

高等师范院校教材



物理实验教学研究



主 编：王海红
副主编：薛泽利 王金艳



哈尔滨地图出版社

高等师范院校教材

物理实验教学研究

WULI SHIYAN JIAOXUE YANJIU

主 编 王海红

副主编 薛泽利 王金艳

哈尔滨地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理实验教学研究/王海红著. 哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2008.5
ISBN 978-7-80717-906-1

I. 物… II. 王… III. 物理课—实验—教学研究—师范大学—教材 IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 106126 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮编:150086)

哈尔滨天兴速达印务有限责任公司印刷

开本:850 mm × 1 168 mm 1/32 印张:8.375 字数:210 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-80717-906-1

印数:1~100 定价:28.00 元

前 言

为了适应教学改革的需要,推进素质教育发展,根据高等师范学校教学论系列课程教学大纲的要求,我们编写了《物理实验教学研究》一书。

本书分为三编:一、物理实验教学的基本问题。概述物理实验教学的地位作用、目的任务、类型及教学要求,中学物理实验常识,观察实验能力的规范和培养。二、物理实验教学研究的理论与实践。概述物理教学实验研究的指导思想,创造思维方法,探讨自制教具的心理基础。三、物理实验教学专题研究与技能训练。选取14项专题进行中学物理实验研究和实验教学技能训练。

本书是长期从事教学论和物理实验教学的教师丰富教学经验的总结,是集思广益的结果。同时作为中央教育科研所创新教育研究子课题的阶段成果,先期奉献给读者。本书的编写以“针对性,实用性,先进性”为指导思想,其特点是:

(1)精选实验教学的基本理论,注意理论体系的完善,突出观察实验能力的培养,具有很强的实用性。

(2)理论与实践紧密联系,研究方法与大量研究范例有机结合,易于理解,易于操作。

(3)阐明自制教具的对培养实践能力和创造力的作用,为把自制教具正式纳入物理教学作了基础性工作。

(4)把创造思维方法运用于物理教学实验的研究,使实验研究的思路更清晰,方向更明确,降低了实验教学研究的难度。

(5)为指导学生课前预习和课后复习,使之尽快进入教师角色和研究角色,在每个实验专题中编有“预习要求”和“思考题”。

本书可作为高师院校、教育学院教材,也可作为中学教师“继续教育”教材和中学物理教学参考用书。

参加编写人员有:黑龙江农垦职业学院王海红(第一章、第二章、第三章、第四章、实验一、实验二、实验十一、实验十二、实验十四)、佳木斯大学理学院薛泽利(实验三、实验四、实验五、实验六、实验七、实验八、实验九、实验十、实验十三)、哈尔滨师范大学阿城学院王金艳(第五章、第六章、第七章)。全书由王海红统稿。

编写中,我们参阅了国内有关书刊文献,受益匪浅,在此谨向这些作者一并表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中疏漏错误在所难免,恳请读者不吝斧正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第一编 物理实验教学的基本问题

第一章 中学物理教学必须以实验为基础·····	3
第一节 实验在物理教学中的地位·····	4
第二节 实验在物理教学中的作用·····	6
第三节 中学物理教学为什么必须以实验为基础 ·····	12
第四节 物理教学中怎样做到以实验为基础 ·····	15
第二章 中学物理实验的基本知识 ·····	19
第一节 怎样认识物理实验仪器 ·····	19
第二节 物理实验的操作规范 ·····	25
第三节 误差理论在物理实验教学中的运用 ·····	28
第三章 物理教学实验的类型、特点和教学要求·····	33
第一节 中学物理教学实验的类型、特点和作用·····	33
第二节 各类实验的教学要求 ·····	36
第三节 物理实验的考核 ·····	48
第四章 物理教学中实验能力的培养 ·····	53
第一节 观察的作用与品质 ·····	54
第二节 物理教学中对学生观察能力的培养·····	59
第三节 物理实验能力 ·····	62
第四节 实验素养 ·····	67

第五节 物理教学中切实培养学生的实验能力	69
----------------------------	----

第二编 物理实验教学研究的理论与实践

第五章 中学物理实验教学研究概述	79
第一节 中学物理实验教学研究的指导思想	79
第二节 物理实验教学研究的思想方法及要注意的问题 ..	84
第三节 中学物理疑难实验研究举例	92
第六章 物理实验教学研究中的创造思维方法	103
第一节 缺点列举法	104
第二节 逆向法	107
第三节 强化法	111
第四节 模拟法	114
第五节 组合法	117
第六节 替代法	120
第七节 比较法	124
第七章 实验设计与自制教具、学具	127
第一节 实验设计的目的和原则	127
第二节 自制教具和学具的意义及要求	131
第三节 教具、学具制作的创造心理学基础	134

第三编 物理实验教学专题研究与技能训练

实验一 浮力实验的研究	145
实验二 运动学和动力学实验研究	150
实验三 碰撞实验研究	165
实验四 用冲击摆测弹丸的速度	174
实验五 机械能守恒实验研究	180

实验六	晶体的熔解和凝固	185
实验七	演示电表的使用训练	191
实验八	伏安法测电阻实验研究	199
实验九	静电实验综合研究	205
实验十	电磁学实验综合研究	217
实验十一	阴极射线和吸收光谱研究	224
实验十二	光学演示实验综合研究	234
实验十三	幻灯和投影技术训练	247
实验十四	凸透镜成像实验研究	253
参考文献		260

第一编

物理实验教学的基本问题

第一章 中学物理教学必须以实验为基础

物理学是研究物质运动普遍规律和物质基本结构的科学。物理学的发展以及物理学自身的研究特点都决定了它是一门以实验为基础的学科,即强调观察,强调研究事物本质和规律的实践活动。实验是科学认识的基础,是判断认识是否具有真理性的标准,是理论与实践相互作用的表现形式之一。物理实验可以纯化、简化或强化和再现物理学研究的对象,延缓和加速自然过程,为理论概括准备充分的、可靠的客观依据;物理实验也可以超越现实生产所及的范围,缩短人们的认识周期。因此,物理实验是物理学理论的直接基础。现代物理学的发展用已经确定的理论来指导实验,以探索新的领域,就显得特别重要了。

近年来,我国曾向美国等一些科技较发达的国家选送一部分优秀的物理专业本科生、硕士生或访问学者,去攻读学位或作学术交流。这些学生或专家到国外后,导师与同行们普遍反映:中国学生或学者是具有令人叹服的演绎推理能力、解题思维能力和精湛的语言表达能力。但一进入实验室,往往会显得动手操作能力和创造性思维能力远不如其他国家的研究生或学者。著名学者丁肇中教授在这方面也曾深有感慨:“我是受传统教育长大的。到美国进大学念物理的时候,起先以为只要‘用功’,什么都遵照老师的指导,就可以一帆风顺了,但是事实并不这样。一开始做研究便马上发现了不能光靠老师,需要自己做主张、出主意。当时因为事

先没有准备,不知吃了多少苦。最使我彷徨恐慌的,是当时的唯一办法——以埋头读书应付一切,对于实际的需要毫无帮助。”

上述状况折射出我国传统物理教学中的薄弱环节:较注重对学生演绎推理和解题分析能力的培养,而忽视对学生独立工作能力,尤其是物理实验操作能力、实验思想方法以及创造性思维诸方面能力的培养。这一局面的形成除了物理实验物质条件不充裕外,对物理实验重要性缺乏应有的认识恐怕是更为主要的原因。

中学物理实验是物理教学中极为重要的组成部分。只有把物理实验操作与理论讲授相结合,才有利于每一位中学生深入理解物理概念与原理;也只有通过自己动手操作,仔细观察实验现象,独立思考实验结论,进一步提出大胆设想,形成的概念才是生动的,学得的知识才是一辈子也不会忘记的。

当前,我们的教育改革已深入到将应试教育转向素质教育轨道的阶段。教育界和社会各界对新世纪中学生素质教育提出了很高的要求,要求广大中学生学会求知,学会做人,学会生存,学会发展,学会审美,学会合作,其核心乃是新时期的创新精神。而学生具有良好的实验素质是其中很重要的一环。要使学生养成一种“对客观世界怀疑求真”的态度,通过实践来发现事物的真相,以体会两千年前《大学》中所述的“格物致知”的真正意义,这种寻求真理的最佳途径就是对事物的客观探索,而探索的过程不是消极的袖手旁观,而是有想象力、有计划的、充满创造力的探索。这种实验素质将成为中国文化的一部分。

第一节 实验在物理教学中的地位

物理实验及其教学是物理课程和物理教学的一个重要的组成部分。它既是物理教学的重要基础,又是物理教学的重要内容、方法和手段。它在物理教学中的地位主要表现在四个方面。

一、实验是物理教学的重要基础

实验是物理学的基础。在物理教学中运用实验的目的主要在于给学生学习物理创造一个良好的环境,使学生能主动地获取物理知识和发展能力,促进学生科学品质和世界观的形成;同时,通过学生的观察实验,使学生掌握实验的基础知识和基本方法,培养他们的实验技能和能力。中学物理教学必须以实验为基础,这是由实验本身的特点及其在物理教学中的作用所决定的。

二、实验是物理教学的重要内容

把物理实验作为物理教学的重要内容可以从三方面来认识。

1. 物理实验本身就是物理学的不可分割的重要内容

物理学的任何一部分内容(包括物理量、定律、理论)的结论及其发展都可以分解为三种因素:实验(事实)、物理思想(逻辑、方法论等)和数学(表述形式或计量公式)。可见,实验内容本身就是教师要教、学生应该学的重要内容。

2. 实验教学是物理教学的重要组成部分

实验是物理概念、规律教学中必不可少的基础。离开了实验的物理教学只能是“空中楼阁”,即使照本宣读在黑板上做实验,也不过是“纸上谈兵”,而且会把本来生动的,丰富的物理知识变成一堆枯燥难懂的材料,不利于激发学生的学习兴趣、调动学习的积极性。

3. 实验是培养学生实验能力(特别是操作能力)的保证

在教师的演示、示范和学生自己的动手操作中,学生可以学到实验的基本知识、基本技术和基本方法,可以发展能力,培养良好的实验素质。这是实验任务,也是教学的任务。由此可见,不做实验的物理教学是没有完成教学任务的教学,不做实验的教师是不负责任的教师,不具备实验条件的学校是不合格的学校。

三、实验是物理教学的重要方法

1. 实验是物理学研究的重要方法

实验(研究)方法是人们根据研究的具体目的,利用一定仪器设备,人为地制造、控制或模拟自然现象,使某些现象反复再现以便让人们反复进行观察研究的一种方法。

实验方法的优点是能将复杂的条件进行简化和纯化,借助仪器设备,突出研究对象的主要因素,排除次要的非本质因素,创造一个恰当的实验环境,使需要认识的某种性质或关系以比较纯粹的形态表现出来,以便人们能比较容易、比较精确地发现规律。

2. 实验是教师教物理、学生学物理的重要方法

通过观察与实验,使学生知道科学家探索发现物理规律的过程,培养和提高学生的观察能力和逻辑思维能力,培养学生的实验动手能力和创造能力,帮助学生掌握科学的学习方法。要做到这一切,离开了实验,不让学生亲自动手实践是不可能的。要让学生像物理学家那样去探索物理世界的秘密,就应该让学生像物理学家那样,主要靠观察、实验和思考去探索、去学习,把实验当作物理教学的一种重要方法。

四、实验是物理教学的重要手段

好的教学方法需要通过适当的教学手段才能发挥它应有的作用。实验直观具体、形象主动;实验教学从感性到理性、从具体到抽象、从简单到复杂适合学生的身心特点,符合学生的认知规律。实践证明,在教学中运用实验手段,能取得很好的教学效果。实验是物理学中必不可少的重要手段。

第二节 实验在物理教学中的作用

实验在物理教学中的地位 and 实验本身的特点,决定了它在物

理教学中能起重要的作用。

一、培养学生的兴趣和激发学生的求知欲

实验对培养学生学习物理的兴趣很重要,主要有两个原因。

1. 实验具有真实直观、形象和生动的特点,易激起学生兴趣

对于中学生(特别是初中学生),物理实验有很强的吸引力,极易唤起他们的直接兴趣。中学生天生好奇、好动,让他们观察生动有趣的实验,他们的注意力会高度集中。新奇的实验常常出乎他们意料之外,使他们兴趣盎然。

2. 实验是一种有目的性的操作行为

学生观察实验,自然也会产生动手的欲望。设法让学生多动手做实验(边学边实验、分组实验、课外实验),不仅可以满足学生操作的愿望,更重要的是可以让学生不断体会和尝到“发现”和“克服困难解决问题获得成功”后的喜悦,从而提高兴趣、增强信心、增强学习的欲望,进而转化为一种热爱科学的素质和志向。

“兴趣是最好的老师。”只有有了学习的兴趣,才谈得上学习的积极性、主动性和创造性。

正因为上述两个原因,所以教师不仅需要自己多做实验,而且要设法让学生多做实验;不仅要注意选择能说明教学中需要说明问题的实验,而且要尽可能使所选的实验能激发学生的兴趣。

二、创设学生有效掌握知识的学习环境

我们知道,许多物理概念和规律都是从大量的具体事例中抽象出来的。在教学中,必须重视感性认识。使学生通过对物理现象、过程的观察获得必要的感性认识,是形成概念、掌握规律的基础。这种感性认识可以来源于学生的生活,也可以来源于实验提供的物理事实。从生活中得到的感性材料通常来自复杂的运动形态,本质的、非本质的因素通常交融在一起,仅仅通过这种途径来使学生建立概念、认识规律有时会遇到很大的困难。而实验则可

● 物理实验教学研究

以提供精心选择的、经过简化和纯化了的感性材料,它能使学生对物理事实获得明确、具体的认识。

与生活实例相比,实验有下面一些特点。

1. 实验具有典型性

实验能创造一个确实排除了干扰的环境。它对产生各种现象的条件进行了严格、精密的控制,排除了次要因素的影响,突出了现象的本质和规律。

2. 实验具有重复性

实验能在相同的条件下进行多次的反复以供学生反复观察。

3. 实验具有趣味性

实验能充分运用学生的各种感官,激发学生的学习兴趣,让学生在心情舒畅的状态下自觉主动地学习。

4. 实验具有定性和定量研究的全面性

实验不仅能观察现象的全过程,进行定性研究,还能测量有关数据,计算各量之间的数值关系,进行定量研究。

“我听了,忘记了;我看了,记住了;我做了,理解了。”这是对实验与掌握知识的关系的通俗概括。因此,让学生进入实验环境,在教师的引导下,通过观察、实验、操作、游戏等亲身实践体验,主动地探索新知识,获取新知识,是使学生牢固地掌握知识的有效途径;同时,也是教师突破教学重点难点,完成教学任务,提高教学质量的重要保证。

三、训练学生的科学方法

实验能够创造最确实、最少受干扰,并保证过程以其纯粹形态进行的物理环境。它创造了理论密切联系实际的学习过程。在这个过程中蕴藏着极其活泼的因素。它不仅能活化学生学到的物理知识,而且能引导学生像科学家那样去观察周围的事物,用实验手

段去验证事物的属性,发现事物的变化、联系和规律,让学生从中学习科学的研究方法,掌握科学的学习方法。

实验是对学生进行创造意识训练和科学方法训练的有效途径。而实验本身就是一种基本的科学(研究)方法。一般来说,物理实验的基本方法有四类,学生通过物理实验,能使这些科学方法得到训练。

1. 实验归纳法

这是一种由个别到一般的研究方法。也就是根据研究目的人为地控制条件,从大量的实验现象中寻找其普遍特征,进而概括出规律的方法。例如,伽利略 18 岁时在教堂烛架摆动的启发下,研究了单摆运动,归纳概括出了单摆运动的等时性。就是采用了这样的方法。

实验归纳法的特点是:实验在前,结论在后;实验就是探索规律的主要手段。这种实验常称为探索性实验。这是中学物理教学中最常用的实验方法。

2. 实验验证法

这是一种推理、判断在前,实验验证在后的研究方法。也就是在已知的物理理论和实践的基础上,或是在出现了与已知理论根本冲突的物理事实时,经过推理作出假设和预言,并通过实验来检验其真理性,最后肯定或否定论断,从而得出可靠的结论。例如,麦克斯韦在总结了从库仑、安培到法拉第等人的电磁学说全部成就的基础上,提出了“涡旋电场”和“位移电流”的假设,并由此预言了电磁波的存在。1887~1889 年,赫兹的振荡器实验证实了电磁波的存在,并证明了电磁波和光波的共同性质,把光波和电磁波统一起来。从此,麦克斯韦的电磁学说便成了电磁理论的基石。

实验验证法往往与想象、推理、判断等思维形式结合在一起构成所谓“演绎”的科学方法,它是人的认识能力的创造性表现,这种能力能促使科学家超前于实验而推动科学的发展。在这里,物