

文章编号:1005-4642(2022)06-0054-08



国内外物理实验教学的现状分析与展望

李春密¹, 顾江鸿², 张 霄³

(1. 北京师范大学 物理学系, 北京 100875;

2. 阜阳师范大学 物理与电子工程学院, 安徽 阜阳 236037;

3. 教育科学出版社, 北京 100101)

摘要:实验教学作为物理教学的必备内容,对培养学生的核心素养至关重要. 本文与国际上实验教学的相关研究进行对标,梳理了近年来我国实验教学在实验教育目标、科学探究深度、实验教学策略、实验教学评价、实验教学资源、教师专业发展等方面的发展现状. 展望未来,实验教学应进一步强化育人功能,通过构建科学合理的评价体系来促进学生实验能力的发展.

关键词:实验教学;教育目标;教学策略;教学评价;教学资源;教师专业发展

中图分类号:G633.7

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2022.06.010

第八次课程改革实施以来,特别是在落实以培养学生核心素养为育人目标的过程中,实验教学逐渐发展成为孕育学生创新能力发展、核心素养提升、终身学习能力养成的重要土壤. 为充分发挥实验教学功能,我国陆续出台了一系列重要举措来加强实验教学工作.

2019年11月教育部发布的《教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见》^[1]指出:实验教学是国家课程方案和课程标准规定的重要教学内容,是培养创新人才的重要途径,并针对实验教学条件的保障给出具体实施意见.《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》中明确规定,学校要根据学生人数按国家标准建设足够的专用实验室,配齐配足实验器材;要根据国家有关规定,按标准配齐物理教学所需设施设备,在条件允许的情况下改进和提高物理实验器材的配备标准^[2]. 与此同时,《初中物理教学装备配置标准(JY/T 0619-2019)》《普通高中物理教学装备配置标准》(进行中)的修订实施,也将有助于加强实验室的硬件配置与建设,解决现存物理实验教学中开不足、开不齐、开不好的现实问题.

纵观近年来我国物理实验教学的发展,同时

与国际上其他国家实验教学的发展进行对标,可进一步明晰我国物理实验教学发展的现状.

1 聚焦实验教育目标

从十九世纪自然科学作为课程在中小学开设以来,实验就成为科学课程的特色. 有观点认为科学课上做实验是理所当然的事情,例如J. Solomon认为实验和科学课堂的关系就像厨具和厨房、农具和农田的关系,是密不可分、理所当然的. 也有人用口号式语言说明实验的重要性,例如科学教育界长期流传的“I hear, and I forget. I see, and I remember. I do, and I understand”“Hands on, minds on”. 更多的人通过实验所体现出的教育目标来说明其重要性.

1999年英国国王大学的J. Swain等人^[3]在借鉴了英国科学教育家J. K. Kerr成果的基础上使用了20项实验教学目标来调查科学教师对实验教育目标的理解,这20项实验目标分别是:创新性活动、使现象更真实、有利于记忆事实和规律、训练发现问题和寻找解决问题的方法、表明科学在工业上的应用、促进逻辑推理方法、促进细致的观察和描述、发现事实得出原理、理解和操作仪

收稿日期:2022-04-25

基金项目:安徽省精品线下开放课程“中学物理实验教学论”(No. 2019kfk089)

作者简介:李春密(1966—),男,河北迁安人,北京师范大学物理学系教授,博士,主要从事物理课程与教学论研究. E-mail:licm@bnu.edu.cn

器、帮助理解理论知识、培养自信、唤起并保持学习兴趣、促进交流能力、促进合作能力、树立正确的学习态度、训练操作技能、证实所学的科学事实和科学理论、形成质疑的态度、获得操作经验、为操作考试做准备. 在此基础上,有4项研究对实验教育目标进行了归类,使其在教学中的操作性更强.

美国国家研究理事会于2006年提出7类分类法(把科学推理与科学本质合二为一)^[4],以色列魏兹曼科学研究所 A. Hofstein 于2007年提出5类分类法^[5],加拿大多伦多大学 D. Hodson 于2014年提出5类分类法^[6],A. Hofstein 于2017年提出实验教学独有的新5类分类法^[7],具体见表1,表中“√”表示分类中所包含的内容.

表1 4种实验教育目标分类统计表

内容	研究组织及研究人员			
	美国国家研究理事会(2006)	A. Hofstein (2007)	D. Hodson (2014)	A. Hofstein (2017)
使科学现象更真实				√
鼓励细致的观察和描述				√
增强对所学知识的理解	√	√	√	
增强科学观念				√
理解并使用科学方法			√	
训练实验技能	√		√	
利用数据开展论证的实践技能和问题解决能力(过程性知识)		√		
理解科学探究和科学推理的方法,理解科学的本质	√	√		√
理解科学运行和科学家工作的知识	√	√		
激发兴趣和学习动机	√	√	√	√
培养如开放、客观和质疑的科学态度			√	
培养团队合作能力	√			

于我国而言,加强实验、重视学生的实践活动,始终是重要的教育课题. 物理实验之所以在中学物理教学中占据重要地位,不仅是因为它能帮助学生掌握最基本仪器的使用方法,更重要的是能在物理实验中培养学生分析问题和解决问题的能力. 在《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》中,物理核心素养被凝练为物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任4个方面,并具体体现在物质观念、运动与相互作用观念、能量观念,模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新,问题、证据、解释、交流,科学本质、科学态度、社会责任等要素上. 虽然在课程标准中未对实验教学目标进行明确规定,但是物理实验作为物理学科的重要内容和方法,物理核心素养每个方面的要求都应在实验教学中逐一落实,因此,

实验教育的目标应指向学生核心素养的发展,与上述国外实验教育目标进行对比,我国将实验教育融入到物理教学中,所体现出的教学目标与国外基本一致.

2 加强科学探究深度

习近平总书记多次强调,课程教材要发挥培根铸魂、启智增慧的作用. 物理教科书作为最直接的课程资源,在培养学生核心素养方面具有重要作用. 教材的难易程度不仅决定着学生理解知识的程度,而且还关系到人才培养目标和民族的整体素质. 在2014年结题的全国教育科学规划领导小组办公室主持的“中小学理科教材国际比较研究”项目中,以中国、澳大利亚、日本、韩国、新加坡、德国、法国、俄罗斯、英国和美国10个国家

的主流理科教材为比较对象,对教材的难度进行了比较研究.就物理学科而言,初中和高中的比较文本分别选取了人民教育出版社出版的《义务教育课程标准实验教科书·物理》和《普通高中课程标准实验教科书·物理》.在实验维度上,我国初中和高中教材在广度和总深度上都排名第一,但是平均深度却都排名第 8,由此可以得出我国物理教科书的实验内容在初中^[8]和高中^[9]阶段都呈现出“广而浅”的特点.虽然在具体实验教学开展的过程中,各个国家对教材的依赖程度不同,但教材中的实验难易程度可作为反映我国学生实验水平的基本依据.

之所以我国教材在实验维度上呈现出平均深度低的结果,其主要原因是教材中实验的探究层次低,探究引导过于形式化,没有真正从提升学生能力的角度进行实验设计.探究实验作为科学探究的主要表现形式,在以培养学生核心素养为目标的新课程改革中,被重新定位.在《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》中,第一次明确提出了 21 个学生必做实验,作为实践体验性最强的物理学习方式,学生必做实验在新课改中被予以充分重视,通过全过程的探究体验,可以全方位地培养学生的科学探究能力;在这次课标修订中,演示实验也被确定为探究型实验,认为“演示实验是师生共同探究物理问题的学习方式,也是体验性较强的学习方式”.

依据新课标,在新教材的编写过程中,也着重体现了实验探究过程中学生的主体地位,确保学生能够得到“提出假设、设计实验方案、获取数据、分析数据、得出结论”等科学探究活动的机会^[10],提升探究的主动性与完整性,为核心素养的提升创造条件.对于一些需要通过实验来学习的内容,多数都在教材中安排为专门的“实验探究”,同时为了体现探究性,教科书只从思路上引导学生如何开展探究,而不给出具体的实验操作步骤,思路讨论清楚后,再给出 1~2 个参考案例,而不是固定的方案,以便充分体现探究思想^[11].2022 年 4 月 21 日,新发布的《义务教育物理课程标准(2022 年版)》将实验探究作为一级主题,更加突出了实验探究的地位和作用.

3 重视实验教学策略

从上世纪七八十年代开始,国际科学教育界

就开始围绕实验教学的效果展开讨论,该讨论一直延续到现在.不少实验教学效果的研究揭示出教师预设的实验教学目标与师生在实验教学上的行为结果不一致,有人甚至提出,实验教学只是学生“动手,而没有动脑”,实验操作只是“操作器材,而没有操作思维”.为了改善实验教学的效果,除了教师从实验教学目标的设计、实验活动主题的确定、实验教学资源的选择着手外,学生的主动参与、主动思考、自主决策也很重要,因此选择合适的教学策略对于改变学生在实验教学中的状态,提升实验教学效果尤为重要.

1992 年,R. T. White 和 R. F. Gunstone 提出“预测-观察-解释”(predict-observe-explain,简称 POE)策略,该策略是在“观察渗透理论”哲学观念和建构主义、前概念、概念转变等教育理论基础提出的新型演示策略,其流程为:在实验演示前,学生根据已有知识对实验现象进行预测;教师演示实验时,学生观察实验;然后学生对所观察到的现象进行解释. POE 策略能促进学生在实验活动中把自己脑海中的前概念与学习到的概念建立联系,使学生在实验中不仅“动手”,而且“动脑”.

1996 年,J. E. Penick 等人提出“提问”策略(questioning strategy).该策略把问题分为历史(history)、联系(relationship)、应用(application)、怀疑(speculation)、解释(explanation)等类型.通过提问帮助学生回忆已有经验,利用已有知识质疑自己学习的内容.“提问”是教师了解学生学习情况的常用教学手段,在实验教学中,利用“提问”策略提供的分类提问技巧将有助于促进学生的实验学习.

1999 年,C. W. Keys 提出启发式科学写作策略(science writing heuristic,简称 SWH),他在研究中发现学生在食谱式实验活动中只是操作器材,而没有思维活动,因此不能掌握操作背后的科学观念.他在建构主义学习理论上,提出了启发式科学写作策略.该教学策略能引导学生把实验活动中的思考和观察到的现象建立联系.

2020 年,Y. Muhamad^[12]研究表明搜索-解决-创新-展示策略(search-solve-create-share,简称 SSCS)能促进学生的反思能力和解决问题能力的提高. SSCS 是适合于开放性实验活动的教学策略,包括搜索、解决、创新、展示 4 个阶段.研究表明 SSCS 有利于学生明确自己在实验活动中

的任务,实验组学生的提问能力、探究设计能力、数据收集和分析能力均好于控制组学生. 其中搜索和创新环节可促进学生学习的主动性,在科技实践活动中更能发挥作用.

针对具体的教学内容,我国也发展研制出了相应的实验教学策略,用以帮助物理教师采取有效的措施促进学生“动手”与“动脑”相结合,从而

提高实验教学的效果.

1999年,陶洪提出了在物理规律教学中适用性较强的演示实验教学模式,如图1所示.在该模式中,实验操作产生的物理过程和现象被观察者感知,并得到一定的物理表象(感性认识),这些表象经初步的思维加工而得到观察结论(抽象的规定),经进一步思维之后得到实验结论^[13].

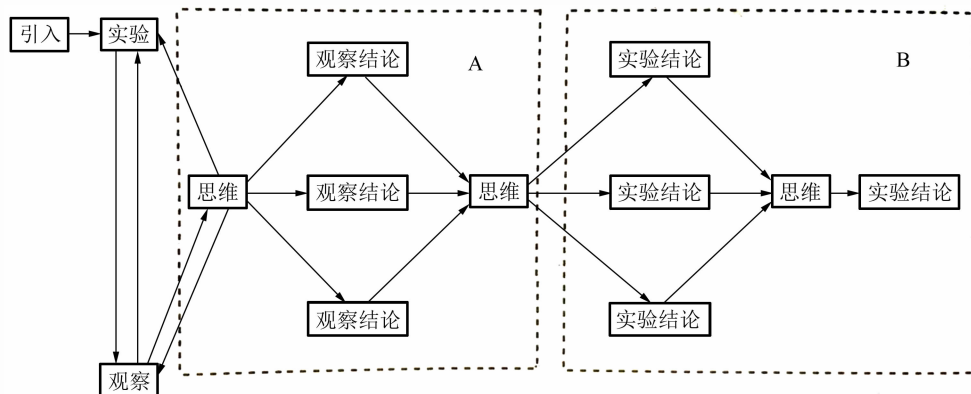


图 1 物理规律教学中的演示实验教学模式

2005年,张伟从课程资源开发与利用的角度,梳理了利用“非专门化物质手段”开展的实验活动中实验教学的历史与现状,提出了“非常规”物理实验的概念,并对这类实验的教育教学功能进行了深入的分析和概括,继而从物理学科培养和谐健康发展的人的目标出发,建立了“生态化物理教学”的理论模型,系统地探讨了相关的理论问题,并进行了实际教学案例分析^[14].

2007年,叶歆等人以物理探究演示实验为载体,建构了以学生为主体的物理探究演示实验教学策略,具体教学流程如图2所示.该教学策略通过整合科学探究的7个要素,将探究演示实验的操作程序分为5个阶段,每个阶段都设计了相应的教师活动、策略体系和学生活动,用以加强学生在演示实验教学中的主体性,为探究性教学的有效开展提供助力^[15].

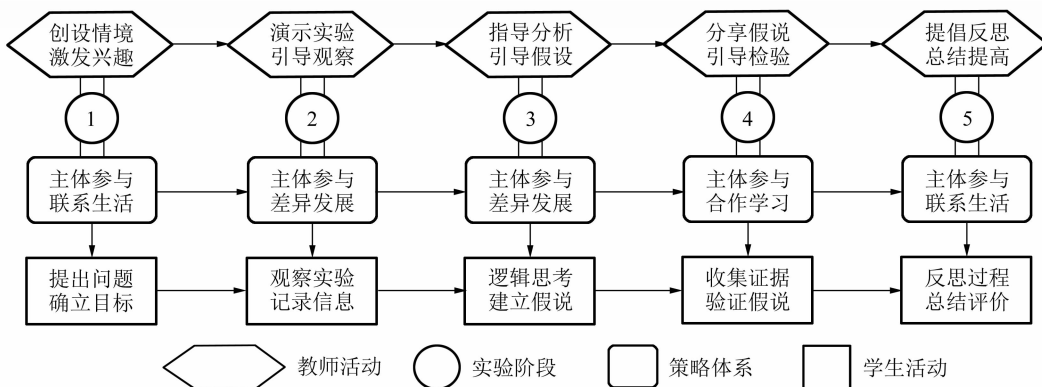


图 2 探究演示实验教学的操作程序

新课改中突出核心素养教育的教学设计是“思维型教学”,思维型教学的大致流程为:创设情境——提出问题——自主探究——总结反思——应用迁移.该流程的主要目标为:激发学

生的学习动机,引起学生的认知冲突,学生自主构建新的认知^[16].在实验教学中,该教学策略同样适用.

2019年,顾江鸿等人提出了演示实验探究化

的观点,给出了探究化演示实验的 7 个要素以及探究化演示实验的流程^[17],如图 3 所示.学生的日常经验、前概念和已有的科学概念与科学事实以及科学概念是学生从前概念到科学概念转变所经历的探究过程,在探究过程的两侧是交流,表示探究过程是在师生、生生、小组或全班充分交流的环境中进行的.

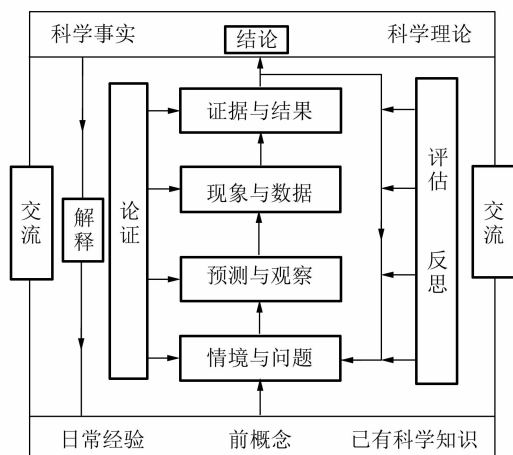


图 3 探究化演示实验要素结构图

2021 年,赵芸赫等人建构了基于开放性实验问题解决探究活动的设计及实践框架,提出了 4 类实验活动的问题解决模型,即观察型实验活动、验证型实验活动、应用型实验活动、独立实验问题解决活动.让学生在所创设的真实的、无标准答案的问题情境中进行科学实践,考查学生在活动中的能力变化,用以解决中学物理中科学实践方面存在的问题以提升学生的科学能力^[18].

4 多重实验教学评价

2015 年斯坦福大学 J. Osborne 从科学研究过程的角度分析了做科学(doing science)在科学研究和科学学习中的地位,提出了科学学习过程应包括做科学(doing science)、谈论科学(talking science)、写科学(writing science)、阅读科学(reading science)和展示科学(representing science)5 种形式^[19].做科学只是整个学习过程中的一种形式,只有正确对待做科学在科学教育实践活动中的地位,才能发挥实验教学的作用.以上所列的每一种学习形式,作为科学研究过程中的必要步骤,是需要学生通过科学教育才能习得的能力,进而也可作为评价学生科学研究水平的

指标体系.

我国在物理实验评价方面的分类繁多,既有结合心理学知识对物理实验能力进行界定继而展开的评价,例如将物理实验能力确定为实验观察能力、实验思维能力和实验操作能力,其中实验操作能力作为核心能力,包括深刻性、灵活性、敏捷性、批判性和独创性等品质^[20];又有以物理课程教学为依托,通过对实验过程中学生在课程目标各个维度上的表现进行评价,从过去的三维目标到如今的核心素养课程目标,均可借助实验教学评价来完成对课程目标的有效落实;还有以不同评价主体为切入点而展开的多角度实验评价,例如可分为个人自评、小组互评和教师评价等^[21],通过多角度评价对学生在实验过程中的表现给予真实全面的评价.

考试招生制度是教育评价体系的重要组成部分.高考上接高等教育,下连基础教育,是教育的关键环节,其考查内容对实验能力水平也有相应要求.《中国高考评价体系》^[22]在考查“关键能力”中提出了 3 方面的关键能力群,即知识获取能力群、实践操作能力群、思维认知能力群,其中实践操作能力主要包括:实验设计能力、数据处理能力、信息转化能力、动手操作能力、应用写作能力、语言表达能力等.由此可见,我国在培养学生的实验综合能力方面,对学生实验能力的要求和评价也具有综合性.在我国不少地区,实验考核已被列入结业考试和升学考试,例如上海地区从 2021 年开始将物理、化学实验操作得分(满分 15 分)正式计入中考招生总成绩,但现实却不尽如人意,由于实验考题的内容、评价的标准和方法都受到了限制,使得分数的高低难以切实反映学生真正的能力,学生只动手不动脑、只操作器材而没有提升能力的现象仍比比皆是.

5 丰富实验教学资源

教学资源是教育教学中不可缺少的物质手段,对实现教育目标、提高教学质量具有十分重要的作用.随着时代发展,实验教学既要加强仪器设备的配备、更新工作,又要积极拓宽资源渠道,开展自制教具的创新设计,从而让教学资源在中小学教育教学中发挥更大的作用.

纵观国际科学教育研究,信息技术在实验教学领域中的应用日益凸显,且主要包括以下 3 类:

1)用计算机辅助真实实验,典型工具有微型计算机实验室和数字信息系统实验室等. 2)为了开展虚拟实验而开发的工具,包括计算机仿真程序、模拟实验软件等. 3)基于网络和大数据,用于辅助教学的素材数据库、课堂管理系统或网络学习平台. 就物理学科而言,与传统实验相比,通过信息技术与实验教学相结合,可达到增强视觉效果、精确实验数据、优化实验方案、消除系统误差等目的. 信息技术的融合赋予了物理实验新的内涵,也扩展了物理实验的教学功能^[23].

在实际教学中,不少物理教师借助实验教学设备的更新换代来加强学生与时代间的关联. 例如,教师利用手机等通信设备上安装的测试软件和传感器软件(phyphox, 物理实验室 AR 等 APP)可随时、随处创造实验条件,同时也能实现数据测量与采集的一体化. 由此可见,实验室不再是实验教学的唯一场所,学生可拥有更广泛的空间进行自由探索,而教师的实验教学方式也变得更加灵活多变. 实验器材的变化一方面创新了教学的内容,另一方面也拓展了实验的外延. 正如 A. Hofstein^[24]认为的那样,实验教学的外延在拓展,而拓展则体现在操作对象、学习空间和学习时间上,其中操作对象由实物拓展到了“实物+虚拟+数据”,学习空间由实验室拓展到了“室内+室外+校外”,学习时间则由课内拓展到了“课内+课外”.

利用随手可得的生活物品进行物理实验教学,不仅是我国中学物理教学的优良传统,也是国际物理教育中的普遍做法. 长期以来,自制教具因其简便性、针对性和良好的演示效果得到了广大物理教师的认可和推广. 在新时代,涌现了一批利用信息技术制作、支持探究性教学的新教具,这充分体现了物理教师的创新精神和创新能力,这些教具对成品教具进行了有益的补充,更在加强和改进实验教学、提高教学质量方面发挥了重要作用. 在探究实践活动中,师生共同研制自制教具已屡见不鲜,这不仅有利于学生对知识的理解和能力的训练,同时也强化了学生的创新意识、安全意识、环保意识等.

6 促进教师专业发展

联合国教科文组织在《教育——财富蕴藏其中》中明确表示,各国政府应重新确立教师师资的

重要性并提高他们的资格,提高教师的质量和数量应是所有国家优先考虑的问题^[25]. 在2006年美国发布的《美国竞争力计划》中指出,美国未来10年用于数学、物理等基础学科的教育和研究的财政预算翻倍,同时增加培养了约7万名高中教师(包括3万名数学、物理和科学学科的教师),以鼓励更多美国青少年学习STEM领域的基础知识^[26].

我国于2007年决定在教育部直属师范大学实行师范生免费教育政策,旨在通过直属师范大学的试点积累经验,建立制度,为培养造就大批优秀教师和教育家奠定基础. 但是在师范生培养之初,不可避免地存在着一些现实问题. 在师范院校的课程设置中,那些与教学技能联系紧密的教育学、心理学、教学法及其教育实习的课程门类少、学分少、学时短. 就物理学科而言,实验技能中所包括的进行演示实验、组织和指导学生实验、操作实验仪器设备等传统的实验技能在实际教学中的需求程度都比较高,但师范生的培养课程却不能完全满足教学技能的培养要求,从而成为培养师范生教育教学能力的短板^[27]. 经过十几年对师范生的观察,师范院校在对师范生的培养态度上变得更加“务实”,除了重视教育见习、实习与研习对师范生的影响之外,还开设了一系列与其未来教育工作密切相关的教育类课程. 以北京师范大学物理学系为例,为师范生开设了“物理优秀教学案例研讨”“教育观摩与研讨”“教育实践与提升”“实验技能训练”等一系列专业课程,旨在从课程内容上加强与师范生未来教育工作的联系,进一步培育师范生的教育专业素养.

2021年4月,教育部办公厅印发了《中学教育专业师范生教师职业能力标准(试行)》等5个文件,其目的在于进一步加强师范类专业建设,建立师范生教育教学能力考核制度,推动教师教育院校将国家中小学教师资格考试标准和大纲融入到日常教学、学业考试和相关培训中,提高师范类专业人才培养质量,即从源头上提升教师队伍教书育人的能力水平.

随着以培养核心素养为目标的新课标颁布实施,课程理念上带来的变革将从根本上实现我国基础教育育人方式和模式的转型. 在这一过渡期内,对教师的专业能力再次提出了新的挑战. 2022年4月,《新时代基础教育强师计划》的颁布

更是在教师能力素质、教师教育体系、教师队伍建设等方面提出了具有时代特征的新要求。在新时代背景下,每一位物理教师要从培养学生核心素养的角度出发,重新认识物理教学和实验教学的价值,更新教学观念、优化教学设计、组织教学活动,激发探索创新型教学模式的活力,从而促进自身的专业发展。

7 实验教学展望

虽然近年来实验教学工作取得了可见的进展,学生的实验水平也有了整体提升,但不可否认的是个别地区、学校对于实验室的硬件配置与建设的重视程度仍然不足,实验条件与教学需求不匹配依然是亟待解决的问题。开齐、开足、开好国家课程标准规定的实验,改善农村地区、贫困地区以及薄弱学校的实验教学条件,改变因缺少器材影响实验教学的现状,仍然是实验教学领域需要攻坚的问题。

在确保物理实验教学所需的物质资源逐步到位的同时,如何才能切实提高学生的实验水平?长期以来,实验教学虽一直被反复提及,但是迫于传统应试教育的影响,实验的功能并未在学生身上真正得以体现,实验课程流于形式的现象也时有发生。在以培养学生核心素养为目标的新课程改革中,实验教学再次被委以重任,这就要求学校和教师重新认识实验教学的育人功能,并予以实际重视,从而切实保障实验课程的有效开展。

学生实验能力的培养不是一蹴而就的,同样对学生实验能力的考查也不应以一次终结性评价为准,更何况纸笔测试所体现的能力有限,简单的操作考查也不能完全代表学生的实验水平。为了能全面地彻查学生实验能力的发展,需要设置科学、合理且与核心素养要求同步的实验评价体系来加强对实验能力的考查,其中实验设计能力、操作能力、评估交流能力等,作为评价学生实验能力的必备要素也需要进一步明确其测量标准,如此才能找出桎梏学生实验水平的症结所在,进而明确改进方向,及时有效地促进学生实验能力的发展,从而提升其核心素养。

参考文献:

[1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于加强和改进中小学实验教学的意见[EB/OL]. (2019-11-22)

- [2022-03-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s3321/201911/t20191128_409958.html.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中教育物理课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020:76.
- [3] Swain J, Monk M. A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK [J]. *International Journal of Science Education*, 1999, 21(12):1311-1323.
- [4] Singer S R, Hilton M L, Schweingruber H A. American's lab report: Investigations in high school science [M]. Washington: The National Academies Press, 2006:76-77.
- [5] Abell S K, Lederman N G. Handbook of research on science education [M]. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2007:401.
- [6] Hodson D. Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods [J]. *International Journal of Science Education*, 2014, 36(15):2534-2553.
- [7] Hofstein A. The role of laboratory in science teaching and learning [C]//Taber K S. *Science education: an international course companion*. Rotterdam: Science Education, 2017.
- [8] 李春密. 中小学理科教材难度国际比较研究丛书·中小学理科教材难度国际比较研究(初中物理)[M]. 北京:教育科学出版社,2016:64.
- [9] 廖伯琴. 中小学理科教材难度国际比较研究丛书·中小学理科教材难度国际比较研究(高中物理)[M]. 北京:教育科学出版社,2016:55.
- [10] 梁旭,彭前程. 高中物理新教材实验编写的原则与方法[J]. *物理实验*, 2020, 40(10):51-58.
- [11] 彭前程. 聚焦核心素养 体现时代要求——高中物理教科书修订说明[J]. *中学物理*, 2018, 36(19):2-8.
- [12] Muhamad Y. The effect of SSCS learning model on reflective thinking skills and problem solving ability [J]. *European Journal of Educational Research*, 2020, 9(2):743-752.
- [13] 陶洪. 物理实验论[M]. 南宁:广西教育出版社, 1999:136.
- [14] 张伟. “非常规”物理实验教学[M]. 北京:教育科学出版社,2012:3.
- [15] 叶歆,李春密. 主体性物理探究演示实验教学策略的建构[J]. *课程·教材·教法*, 2007, 27(8):60-62.
- [16] 彭前程. 聚焦核心素养 编好新教材[J]. *中学物*

- 理,2019,37(15):2-6.
- [17] 顾江鸿,李春密. 物理演示实验探究化结构要素的建构[J]. 物理教师,2019,40(4):2-5,15.
- [18] 赵芸赫,李春密,赵博涵,等. 基于开放性实验问题解决的探究活动的设计与实践[J]. 物理教师,2021,42(8):7-13.
- [19] Osborne J. Practical work in science: Misunderstood and badly used? [J]. School Science Review, 2015,96:16-24.
- [20] 李春密. 高中生物理实验操作能力及品质的发展研究[J]. 物理实验,2002,22(10):25-29.
- [21] 杨宝山,陶洪,续佩君,等. 高中物理实验教学的评价策略[J]. 物理教师,2006,27(3):4-6,18.
- [22] 教育部考试中心. 中国高考评价体系:函套[M]. 北京:人民教育出版社,2019:23.
- [23] 李春密,潘怀宇. 借助信息技术促进学生物理观念发展[J]. 中小学数字化教学,2020(11):5-9.
- [24] Fraser B J. Second international handbook of science education [M]. New York: Springer Publishing Company, 2012:190.
- [25] 雅克·德洛尔. 教育——财富蕴藏其中[M]. 联合国教科文组织总部中文科,译. 北京:教育科学出版社,1996:139-140.
- [26] 陈劲. 科技创新:中国未来30年强国之路[M]. 北京:中国大百科全书出版社,2020:33.
- [27] 李春密,谭琳,李正福. 物理公费师范生教学技能需求情况的调查研究[J]. 物理教师,2011,32(2):1-4.

Analysis and prospect of experimental teaching at home and abroad

LI Chun-mi¹, GU Jiang-hong², ZHANG Xiao³

- (1. Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
2. School of Physics and Electronics Engineering, Fuyang Normal University, Fuyang 236037, China;
3. Educational Science Publishing House, Beijing 100101, China)

Abstract: Experimental teaching, as an essential content of physics teaching, is great importance to cultivating students' key competencies. Compared with the international experimental teaching, this paper summarized the development status of experimental teaching in China in recent years in terms of experimental education goals, scientific inquiry depth, experimental teaching strategies, experimental teaching evaluation, experimental teaching resources, and teacher' professional development. In the future, experimental teaching should strengthen the educational value, and promote the development of students' experimental ability through constructing the scientific and reasonable evaluation system.

Key words: experimental teaching; educational goals; teaching strategies; teaching evaluation; teaching resources; teachers' professional development

[责任编辑:郭伟]