

全国中小学教师继续教育
专业必修课教材

ZHONGXUE

WULI SHIYANJIAOXUE YU

教育部师范教育司组织编写

ZIZHIJIAOJU

中学物理实验教学 与自制教具



► 上海教育出版社

ZHONGXUE

WULI SHIYANJIAOXUE YU

ZIZHICAOJU

中学物理实验教学

与自制教具



责任编辑 屠又新
装帧设计 张国梁

全国中小学教师继续教育专业必修课教材

中学物理实验教学与自制教具

教育部师范教育司组织编写

上海世纪出版集团 出版

上海教育出版社

(上海永福路 123 号)

(邮政编码: 200031)

上海新华书店发行 上海书刊印刷有限公司印刷

开本 850×1156 1/32 印张 12 字数 281,000

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-5,100 本

ISBN 7-5320-7058-1/C·7214 定价: 15.50 元

前 言

全面推进素质教育,是当前我国现代化建设的一项紧迫任务,是我国教育事业的一场深刻变革,是教育思想和人材培养模式的重大进步。实施面向 21 世纪中小学教师继续教育工程,提高教师的素质,是全面推进素质教育的根本措施。

实施中小学教师继续教育,课程教材建设是关键。当务之急是设计一系列适合中小学各学科教师继续教育急需的示范性课程,编写一批基础性教材。

我司根据教育部《中小学教师继续教育课程教材建设方案》的统一规划,参考《中小学教师继续教育课程开发指南》,以中学物理教师继续教育课程教材建设引路,在调查研究和总结经验的基础上,首先设计急需的示范性课程,编制课程标准,经专家审定后,作为编写教材的依据。我们在设计示范性课程及课程标准时,遵循了以下原则:1. 从教师可持续发展和终生学习的战略高度,在课程体系中,加强反映现代科学技术的发展和应用的课程,加强中学物理专题研究的课程。2. 把教育理论和教师教育实践经验的总结与教育实践活动的改进密切结合。用现代教育观念和理论方法,优秀课堂教学范例,从理论和实践的结合上,总结教学经验,提高教师教学能力,推动教育改革,落实素质教育。3. 适应教师培训模式改革的需要,有利于培养教师的创造精神和主观能动性。4. 注意有效、有限、有别和有序。有效,即实效性。有限,即适量性。有别,即层次性。有序,即科学合理的系统性。兼顾整体性与个体性,科学性、先进性与针对性相统一,灵活性与统一性相结合。

根据专家审定的中学物理教师继续教育示范性课程和课程标准,编写9种基础性教材:《初中物理专题分析》、《高中物理专题分析》、《初中物理课堂教学设计》、《高中物理课堂教学设计》、《中学物理与现代科技》、《物理学发展中的创新思维选例》、《中学物理实验教学与自制教具》、《中学教师物理教育研究方法》、《中学活动课指导》。这些教材从今年秋季开始陆续出版。中小学教师继续教育语文、数学,中学教师继续教育英语、化学、生物,小学教师继续教育自然、社会等7个学科2种~3种急需的示范性课程以及课程标准的设计已经启动,相应的教材将于明年底出版。同时我们还从全国推荐的中小学教师继续教育教材中,组织专家评审筛选一批优秀教材和教学参考书。上述这些教材和新编的基础性教材将向全国教师进修院校、教师培训基地、中小学教师推荐,供开设中小学教师继续教育相关课程时选用。根据继续教育的需要,我们还将继续设计开发新的课程和教材。

中小学教师继续教育教材建设是一项系统的工程,尚处在起步阶段,缺乏足够的经验,肯定存在许多问题。各地在使用教材过程中有什么问题和意见,请及时告诉我们,以便改进工作,把课程教材建设提高到一个新水平。

教育部师范教育司

1999年6月24日

主 编 刘炳升 冯容士
审 稿 梁竹健 刘济昌
编 委 彭前程 杨 帆
作 者 (以姓氏笔画为序)

冯容士 刘炳升 李俊伦 李春宓
岳燕宁 陶 洪

目 录

第一章 物理实验与科学素质教育	1
第一节 学生实验能力测试引起的思考.....	1
第二节 物理实验与科学素质教育.....	5
第三节 实验是物理教学不可分割的重要组成部分	15
第二章 物理实验方法	19
第一节 中学物理常用实验方法	19
第二节 误差理论的应用	27
第三节 图像法的应用	41
第三章 开发物理实验的教学功能	52
第一节 挖掘兴趣因素 激发学习动机	53
第二节 提高感知效果 培养观察能力	66
第三节 突出本质因素 建立科学图景	84
第四节 联系生活实际 向相关学科渗透.....	105
第五节 加强小实验 增加学生动手动脑的机会.....	127
第六节 加强探索性实验 培养创造能力	148
第四章 改进教学仪器和自制教具的创新方法	179
第一节 缺点列举技法.....	180
第二节 希望点和需求点列举技法.....	198
第三节 联想和移植创造法.....	228
第四节 替代法和模拟法.....	238
第五节 组合技法.....	252
第六节 强化技法与挖掘潜力法.....	261

第七节 逆向技法	282
第八节 灵活应用各种技法	288
第五章 中学物理创新性实验专题研究	303
第一节 电火花描述仪及其力学实验示例	303
第二节 静电实验的研究	316
第三节 黑箱探索实验	329
第四节 频闪照相技术在物理教学中的应用	340
第五节 计算机在物理实验中的应用	347
参考书目	372

第 1

章

物理实验与科学素质教育

物理学是以实验为基础的科学,物理教学必须以实验为基础。在我国历来的中学物理教学大纲中,都十分强调这一观点。随着教学改革的发展,实验教学得到逐步加强,但是总体来说,在中学物理教学中,实验仍是薄弱的环节,它极大地影响着物理教学质量的提高,与时代发展对人才的要求很不适应。虽然原因是多方面的,但教师的教育观和实验教学素质是一个重要的原因。因此,对教师而言,有必要改变教育观念,从更深的层次认识物理实验教学的意义。

第一节

学生实验能力测试 引起的思考

一、实验能力测试的情况

为了了解中学生实践素养和能力的现状,作者曾对一些高中

学生进行了观察和操作的测试,如下是其中的几个题目及测试的情况:

[题1] 1. 请你尽快把一支钢笔拆散,直拆到各部分为单一的零件为止。2. 请你再把拆散的各部分零件组装成一支完整的钢笔。(该题在第1小题完成后提出)

这两道小题主要考核学生操作素养和动手能力。作为一个现代社会生活的公民和劳动者,类似的工作经常会遇到,这种技能恐怕是最基本的了。测试的结果是:能够拆散到单一元件的占总测试者的85%,能够组装起来的占70%,但能够组装成一支可用的钢笔的只有50%,而能够有序拆卸、排放的组装的只占总测试者的37%。这种测试结果并不是个别的现象,在日常生活中,可能会遇到各种故障,如收录机的调谐指示针偏了,自行车的车铃锈死了等等,绝大多数的人,要么是不敢去拆,要么是拆的时候没有一种再组装起来的意识和素养。

[题2] 将桌上已经拆散的电源插座组装起来,该插座上有1只开关,1只氖泡指示灯,2对两脚插孔和1组三脚插孔。

该题要求考核学生理论指导下的操作能力。测试的结果是:电源火线和开关位置安装不正确的人数占被测试者总数的59%,指示灯安装不正确的占71%,还有10%的人多下若干元件无法安装起来。总计有85%的接线板不能使用。

为了分析学生具有的知识和实际操作能力的区别,针对该题拟了一道笔试题,测试的结果是:电源和开关位置画正确的占80%,指示灯位置画正确的占71%,可见笔试与操作之间的成绩差异是相当大的。

[题3] 如何用一个广口水槽、直尺估测出一支圆柱形蜡烛的密度?先画出方案示意图,再进行实验。

这道题主要考核学生的实践意识和多向思维的品质。

学生在3分钟内就画出了方案草图,几乎全部为一种理想模式,如图1-1.1所示,但实验时没有一个学生能够使蜡烛自由地竖立漂浮在水中,因此也就无法测出结果。其实,解决这一难题的途径也是多条的,我们无法使蜡烛竖直自由漂浮,但是,可以外加一个扶持的作用,例如,

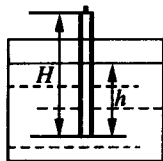


图 1-1.1

用笔杆挡住它,不使其倒下。当然,从理想的情况来看,它是一种干扰,使竖直方向出现了摩擦力,但由于蜡烛在接近竖直状态时,蜡烛与笔杆之间的压力很小,这种摩擦力完全可以忽略不计。这种近似的方法,在解决实际问题时是经常被采用的。除此方法外,我们还可以用力矩平衡的方法,如图1-1.2所示,手提蜡烛引线使其处于倾斜的平衡状态,以手提点为转轴,建立平衡方程

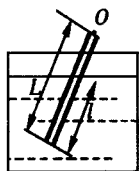


图 1-1.2

$$Q(L - \frac{l}{2}) = \frac{GL}{2}.$$

式中, Q 为蜡烛受到的浮力, G 为重力, L 为蜡烛的全长, l 为蜡烛浸入水中的长度。将浮力和重力的表达式代入,经整理后可得

$$\rho = \frac{l(2L - l)}{L^2} \rho_{\text{水}}.$$

问题同样可以迎刃而解。

二、十省市中学生物理实验能力调查简况

1991年至1993年国家教委教学仪器研究所组织了对北京、辽宁、河北、山东、江苏等十大省市中小学生实验能力的调查,调查是在科学的设计、严密的组织和充分准备的条件下进行的。全国测试的结果是:中学生物理实验平均成绩在及格线下,折合成百分制,高中学生物理实验平均成绩为55.9分,初中学生物理实验平

均成绩为 58.2 分(未作城乡学生数不等的加权平均)。现将初中物理实验考核的情况介绍如下:

对一个考点的初中学生共使用三套试题,每套试题均有三分之一的学生做实验。这里将第二套试题的内容作一简介:

A 题:“长度和容积的测量”。共 10 个得分点:①用刻度尺和三角板测小瓶最大外径;②用刻度尺和三角板测小瓶最小外径;③读出外径值;④记录正确;⑤会用替代法测瓶深;⑥操作正确;⑦读数记录正确;⑧用水测容积;⑨会读刻度值;⑩平视读数并记录。

B 题:用杠杆、钩码测铁块质量,得分点为:①会列表;②数据单位正确;③会固定杠杆;④会调平螺母;⑤挂重物,调平衡;⑥读两力臂;⑦另重复测量 2 次;⑧计算;⑨求平均值;⑩仪器归整。

C 题:简单照明电器操作。得分点为:①会装保险丝;②固定好保险丝;③会用测电笔(闭合开关);④会用测电笔判断(断开开关);⑤装灯头;⑥会打结;⑦接插头;⑧选灯泡;⑨检查螺口;⑩是否带电。

对于第二套试题,A 题的平均得分是 5.16 分(满分 10 分,下同),B 题 6.17 分,C 题 4.66 分。综合三套试题的情况可以看出:在基本仪器的使用方面,关键性的使用方法都在及格线以下,如测力计和直流电压表的零点调整,电表的量程选择,电表的读数方法,电路接通前的点接检查问题,滑动变阻器滑动端位置及其调整方法,这些要求多数学生还没有掌握。在基本操作技能方面,如光具座上凸透镜成像的实验,反映基本操作的 8 个得分点都不及格,一些实验中要求列表记录的得分点也不及格。在解决实际问题能力方面,如,多数学生不会用测电笔,不会给灯头线打结,不会选用灯泡规格,不会检查螺口灯头处金属部分是否带电,在电源插头尚未接到市电插座的情况下,一些学生操作中吓得发抖。多数学生灵活运用知识的实践能力很差。在实验习惯方面,多数学生实验

前不知道观察用电器上的标志,实验记录不写单位等,说明没有形成良好的实验习惯。

三、调查结果引起的思考

为什么学生的观察和实验能力比较差?为什么学生在解决实际问题中,几乎完全不考虑实际的可能性,以及解决问题的思路如此狭窄?它值得每一个物理教师认真思考。作者认为,这与学生认知和能力结构的“畸形”有关,而这种“畸形”又与我们物理教学模式的缺陷是分不开的。因为一个人的认知和能力结构不是先天形成的,与他参与的活动密切相关。在我们的物理教学中,普遍存在这样一种模式——“教师的理论讲授+学生做大量的笔头练习”,观察和实验是极其薄弱的环节。之所以形成这种单一的教学模式,核心的问题是教育思想。重理论知识的灌输,轻实验能力的培养;强调学科知识的系统性,忽视科技意识的培养;习惯于死背原理公式,不讲究学习方法;实验“照方抓药”,理论不联系实际等等,都反映指导思想存在问题。如果这种状况不加以改变,必将影响学生素质的发展和民族科学素质的提高。

第二节 物理实验与科学 素质教育

一、物理实验与学生科学兴趣的培养

对一个人来说,中小学阶段是科学启蒙的重要阶段。在这一阶段中,形成学生热爱科学的情感和志趣,不仅将极大地调动学生学习的内部动机,而且将为他们今后投身科学事业奠定坚实的基础,因此,培养学生的科学兴趣具有十分重要的意义。在物理教学

中,实验是激发学生科学兴趣不可替代的重要途径。

1. 实验具有生动、形象的特点,有利于激发学生的好奇心和求知欲。举一个很简单的例子,在初中学过速度的概念之后,教师常给学生做练习,一般的题目多是已知路程、时间求速度,或是已知路程、速度求时间等。学生往往就代公式,兴趣不大。如果让一辆玩具坦克和一辆玩具小汽车沿直线运动,请学生设法比较它们的快慢。问题一经提出,学生就跃跃欲试,提出各种方案。有的用定时测距的方法,有的用定距测时的方法,有的分别测出一定的距离和相应的时间,计算出各自的速度再加以比较,课堂的气氛十分活跃。

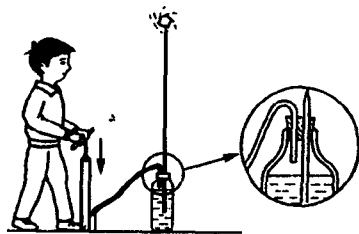


图 1-2.1

又如,我们做如图 1-2.1 所示的水顶球的实验,乒乓球在水束的上方旋转,可以上升到 2 米以上的高度而不掉下来。我们把这个实验演示给幼稚园的娃娃和成年人看,他们对这种现象都十分感兴趣,很难有其他手段(包括电视录像和计算机等)所能替代。

现在许多教师都在讨论以学生为主体,要做到这一点从本质上来说,应当把学生的求知欲望激发出来。从人类对自然的探索过程中,我们可以得到一些启示。当人类文明处于低级阶段时,人们对自然的探索出于恐惧心,因此,人与自然的关系为对立的状态。随着科学技术的发展和社会文明程度的提高,好奇心成了科学工作者对自然探索的重要动机之一,人与自然的关系即转变为和谐的关系。同样,在物理学习中,一味地用考试的方法和分数奖惩的手段,使学生与物理学习处于对立状态,其结果难于形成持久的

学习动机,喜爱物理学的人越来越少。这对科学教育工作者来说,不能不说是一件悲哀的事情。由实验的新奇现象激发学生强烈的好奇心,首先形成直接兴趣和求知欲,虽然这种兴趣还处于一种较低层次的水平,但是它是学生启蒙阶段最积极和活跃的一种兴趣,它对发展学生的学习兴趣和形成持久的学习动机有不可忽视的作用。许多科学家和发明家在对人类做出重大贡献后,都没有忘记是童年时代的奇妙实验将他们带入探索科学的征程。

2. 实验是一种有目的的、操作性很强的实践探索活动,既能满足学生的操作欲望,又能培养学生的探索兴趣。实验的一个重要特点是“动手操作,动眼观察,动脑思考”。实验活动中的信息流程如图 1-2.2 所示:

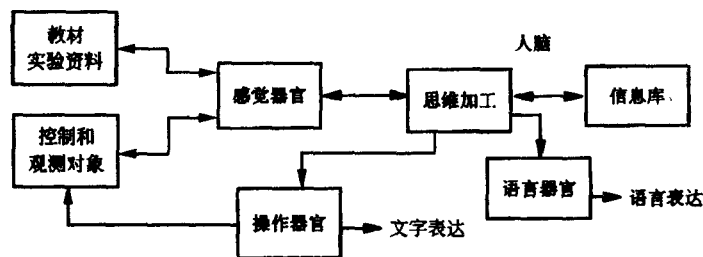


图 1-2.2

从这个流程可以看出,在实验的活动中,为了达到探索的目的,需要将观察、思维和操作紧密结合起来,它既可以满足学生的操作欲望,但又不是单调的机械动作,因此可以将学生操作的兴趣转化为探索的兴趣,从而形成稳定的学习动机和认知兴趣。

3. 实验活动形式多样,能为学生提供全面而又有利于发展个性特长的条件。在物理教学中,我们可以看到一种普遍存在的现象,学生学习的动机很不平衡,成绩中等和较差的学生中,不想学

习的很多,而且形成了一种恶性循环,学生学习物理的兴趣随着年级的升高呈现递减的状态。加强实验教学是改变这种状况的重要措施。由于物理实验活动极其丰富多采,类型和层次千差万别,能满足各种不同学生的需要,有利于发展学生的个性特长,使不同的学生都有可能得到成功的满足,从而树立起自信心。

我们曾经在一所初中组织了一个物理实验兴趣小组,吸收了一些成绩比较差的学生。有一个学生的物理成绩一直处于 40 分上下的水平,他几乎丧失了学习的信心。参加兴趣小组后,他和其他小组成员一起参观了南京师大趣味物理实验陈列室。他们在实验室中兴趣盎然地做各种实验,回家以后以极大的热情制作了多种教具和玩具,有可乐瓶制作的浮沉子,有说明大气压强的“魔瓶”,有应用杠杆原理的蜡烛跷跷板等。做好以后,首先在一个班里做了表演,边讲边演,效果很好。同年级的其他班级也纷纷请他们表演。他们的学习兴趣越来越浓。在参观之后,这位同学很想做一个“会翻跟头的魔丸”(如图 1-2.3 所示),别人是用塑料胶卷盒、乒乓球和小钢球制作的,他在家一时找不到这些材料,于是

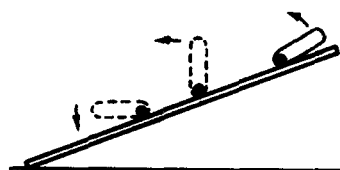


图 1-2.3

他到处观察和寻找代用品。偶然间他发现了装药粉的小胶囊,又找到了自行车轮轴中的小弹子,组装以后在倾斜的书本上翻起了跟头,此时他的喜悦是难以形容的。第二天,他就拿出了自己做的小玩艺儿,

许多同学围在他的周围,观看他的表演,并争着试一试。没想到小胶囊被争着试的同伴捏扁了。为了防止捏扁,他请老师给了他一支玻璃试管,把这个“魔丸”放到试管内,但又没有想到此时小胶囊不再翻跟头了,而是沿管壁滑下。于是他又想办法,在试管内壁贴

了一条黑布胶带,增大了胶囊与接触面间的摩擦,一个会翻跟头的“魔丸”终于成功了。这位同学在老师的帮助下,物理成绩很快上升到 80 多分。他说,现在他对物理最感兴趣。在这个过程中,他所得到的收益,不能仅用分数的上升来表达。在实验过程中形成的兴趣和自信心,对一个人的发展来说,是极其可贵的。从这个普通学生的变化,我们可以得到很多启示。现在有一些学校以应试为唯一目标,过早地把许多学生排斥在发展的道路之外,可能扼杀了一些人才。我们的学校教育不应是选拔适合教育的学生,而是要创造适合每个学生的教育;应当选择那些能使形成稳定品质的教育内容和教学模式,以适应社会的发展需要。

二、物理实验与实践意识的培养

在人的科学素质结构中,科学思想、科学作风、科学的价值观是十分重要的部分。它体现为一种完善的人格,其重要的思想支柱是辩证唯物主义观点。因此形成辩证唯物主义观点是物理教育的一个重要目标。实践的观点和意识是辩证唯物主义观的重要部分。因为实验是一种有目的、可控制的理论联系实际的学习活动,在这种活动中,学生能够有效地体验理论和实践的关系,所以它是培养学生实践意识的不可缺少的重要途径。

1. 实验中信息的获得必须通过学生自己的观察

实验活动的一个显著特点是必须通过亲自观察来获取信息,而且实践中的信息又极其丰富多采,因此非常有利于培养学生的实践意识。例如,将下列问题以实物的形式展示给学生:水槽中有一枚硬币,用一只玻璃杯倒过来罩在硬币上(如图 1-2.4 所示)。

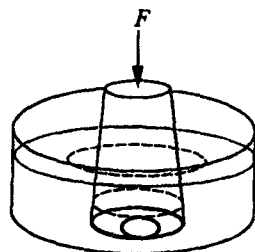


图 1-2.4