

物理实验教具提高中小学生学习科学素养的实践路径研究

王欣^{1,2*} 楚晓云³ 董陈岗^{1,2} 王志全^{1,2} 薛攀攀^{1,2}

1. 物理与电气工程学院 渭南师范学院, 中国·陕西 渭南 714099

2. X射线成像与检测陕西省高校工程研究中心, 中国·陕西 渭南 714099

3. 物理教研组 高塘初级中学, 中国·陕西 渭南 714103

摘要: 针对中小学现有物理实验教具数量有限、适配性差、探究过程断裂以及教师创意受限等影响学生科学素养发展的现状, 提出从科学素养内涵出发, “高校—教研机构—中小学”三方协同驱动的实施策略: 高校依托学科专业资源优势拓展物理实验教具源头供给; 教研机构依据课程标准和学情分析进行精准适配开发应用; 中小学基于科学探究活动保障学生的有效学习。并形成吸纳教师智慧的课堂反馈机制, 实现教具的迭代优化。实践表明, 该模式能有效提升学生的科学探究兴趣与能力, 转变教师教学行为, 形成系列规范化教具资源, 为通过物理实验教具提升中小学生学习科学素养提供了切实可行的实践路径。

关键词: 物理; 实验教具; 科学素养; 中小学生学习; 三方协同; 实践路径

Research on the Practical Path of Improving Primary and Secondary School Students' Scientific Literacy through Physics Experiment Teaching Aids

Wang Xin^{1,2*}, Chu Xiaoyun³, Dong Chengang^{1,2}, Wang Zhiquan^{1,2}, Xue Panpan^{1,2}

1. School of Physics and Electrical Engineering, Weinan Normal University, China Shaanxi Weinan 714099

2. Engineering Research Center of X-ray Imaging and Detection, University of Shaanxi Province, China Shaanxi Weinan 714099

3. Physics Teaching and Research Group, Gaotang Junior High School, China Shaanxi Weinan 714103

Abstract: In view of the current situation where primary and secondary schools face limited physical experiment teaching aids, poor adaptability, disconnected inquiry processes, and constrained teacher creativity, which affect the development of students' scientific literacy, this paper proposes an implementation strategy driven by the collaborative efforts of "universities-research institutions-primary and secondary schools" based on the connotation of scientific literacy. Universities leverage their disciplinary and professional resource advantages to expand the supply of physical experiment teaching aids; research institutions conduct precise adaptation, development, and application based on curriculum standards and student analysis; and primary and secondary schools ensure effective learning for students through scientific inquiry activities. A classroom feedback mechanism that incorporates teachers' wisdom is formed to achieve iterative optimization of teaching aids. Practice has shown that this model can effectively enhance students' interest and ability in scientific inquiry, transform teachers' teaching behaviors, form a series of standardized teaching aid resources, and provide a practical path for enhancing the scientific literacy of primary and secondary school students through physical experiment teaching aids.

Keywords: Physics; Experimental teaching aids; Scientific literacy; Primary and secondary school students; Tripartite collaboration; Practical path

1 科学素养导向下中小学物理实验教学的理念审视

1.1 科学素养核心要义的深度解读

科学素养是综合性的概念, 它涵盖的是对科学现象的认知理解、科学方法的运用、科学态度的养成及科学精神的培育等多方面的内涵, 而不仅仅是记住物理公式那么简单。对中小学生学习而言, 拥有良好的科学素养, 就是能够从生活中的科学现象产生好奇心, 并对未知问题大胆地提出

猜想, 然后在实践中努力去验证自己的想法, 进而谨慎地做出结论来。物理是一门实验性很强的科目, 是培养学生这些能力的最佳平台。用实验教具培养学生的科学素养, 就是希望每个孩子都能像探索者一样去思考。这种素养需要在一次次的亲手操作、试错纠偏中慢慢积淀, 最终内化为学生看待世界的方式。

1.2 实验教具承载科学素养的内在机理

实验教具作为理论与现象之间的纽带, 是学生认识物

理世界的媒介。设计精良的教具不仅仅是展示物理原理,更重要的是启发学生思维,激发学生的兴趣,在操作杠杆天平的过程中不只是在套用公式,而是在反复调整中感悟平衡的条件。这样的体会不是讲解能获得,而是在亲手操作中体悟,实验教具把科学知识的教授和科学方法的训练融为一体,学生因此亲历了完整的科学探究的过程。教具的设计理念、结构方式、操作难度,直接影响着学生科学素养培育的深度与广度。

1.3 直观性探究性趣味性的有机统一

好的物理实验教具应该具有直观性、探究性和趣味性:直观性是指教具能清晰地呈现物理现象,让学生不用复杂的推理就能抓住规律;探究性指教具应具有开放性,能让学生从不同的角度去尝试,在失败的过程中找到真理;趣味性是指教具能够引起学生的兴趣,让他们有兴趣动手去做,并从中体验到成功的喜悦。这三项特点互相依托、浑然一体:直观性为探究展开铺路搭桥,探究性为趣味延续提供源头活水,趣味性则是学生主动探究的动力之源。三项合为一体,这个实验教具才真正成为提升科学素养的助推器。

2 中小学物理实验教学痛点分析与科学素养培育困境

2.1 实验教具不足对科学素养的制约

许多中小学物理实验教具的数量和品种十分匮乏,影响了中小学生学习科学素养的培养。有些学校的教具陈旧,难以适应现代教学的需求;有些学校采购了整套设备,由于维修费用高、使用繁琐而闲置。教具短缺导致探究性实验往往以教师演示为主,或者局限于教材和视频资料中,学生被动地接受结论,失去了动手实践、建构知识的机会。久而久之,学生对物理的认识局限于抽象公式与机械记忆,难以理解科学探究本质,科学态度和科学精神无法形成,知识传递渠道受阻,学生与科学世界之间的对话通道也就被切断了^[1]。

2.2 教具不匹配对探究学习的阻碍

目前市面上很多中小学实验室中的物理实验教具虽然看起来很全面,但实际的设计严重偏离了中小学生的探索式学习方式。一些现成的实验教具过于综合化,把一个复杂的物理过程变成一个简单的封闭式操作,学生虽然得到了结果,但是并没有看到其中的过程关系,失去了让中小学生学习从控制变量中寻找规律、在误差分析中思考测量方法的机会^[2]。还有些实验教具尺寸固定、结构封闭,无法满足让中小学生学习从不同角度进入问题、尝试多种探究路径的

要求。这种设计与中小学生学习认知规律和探究需求的不适配,使得实验教学异化为机械验证,中小学生学习无从经历科学探究中的猜想、试错与修正,科学素养培育的关键目标因此落空。

2.3 教具缺失导致科学探究过程断裂

没有合适的实验教具,不仅仅是缺乏一个道具,而且是缺少了应有的一个环节。如果教师在面对一个实验找不到合适教具的时候放弃了这个实验,那么失去的不仅是一个实践的机会,而且失去了从观察现象得到感性认识,到分析现象找到主要问题,再到设计实验验证自己猜想,最后内化为自己知识经验的完整过程。以上这个链条上的每一个环节都很重要,缺少哪一个环节,都将造成认知建构的困难。而实验教具正是构成这个链条的重要载体。没有合适的实验教具,现象无法呈现,问题无法聚焦,猜想无法验证,反思缺乏依据。科学探究过程因此断裂,中小学生的科学素养培育也就失去了依托。

2.4 教师创意受困于教具限制的现实困境

很多一线物理教师并非没有教学创意,在教学中也知道自己应该做哪些实验才能引起学生的兴趣。但是有教师想要让学生自己探究影响摩擦力的因素,结果发现自己的实验教具根本无法实现对接触面粗糙程度的控制;有的教师想做探究光的反射规律的教学活动,却发现实验室仅有定值角展示设备^[3]。创意与现实的落差不断消耗教师的热情,也成为阻碍学生科学素养培养的绊脚石。

3 三方协同驱动下中小学物理实验教学科学素养提高的实践路径

3.1 高校发挥理论优势拓展实验教具源头供给

高校是三方协同中的理论引领与源头创新的核心担当。针对中小学物理教学普遍面临实验教具匮乏的现实困境,高校科研人员基于对物理学前沿领域的深耕及对物理概念的深刻把握,能够从更高站位为实验教具的开发注入科学性与思想性。在实验教具的设计之初,大学教师承担着从概念性的物理学理论向具体的技术应用转化的任务,并在模型制作过程中留下可供探索的空间,如制作物理电磁学教学模型时思考中小学生学习怎样才能看到电流的磁效应并能自行研究电流大小对磁场强弱的影响。更重要的是,高校团队从科学素养培育的高度来审视实验教具的价值取向,保证实验教具在教授中小学生学习知识的同时训练中小学生的思维方法、培养中小学生的科学精神。这样的设计来源于一种理论上的高度,并非单纯的娱乐工具,它使得实验教具的种类及形式更加丰富,也为后期的教学实践使用

打下了良好的基础,在源头上减少了对实验教具数量的需求压力。

3.2 教研机构立足课标学情实现精准适配转化

作为三方协同中的关键环节,教研部门是高校实验教具原型走向一线教师手中可使用教学工具的重要一环。针对目前实验教具与实际探究需求不相匹配的问题,基于教研人员对于课程标准的理解及不同年龄阶段中小学生的认识水平、实践操作能力的了解,他们会对高校实验教具原型进行适合课标和学情的再加工。其中难点包括如何将实验教具中的科学道理讲清楚;如何将实验教具的操作难度降低到中小学生的接受能力范围内;如何把实验教具展示的方式方法与教学内容相协调。因此,教研部门采用专题讨论会的形式进行试教、邀请教师现场观摩、参与设计的方式,反复打磨后从大学学术语言转化为课堂语言,把复杂的原型简化为安全直观的操作办法。经过专业的转化,原本留在实验室里的实验教具进入了真实的课堂当中,实验教具与需求之间的匹配度问题得到了较好的解决,为培养中小学生的科学素养提供了有力支撑。

3.3 中小学课堂支撑科学探究完整过程

实验教具缺失导致科学探究过程断裂的困境,要求必须将课堂实践置于协同机制的核心位置。经过教研机构优化适配后的实验教具,最终要投入中小学课堂这一培育科学素养的主阵地接受检验。此时的实验教具不再是静态的展品,而是引发师生互动、生生互动的媒介,是学生经历完整科学探究过程的载体。学生分组操作实验教具,观察现象变化,记录实验数据,围绕观察到的现象展开热烈讨论^[4]。最后,在关键处及时地加以点拨,启发学生大胆猜测并试着用不同的实验教具操作方法进行验证,观现象—提问题—做验证—反思结论这样的探究过程真正地发生着。课中的实践既检验了实验教具的效果,也真正落实了科学探究的每个环节,让中小学生科学素养的培养有章可循。

3.4 课堂反馈吸纳教师智慧驱动迭代优化

在教学中收集到的信息会不断被整理反馈,让一线教师的智慧不断纳入实验教具的迭代优化。教师认真倾听学生的困惑,在实践中收集的问题再反馈到教研组以及高校的研究团队手中,教研团队根据反馈信息对实验教具的使用范围和复杂度进行调整,高校团队从研发角度分析不足之处,并加以修正。以学生反馈旋钮不灵敏为例,该反馈可直接引起传动结构的设计变更,更改后的实验教具再次进入课堂接受考验,新的体验带来新的反馈。如此循环往

复,那些曾经无处安放的教学创意,如今通过这一渠道转化为实验教具优化的实际动力,使创意受困的困境得到有效缓解。

4 中小学物理实验教学科学素养提高成效评估与成果产出

4.1 学生科学素养发展的多维度观察

经过三方协同机制共同研制出来的实验教具,在课堂教学中经常使用,中小学生的科学素养发展得到了明显的提高。在思维层面,学生对于没有接触过的现象不盲目等待老师的答案,而是利用自己的已知去猜测结果,他们敢于质疑和提问的精神愈来愈强了。在实践层面,学生由开始的简单模仿逐渐发展为自行调试实验教具、控制变量、记录数据,动手能力和实验设计能力齐头并进,观察能力和操作规范性日趋完善。在认知层面,学生会自觉思考操作过程与结果的关系,在证据的基础上得出初步结论并与其他同学的观点相互碰撞,对自己的观点进行修正;更有学生将这种探究的习惯迁移到生活中,对生活中的物理现象保持着敏感与好奇,科学的态度与精神得到了滋养^[5]。这样的综合素养提升也证明了高质量实验教具支持下的科学探究过程是完整而有效的。

4.2 教师教学行为转变的实践观察

实验教具革新最终要落实到教师教学行为上来,对教师变化的观察也是成效评估的重要组成部分。有了优质教具作为支撑,教师的教学设计更为自信从容,不再因教具的限制而舍弃精彩的探究环节,能够围绕教具设计富有层次的教学活动;在课堂中,教师角色从知识传授者转变为探究引导者,花更多时间倾听学生想法,适时提出启发性问题,鼓励学生交流碰撞。课后反思中,教师更多关注学生在探究过程中的表现,思考如何优化教学支持。这种教学行为的转变一旦形成,就会产生持久影响力,即使面对不同教学内容,教师也能保持探究导向的教学风格,持续促进学生科学素养发展。

4.3 三方协同机制的系统化成果产出

从理念指导到问题发现、合作研制、课堂教学再到再次反馈的全过程,三方协同模式下产生系列可推广的合作实践路径成果,在实验教具方面,经过大学原理研制、教研融合改进、课堂反复验证后,得到原理明确、使用得当、安全可靠、标准化的实验教具,并提供图纸资料以及教学案例,形成区域内共享经验。从模式的角度上来看,在长期的合作过程中所形成的沟通方式、责任划分以及反馈渠道都应当成为能够进行推广的运行模式。在学术层面,高

校学者、教研员与一线教师从多元视角系统记录探索历程,产出研究报告与论文,为同行贡献可资借鉴的智慧财富。

5 结语

“高校—教研机构—中小学”三方协同模式构成了理论指导、科学匹配、实践验证、总结完善的工作链环,较好地解决了现有实验教具数量有限、适配性差、过程断裂等问题。这一实践路径的优势是,把实验教具的研制纳入科学素养培养的整体逻辑中,让它真正成为触发探究、承载思维、完整经历科学过程的载体。实践表明,该协同模式可充分整合各方面的力量,实现教师创意落地、学生科学素养内化提升,进而推动了物理实验课程建设与发展。

参考文献:

[1] 翁瑞昕. 自制教具在中学物理教学中的应用现状调查及改进研究[D]. 宁夏师范学院, 2022.

[2] 黄佳雯. 利用自制实验仪器落实物理核心素养——以实验探究“牛顿第三定律”为例[J]. 中学理科园地, 2024,20(03):82-83+86.

[3] 邓善红. 初中物理实验教学与自制教具的开发和实

践研究[J]. 华夏教师, 2023,(36):82-84.

[4] 管兴禹. 浅谈实验教具在中学物理实验教学中的应用[J]. 学周刊, 2024,(15):88-90.

[5] 张凯. 运用自制实验教具培养中学生科学态度与责任素养的研究[D]. 内蒙古师范大学, 2023.

基金项目: 陕西省教育科学规划专项课题: 物理实验教具提高中小学生科学素养的实践路径研究(SWNZ2518); 陕西省科学技术厅自然科学基金研究计划项目: 石墨烯和碳纳米管填充铜基热管理材料微观传热性能研究(2024JC-YBQN-0045); 渭南师范学院科学研究计划人才项目: 界面设计增强CNT填充铜基热管理材料微观传热性能研究(2022RC09); 渭南师范学院区域协同创新计划项目: 高性能电子散热的铜石墨烯热管理材料研究(2025QY-CY-ZH02)。

作者简介: * 通讯作者: 王欣(1988-), 男, 汉族, 陕西渭南人, 博士, 讲师, 研究方向: 基础物理教育, 微纳尺度传热。