌握实验的有关知识和技能、获得学习的情感体验,认识和掌握物理科学方法、规律,同时还能培养学生良好的思维习惯,树立科学的世界观,养成实事求是的科学态度和勇于探索的科学精神,特别是能使他们在创新精神和实践能力方面得到发展和提高。

1.1.4 课程标准对物理实验能力的要求

高中学生应该在物理实验中达到如表1-2中所规定的要求。

表1-2 课程标准对科学探究及物理实验能力的基本要求

科学探究要素	对科学探究及物理实验能力的基本要求
提出问题	能发现与物理学有关的问题 从物理学的角度较明确地表述这些问题 认识发现问题和提出问题的意义
猜想与假设	对解决问题的方式和问题的答案提出假设 对物理实验结果进行预测 认识猜想与假设的重要性
制定计划与设计实验	知道实验目的和已有条件,制定实验方案 尝试选择实验方法及所需要的装置与器材 考虑实验的变量及其控制方法 认识制定计划的作用
进行实验与收集证据	用多种方式收集数据 按说明书进行实验操作,会使用基本的实验仪器 如实记录实验数据,知道重复收集实验数据的意义 具有安全操作意识 认识科学收集实验数据的重要性
分析与论证	对实验数据进行分析处理 尝试根据实验现象和数据得出结论 对实验结果进行解释和描述 认识在实验中进行分析论证是很重要的
评估	尝试分析假设与实验结果间的差异 注意探究活动中未解决的矛盾,发现新的问题 吸取经验教训,改进探究方案 认识评估的意义
交流与合作	能写出实验探究报告 在合作中注意既坚持原则又尊重他人 有合作精神 认识交流与合作的重要性

綜上看出,物理实验教学要想适应当前基础教育课程改革的新形势,就不能因循守旧,而要努力从提出问题、猜想与假设、制定计划与设计实验、进行实验与收集证据、分析与论证、评估、交流与合作等科学探究要素所包含的实验教学理念出发,按照其基本要求进行实验教学。当然,针对某一个具体的物理实验来说,并非都要根据表 1-2 中规定的科学探究 7 要素的具体要求按部就班地进行,而是要逐渐深入。目前,联系大多数中学物理实验教学实际情况,对某一实验来说,只要适当地重点涉及某些探究要素所对应的要求就可以了。否则实验教学又会走向死胡同,步入形式主义的泥潭。

1.2 物理实验在物理学发展与人才培养中的作用

物理学是一门以实验为基础的科学。物理学的实验基础、理论体系和研究方法是现代科学和技术的基础。物理实验对于培养学生的观察能力,思维分析能力,实验动手能力和归纳、应用、创造能力具有重要作用。

1.2.1 物理实验在物理学发展中的作用

从物理学发展的历史看,物理实验是物理学理论的基础,也是物理学发展的基本动力。物理实验在物理学发展中的作用主要表现在以下几个方面。

1. 发现新事物和探索新规律

在经典物理发展中,伽利略的斜面实验、胡克的弹性实验、玻意耳的空气压缩实验等都为经典力学提供了实验事实,并在这基础上建立了新规律。在电学方面,库仑定律、欧姆定律、法拉第电解定律和电磁感应定律等的建立,无一不是在大量的实验中探索出来的。在光学方面,光的干涉、衍射、偏振等现象也都是首先在实验中发现。在 19 世纪和 20 世纪之交,正当人们纷纷认为物理学已发展到顶点的时候,也正是 X 线、放射性和电子等的发现,打破了沉闷的空气,揭示了经典物理的不足,从而开拓了新的领域,诞生了现代物理学。这一切都说明了实验是物理学的基础。

2. 验证理论

理论是物理学的核心。理论是否正确必须经受实验的检验。实验是检验理论的重要手段。一次单独的实验可以推翻所有可能的论据,多次实验可以确证某一结论。例如,麦克斯韦的电磁场理论只有当他预言的电磁波被赫兹的实验证实后才真正成为电磁理论的基础;爱因斯坦的光电子假设直到 1916 年被密立根的严密的光电效应实验证实后,光的波粒二象性才为人们接受;德布罗意的物质波假说也是在发现电子衍射后得到肯定的。理论有一定的适用范围,这个范围往往也要由实验在检验理论的过程中确定。

理论和实验之间是相辅相成的辩证关系。没有实验,理论是空洞的;没有理论,实验是盲目的。

3. 测定常量

物理学中的常量有两类。一类是物质常量,如比热容、电阻率、折射率等,这些常量在一定条件下会随某一因素而改变。另一类是基本常量,它是物理学中的普适量。如真空中的光速、基本电荷、普朗克常量等。

在物理学中,大量的实验是围绕常量进行的,特别是基本常量的研究和确定,在物理学发展史上更占有极其重要的地位。例如,万有引力常量的数值,从牛顿发现万有引力定律以来一直是人们试图测准的对象。

常量之间的协调是检验物理理论的重要途径。基本物理常量的协调不仅是物理学也是科学技术的重大问题。因为每次协调都是在大量实验、在取得了众多新的研究成果的基础上做出的。例如,光速是现在已经测量比较准确的基本物理常量之一。1983年第17届国际计量大会决定以“真空中光在 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 的时间间隔内行程的长度”作为“米”的新定义,从根本上免去了长度单位的物质基准。

4. 推广应用

现代社会的许多技术,如蒸汽技术、电工和电子技术都离不开实验。各种发明创造,都是经过大量的实验研究才日臻完善的。光谱学、激光、核磁共振、穆斯堡尔谱学、超导器件等都凝聚了实验物理学家的心血。

总之,实验在物理学的发展中发挥了巨大的作用。特别需要指出的是,作为一年一度的物理科学的最高奖励——诺贝尔物理学奖从1901~1992年共有140位获奖者,其中由于实验而获奖的科学家就有103人,约占74%。正如张文裕先生所论述的:“科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,也是工程技术的基础。”丁肇中教授在1976年荣获诺贝尔物理学奖时所写的一封信中说:“事实上,自然科学理论不能离开实验的基础。特别,物理学是从实验中产生的。”

1.2.2 物理实验教学在人才培养中的作用

实验教学是物理教学的有机组成部分,无论从物理教学的目的任务,还是从物理学科特点以及学生的年龄特征等诸多方面考虑,实验教学在物理教学中都占据着极其重要的地位,对提高物理教学质量,培养创造性人才具有极其重要的作用。

1. 实验是培养创造性人才的必经之路

1940年,我国著名物理学家吴有训先生写了“理学院”一文阐述了他与叶企孙先生的教育思想:“有些欧美留学生返国开了一些高调而空虚的功课,如数学、物理学等由普通至最深的课程,无不应有尽有,要是专以课程的名称,互相比较,中国的大学程度,似较世界任何大学为高。教者只是糊涂地教,学者只是糊涂地听,均在似懂非懂的微妙境地。这种高调的课程,对具有谈玄传统习尚的中国人,非常适合

口味,结果学生对于实验常识,一无训练,每日谈自由研究实不知研究为何事……把科学的实验性完全忽略……抗战前 10 年至 15 年的时间,国内才有了真正的科学工作。理学院的训练力戒高调与空虚之弊。一方面对于课程不尚高深和数量,唯着重于基本的学程,力求切实与彻底。基本原理和事实的了解,问题的解决,为施教重要的部分。另一方面,充实必需的仪器与图书,使教学的设备,足敷应用。因必须仪器的充实,重要的实验,均可举行,实验科学的意义,学生得以了解……此外对于实验的技术,手眼的训练,特加留意。如木工、金工及吹玻璃等,表面看来,似极琐屑,其实实验工作之能否成功,有时全在这些工作之是否精巧。国内科学不发达的最大表现,便是学生手眼之未受训……”由此可见,正是他们重视物理实验的教育思想造就了王淦昌、钱伟长、李政道、杨振宁、钱三强等一大批著名的科学家。

2. 实验教学能创设学习物理的情境,激发学生学习物理的兴趣与求知欲望

重视创设学习物理的情境是新课程的基本理念之一,“激发学习兴趣”是中学物理教学目的任务之一,实验教学是创设学习物理的情境与“激发学习兴趣”的最有效方法。因为物理实验真实、形象、生动,对中学生有很强的吸引力,极易唤起他们的直觉兴趣。例如,“煮金鱼”、“猎猴”等实验出乎学生意料的结果,可使学生的注意力高度集中,并唤起他们的好奇心,激发他们的求知欲望。另一方面,由于实验是一种有目的性的操作行为,所以,学生在观察的基础上,很自然地会产生一种自己操作的欲望。如果教师善于观察学生的表现并因势利导,容易使学生的好奇心、直接兴趣逐渐转化为探求科学知识的持久兴趣和饱满热情。

3. 实验教学是发展学生探究能力的重要途径

实验是手、脑并用的实践活动。在实验过程中,通过富有启发性的问题,或者用能有效地激发起问题的事物或现象,驱动学生积极、主动地进行观察和操作等收集事实证据的活动、提出和求证假说以及做出解释等积极构建知识的活动;通过评估、交流甚至辩论,使学生得以评判自己和他人的解释,不仅能扩展自己对知识的理解,而且提高质疑、推理和批判性地思考科学现象的能力。通过真正地“做”科学,学生既学到知识、技能,又掌握更深入地运用和探究那些知识所必需的思维方法,使探究能力得以提高,同时形成正确的对待科学问题的态度。

综上所述,实验教学在中学物理教学中占有相当重要的地位,不能仅仅把它理解为直观教学的一种手段,正如课程标准所说,“实验是物理课程改革的重要环节,是落实物理课程目标、全面提高学生科学素养的重要途径,也是物理课程改革的重要资源”。

1.2.3 物理实验教学的基本形式

中学物理实验教学的基本形式有演示实验、学生分组实验、边教边实验以及课外实验与制作。