

文章编号:1005-4642(2022)05-0057-07



物理实验从教学手段到学习方式的变革 ——基于中学课程标准(教学大纲)实验教学的文本分析

罗 莹, 谢晓雨

(北京师范大学 物理学系, 北京 100875)

摘 要:以教育部颁布的中学物理课程标准和教学大纲为研究对象,梳理了建国以来的国家教学政策文件对物理实验及其教学要求,回顾物理实验教学的发展历程,探讨了物理实验及其教学定位的变迁. 今天的核心素养时代,不仅拓展了中学物理实验的内涵,更让物理实验的教学定位发生了从教学手段到学习方式的变革. 这为探索真正促进中学生科学探究能力发展之路指明了方向.

关键词:中学物理实验;科学探究;物理实验教学

中图分类号:G423.2

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2022.05.010

物理实验是物理学的重要组成,不仅是物理学形成与发展的源泉,更有着对物理学理论的绝对否决权. 尽管我国中学物理教育非常重视物理实验,物理实验也一直是中学物理教学的重要内容,但绝大部分的中学物理课堂仍是教师台上讲授,学生台下听讲、记笔记的形式.

为全面贯彻党的教育方针,落实立德树人根本任务,教育部颁布了围绕着核心素养的《普通高中物理课程标准》(2017年版2020年修订)(以下简称《新课标》),2022年又颁布了围绕着核心素养修订的《义务教育物理课程标准》(以下也简称《新课标》). 科学探究是物理学科核心素养的重要组成,物理实验与科学探究密切相关,存在着天然的联系^[1-2],其实验教学是中学物理教学中培养科学探究能力的主战场.

《新课标》将科学探究能力作为物理核心素养的重要维度后,对物理实验教学有哪些新要求? 物理实验教学必须做出怎样的改变才能真正落实《新课标》? 为此,回顾历史是非常必要的. 最能够体现时代教学理念及其要求的是教育行政部门制定的教育政策文件. 因此,本文以教育部颁布的中学物理课程标准和教学大纲为研究对象,梳理我国课程政策对物理实验的教学要求、内容、呈现方式等,分析建国以来物理实验教学的演变历

程,以探索物理实验及其教学促进中学生物理学科核心素养的发展之路.

1 研究对象与研究方法

采用文献研究法对我国中学物理课程标准和教学大纲进行文本分析,回顾梳理物理实验教学的发展历程. 选取1949年建国以来,国家颁布的初、高中物理课程标准和教学大纲(包括教学大纲草案)^[1, 3-5]作为研究对象,共计18份文件,其中1952,1954,1956,1963,1978,1986和1990年颁布的大纲为初、高中合编大纲,其余大纲和课程标准为初中或高中独立颁布. 在1949—1999年期间教育部颁布的教学政策文件多称为教学大纲,2000年以后将“教学大纲”修改为“课程标准”,以下为表述方便将这18份文件统称为“课标”.

梳理分析课标,可以发现我国自建国以来一直非常重视物理实验教学. 课标不仅在论述物理课程的总说明、原则、总目标等宏观层面提出了物理实验教学的总要求,更在教学建议、教学内容具体要求、评价建议等微观层面规定了物理实验教学的具体范围和要求. 为此,本文从宏观和微观2个层面展开分析,其中宏观层面聚焦于物理实验的教学定位与总要求,微观层面则聚焦于物理实验的具体教学要求.

收稿日期:2022-01-24

作者简介:罗莹(1962—),女,吉林长春人,北京师范大学物理学系教授,博士,从事物理课程与教学论的科研工作.
E-mail:luoying@bnu.edu.cn

课标通常将物理实验分为演示实验和学生实验。演示实验是以教师为主要操作者的表演示范实验。学生实验是学生自己动手使用仪器、观察测量、取得资料数据、分析处理数据、总结概括结论的过程,包括验证性实验和探索性实验。有些课标对学生实验的要求还进行了必做与选做的区分,以特殊符号标注或说明在建议学生做的实验范围内限定学生必做实验的数目。例如,1950年颁布的《高中物理精简纲要(草案)》列出40个建议学生实验,并要求按照设备情况等必须做其中的20~24个。故应对物理实验的具体教学要求进一步分析,例如演示实验要求的有无、学生实验内容要求呈现形式以及必做数目等。因此,本文将从物理实验教学的定位、物理实验教学的总要求、演示实验要求的有无、学生实验内容要求呈现形式、必做与建议的实验数量等6个方面展开分析,以全面反映课标对物理实验及其教学要求。

2 建国以来中学物理实验教学的发展历程

中学物理实验教学的变迁与我国社会发展、特别是基础教育发展与改革密不可分。建国以

来,我国基础教育发展与改革经历了改造与创建(1949—1957)、自主与迷失(1958—1977)、巩固与调整(1978—2000)、转型与深化(2001—)4个时期^[6]。物理实验教学是中学物理课程的重要组成部分,其发展变化必同步于此。在改造与创建时期,我国颁发了5份课标,自主与迷失时期仅颁发了1份课标,故将这2个时期合并为创建与迷失时期(1949—1977)。

2.1 创建与迷失时期(1949—1977)

1949年建国后,基础教育课程改革完成了改造旧基础教育课程和创新社会主义基础教育课程体系的任任务。1958年中苏关系破裂后,基础教育课程改革走上了自主探索之路,1963年国家颁布了《全日制中学暂行条例(草案)》并在其指导下形成了中学各个学科的教学大纲,初步建立了我国的“双基”课程体系。“文化大革命”开始后,基础教育课程改革进入了迷失期。

创建与迷失时期,课标对物理实验教学的总要求可概括为:必须开展学生必做实验,尽可能开展建议学生做的实验,增加大纲规定之外的实验,其他分析结果见表1。

表 1 创建与迷失时期物理实验的教学要求

年份	文件名称	物理实验的教学定位	演示实验 内容要求	学生实验 内容要求 呈现方式	建议学生 做的实验 数目	学生必 做的实 验数目
1950	初中物理精简纲要 (草案)	辅助物理内容教学	与物理内容要求合并表述,不区分 演示实验和学生实验。		13	13
	高中物理精简纲要 (草案)	培养观察能力 训练实验技术	无	与物理内 容合并	40	20~24
1952	中学物理课程标准 草案	辅助物理内容的教学	无	与物理内 容合并	14(初中) 39(高中)	14(初中) 24(高中)
	中学物理教学大纲 (草案)	辅助物理内容的教学	无	与物理内 容合并	19(初中) 21(高中)	19(初中) 21(高中)
1956	中学物理教学大纲 (修订草案)	辅助物理内容的教学 训练学生实验技能	有	与物理内 容合并	15(初中) 20(高中)	15(初中) 20(高中)
1963	全日制中学物理教 学大纲(草案)	辅助物理内容的教学 训练实验技能	有	与物理内 容合并	21(初中) 33(高中)	21(初中) 24(高中)

比较1950—1963年的课标,发现建国后物理实验教学越来越受到重视。在改造旧基础教育时,课标对物理实验的定位仅为辅助物理教学,对

其教学要求也相对较少,甚至没有区分演示实验与学生实验;而在基础教育改革开始自主探索后,物理实验的定位被提升到培养“双基(基本知识

和基本技能)”目标之一,相应的物理实验教学要求也更为全面清晰,对演示实验内容的要求从无到有,同时将学生实验区分为必做、选做和学校自主开设3类,并分别提出了要求。另外,初中要求的实验数量增加,高中要求相对稳定。

2.2 巩固与调整时期(1978—2000)

“文化大革命”结束后,基础教育课程改革延续了重视基础知识和基本技能的“双基”课程取向,并进行了巩固加强。但随着大一统的基础教育课程体系和全国统一的高考体系的实施,其固有的弊端逐渐显现,基础教育课程改革随之进入了调整期。1990年国家颁布《现行普通高中教学计划的调整意见》后,“全日制普通中学课程计划”和相对应的教学大纲也逐渐颁布,我国基础教育体系从“小学—初中—高中”的三级课程体系转向

“义务教育(小学+初中)—普通高中”的两级课程体系。

巩固与调整时期,课标延续了重视物理实验的传统,不仅在宏观层面对物理实验教学提出了更高目标,且在微观层面给出了更多、更细致的要求。沿承基础教育改革不大破大立、平稳过渡的风格,课标先重新确立了双基目标,在物理实验定位于辅助物理内容的教学和训练实验技能基础上,将实验技能深化为实验能力,为培养科技人才奠定基础。1988年,独立的初中和高中课标均将物理实验的教学定位拓展至培养观察、实验能力、培养科学态度和引起学习兴趣,如表2所示。随着物理实验的教学定位不断地被丰富与提升,课标对物理实验教学的总要求也在不断提升,不但要切实执行必做实验,还要开发具有研究性和探索性的实验。

表2 巩固与调整时期物理实验的教学要求

年份	文件名称	物理实验的教学定位	演示实验 内容要求	学生实验 内容要求 呈现方式	建议学生 实验数目	必做学生 实验数目
1978	全日制十年制学校 中学物理教学大纲 (试行草案)	辅助物理内容的教学 训练学生实验技能	有	与物理内容 合并	26(初中) 32(高中)	26(初中) 32(高中)
1986	全日制中学物理教 学大纲	辅助物理内容的教学 培养实验能力	有	与物理内容 合并	22(初中) 25(高中)	19(初中) 18(高中)
1988	全日制初级中学物 理教学大纲	辅助物理内容的教学 培养实事求是的科学态度 培养实验能力 培养观察能力 引起学习兴趣	有	与物理内容 合并	19	19
1990	全日制中学物理教 学大纲(修订本)	辅助物理内容的教学 培养实验技能 培养学习兴趣	有	与物理内容 合并	22(初中) 25(高中)	19(初中) 19(高中)
1992	九年义务教育全日 制初级中学物理教 学大纲(试用)	辅助物理内容的教学 培养实事求是的科学态度 培养实验能力 培养观察能力 引起学习兴趣	有	与物理内容 合并	19	19
1996	全日制普通高级中 学物理教学大纲(供 实验用)	辅助物理内容的教学 培养实事求是的科学态度 培养实验能力 培养观察能力 引起学习兴趣	有	在课程内 容中单独 列出	14(必修) 24(必修+限选)	12(必修) 22(必修+限选)

续表 2

年份	文件名称	物理实验的教学定位	演示实验 内容要求	学生实验 内容要求 呈现方式	建议学生 实验数目	必做学生 实验数目
2000	九年义务教育全日制初级中学物理教学大纲(试用修订版)	辅助物理内容的教学 培养实事求是的科学态度 培养实验能力 培养观察能力 引起学习兴趣	有	与物理内 容合并	16	16
2000	全日制普通高级中学物理教学大纲(试验修订版)	辅助物理内容的教学 培养实事求是的科学态度 培养实验能力 培养观察能力 引起学习兴趣	有	在教学内 容中单独 列出	16(必修) 22(必修+选修)	15(必修) 20(必修+选修)

注:1996年《全日普通高级中学物理教学大纲(供实验用)》规定的必修物理课为全体学生必须学习的,必修和限选物理课适合于理科基础较好的学生学习.2000年《全日制普通高级中学物理教学大纲(试验修订版)》也提出了分级教学要求,将必修和限选物理课更名为必修+选修物理课.

分析表2可知:学生必做实验数目呈现前期下降的趋势,后期对其进行分类,提出了必修、必修+选修(限选)2个水平的学生必做实验.在1996年和2000年的高中课标中,均以与教学内容同级的形式,单独列出了学生必做实验,以表明物理实验与物理概念规律内容是并重的.尽管学生必做实验的数目略有减少,但总体上提高了实验的教学要求.

2.3 转型与深化时期(2001—)

新世纪后,我国基础教育开始了新一轮课程改革.2001年国务院颁布的《国务院关于基础教育改革与发展的决定》吹响了素质教育的冲锋号.随后教育部颁布了15个学科的课程标准,从价值取向、课程内容与实施、课程评价等多方面实行改革.2014年教育部颁布的《关于全国深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》标志着基础教育课程改革进入深水区,开启了高考改革.在教育部最新颁布的《新课标》中,将课程目标从“三维目标”提升至“核心素养”,并明确规定了学业质量要求,实现了我国基础教育改革与世界发达国家的同步,为促进我国未来人才素质发展奠定了政策基础.

随着基础教育改革的深入,课标对物理实验的教学要求发生了巨大改变.在素质教育与发展

核心素养的旗帜下,基于国际教育研究最新成果,课标将科学探究作为物理课程目标,明确指出物理实验是科学探究的重要方式,与科学探究有着紧密联系^[1],物理实验的教学定位被提升为开展科学探究的重要方式,如表3所示.另外,课标对物理实验教学的总要求也有所提升,要求学校自行开发实验校本课程资源,并开设物理实验专题.随之,课标不再规定具体的演示实验要求,甚至不再规定学生必做实验(如2003年课标),但依据2003年课标的执行情况,课标又单独列出了学生必做实验的要求,特别是在最近颁布的《新课标》中,课标将物理实验在初中物理课程内容体系中列为独立的、一级主题.总之,转型与深化时期,在宏观层面上,课标对物理实验教学极其重视,教学定位被升至空前高度,教学总要求也更高;在微观层面上,课标对物理实验的具体教学要求则更加宽泛与模糊,建议与必做实验数目与内容更为一致.

上述分析显示:中学物理实验一直是物理教学的重要内容,国家层面的教育政策文件对中学物理实验有明确要求与规定.随着我国社会、经济、科技的发展,课标中物理实验教学要求发生了较大变化,特别是物理实验的教学定位发生了从辅助教学手段到科学探究重要方式的变革.

表3 转型与深化时期物理实验的教学要求

年份	文件名称	物理实验的教学定位	演示实验 内容要求	实验内容要求 呈现方式	建议学生 实验数目	必做学生 实验数目
2003	普通高中物理课程标准 (实验)	科学探究的重要方式	无	无必做实验	未规定学生必做实验	
2011	义务教育物理课程标准 (2011年版)	科学探究的重要方式	无	附录中单独 列出	20	20
2017	普通高中物理课程标准 (2017年版 2020年修订)	科学探究的重要方式	无	课程内容中 单独列出	21	21
2022	义务教育物理课程标准 (2022年版)	科学探究的重要方式	无	课程内容中 单独列出	21	21

3 中学物理实验及其教学的变革

建国以来,物理实验教学的发展与变迁显示:在核心素养时代,中学物理实验及其教学发生了巨大变革.回顾、梳理与分析建国以来课标对物理实验及其教学要求的变迁,可发现这一变革主要表现在物理实验内涵和教学定位两方面.

3.1 物理实验内涵的拓展

分析与梳理课标对物理实验的描述,可看到在创建与迷失期(1949—1977),物理实验被分为演示实验和学生实验两大类,分别对应辅助物理内容的教学和提升学生实验技能(能力)的物理实验教学定位;在巩固与调整期(1978—2000),进一步将学生实验分为练习基本性、测定物理常量、验证性和探索性实验,以配合对物理实验教学定位的提升和丰富;在转型与深化期(2001—),课标在宏观层面上对物理实验进一步予以重视与加强,但在微观层面的具体要求却进行了相对弱化.

课标对物理实验描述的变化源于我国的经济与科技发展和基础教育改革.经济与科技发展为中学物理实验的展开提供了经济基础和技术支撑,更让中学生以科学探究方式进行的物理课程学习得以实现,因此转型与深化期的课标将物理实验的教学定位提升为科学探究,让中学生在物理实验的过程中经历、体验科学探究,像物理学家一样学习物理.

物理实验不仅承担着培养学生的实验技能、观察能力和激发学生兴趣等教学目标,还要将这些教学目标整合提升,以达成科学探究能力发展的核心素养课程目标.为适应发展科学探究能力的要求,中学物理实验的目的越来越广泛,内容越

来越多,实验探究中学生的角色也更加多元,不仅是实验的动手操作者,更是实验的观察与体验者、记录与描述者、参与与交流者.

伴随着信息技术的发展,多媒体、互联网等极大地改善与拓宽了中学物理实验内容与范围.例如,对自由落体运动、平抛运动等一些演示实验,借助摄像技术可实现全程再现,以便进行更加准确、全面地观察.再如,要演示超重与失重过程中物体加速度的实时变化情况,使用手机传感器就可以轻松实现.正是这些现代信息技术,让很多物理实验从不可能变成可能,更让物理实验教学能够胜任培养科学探究能力的重任.

随着物理实验覆盖的中学物理教学范围越来越大、数量越来越多,课标也无法一一罗列.因此,在2003年版的课标中,无论是学生实验,还是演示实验都没有具体要求,尽管随后课标又恢复了学生必做实验的要求,但却未给出演示实验的具体要求.

通常的中学物理实验是指教师或学生有目的、有计划地利用仪器、设备,在人为控制的条件下使物理现象反复再现,从而进行观测研究的科学实践活动^[7].将今天的中学物理实验与此界定进行仔细分析比较,可以发现:核心素养时代的中学物理实验内涵在实验目的和仪器设备方面都有了新拓展.在物理实验目的方面,不仅要“进行观测研究”,还要“进行经历、参与、体验”,为学生以实验探究的方式展开物理学习提供保障.在仪器设备方面,现代科学技术,特别是互联网、信息技术,制造了很多新的中学物理实验仪器设备,如手机传感器,虚拟现实仪器等,极大地拓展了仪器设备种类与范围.

3.2 物理实验的教学定位从教学手段到学习方式的变革

建国以来,国家颁布的中学物理教学政策文件,都非常重视物理实验及其教学.在从传统的教育思想向现代化的教育思想转变的基础教育改革过程中,物理实验的教学地位不断提高.物理实验教学发展的前2个(创建与迷失、巩固与调整)时期,物理实验的教学要求均在课程目标或总说明中,用“训练学生的实验技术”、“培养学生的实验能力”等表述,明确地呈现出物理实验的教学要求.但在转型与深化期,“科学探究”课程目标的提出,提升了物理实验的教学地位,并将物理实验视为科学探究的重要方式之一,要求教学必须让学生经历科学探究,以便培养学生能够基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释和具有对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力.正是因为物理实验的教学定位提升为以科学探究方式学习中学物理课程的必要学习手段,也就不需要课标明示物理实验教学的具体要求,使之隐藏在科学探究的课程目标之下.

为了让物理实验教学能够培养中学生的科学探究能力,课标对物理实验的教学要求随之提高并不断开放.建国以来,我国中学物理课程总学时不断减少,尤以高中课时减少最为显著,但必做实验数目却没有随总学时的减少而减少,而是呈现了先增后减再增的变化.这不仅说明了物理实验的重要性,更印证了实验教学要求的不断提高.

4 教学建议

在核心素养时代,物理实验及其教学定位的变革对物理教师提出了新要求.为更好地落实《新课标》,建议教师从以下方面促进学生科学探究能力发展.

4.1 以学生为中心展开物理实验教学设计

核心素养时代的物理实验教学,不仅要让学生学会观察与操作,更要“做中学”,即在实验探究中学习物理.这就要求教师转变传统的、以教师为中心的教学观念,而是以学生为中心展开物理实验教学,让学生在实验探究过程中进行观察、体验、参与等,开展师生有效交互,激发学生深度思考,达到理解物理概念与规律、发展科学探究能力

的教学目标.在实验教学中,教师应引导学生发现与提出问题,寻找关键证据,进行基于证据的分析解释,展开对结果评估与交流,让学生能够体会与参与物理概念的建立和物理规律的发现过程,以落实《新课标》的要求.

4.2 提高信息技术运用能力,拓宽物理实验的内容与范围

随着科学技术的进步,传感器、仿真模拟实验室和视频加工软件等技术极大丰富了中学物理实验的内涵,拓展了物理实验的范围.仿真模拟实验能让不易实现的、具有一定危险性的实验(如卢瑟福的 α 粒子散射实验)得以实现;视频技术能更加凸显实验现象,将不易分辨的瞬间现象放慢或过小的物体放大.诸如此类的技术软件资源拓展了实验的内容与范围.

《新课标》虽不再规定做哪些演示实验,但教师应在备课时多方寻找资源,运用信息技术手段弥补实验教学的不足,让学生能够真切观察,亲身参与、体验,以激发学生对物理学习的兴趣,加深学生对物理概念、规律的理解,提高学生的科学探究能力.

4.3 教学中对物理实验应做尽做、能做尽做

尽管义务教育阶段,99.5%的学校物理实验仪器配备已达到标准,但调查显示:仅有56.5%~76.2%的教师经常使用实验教学资源^[8],高中物理因理论性更强,这一数据可能更低.学生具备观察、参与、体验和实施物理实验的条件是物理实验成为物理学习重要方式的必要前提.为此,教师应尽力改变以应试为导向的“讲实验”教学现状,依托国家对中学物理实验设备的支持,在教学中不仅要开展课标规定的学生实验,更要尽可能多地开展其他实验,教学中力争做到:能作为学生实验的内容,就不作为演示实验;能作为演示实验的内容,就不“讲实验”.

初中物理课是基于生活和实验现象的物理学启蒙,教师应尽力做到节节有实验、章章能动手;高中物理课是理论与实验结合的物理学典范,教师应尽力让物理实验成为学生认识与理解物理概念和规律的教学环境,力求实验验证理论、理论解释实验.只有在教学中尽可能多地开展物理实验,物理实验才能成为物理学习方式,承担起促进科学探究能力发展的重担,让新课标在中学物理教学中真正落地.

5 结束语

本文以中学物理课程标准和教学大纲为研究对象,在梳理建国以来我国教学政策文件对物理实验及其教学要求后,将我国建国以来的物理实验教学发展历程分为了创建与迷失、巩固与调整、转型与深化3个时期。中学物理实验教学发展历程显示:物理实验的教学定位已完成从教学手段到学习方式的变革,成为了核心素养时代中学生学习物理课程的重要方式。核心素养时代的物理教师应采用实物演示、模拟演示、学生实验等多种方式开展物理教学,让物理实验贯穿中学物理教学的全过程,充分发挥物理实验培养科学探究能力的作用。同时,教师还要重视中学生物理课程学习方式的养成,力图改变学生上课听讲记笔记,下课做习题的学习方式,让物理实验成为中学生进行科学探究的重要学习方式。在开展实验探究过程中,培养学生发现问题和提出问题的能力、制定与设计实验方案的能力、收集和运用证据的能力、分析和处理数据的能力以及表达交流能力,让学生学会学习、学会合作,并培养学生认真严谨、勇于创新的科学精神。

Reform of instructional means and further learning methods for physics experiment —— Text analysis of experimental instruction based on middle school curriculum standard (Syllabus)

LUO Ying, XIE Xiao-yu

(Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Taking the middle school physics curriculum standards and syllabus promulgated by the Ministry of Education as the research object, this paper sorted out the requirements of national instruction policy documents for physics experiments and their teaching since the foundation of the People's Republic of China, reviewed the development and evolution of physics experiment teaching, and discussed the changes of physics experiments and their teaching orientation. The core literacy era the connotation of physics experiments in middle schools has been expanded for the core literacy era, and the reform of teaching means and further learning methods had been made for the teaching orientation of physics experiments. And thus the direction for exploring ways to really promote the development of middle school students' scientific inquiry literacy was crystallized.

Key words: middle school physics experiment; scientific inquiry; experiment teaching

[责任编辑:郭伟]

参考文献:

- [1] 教育部. 义务教育物理课程标准(2011年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2012.
- [2] 谢孟耘,罗莹. 高中物理教科书中学生实验科学探究特征的演变及启示[J]. 课程·教材·教法, 2021,41(12):94-100.
- [3] 教育部. 普通高中物理课程标准(实验)[S]. 北京:人民教育出版社,2003.
- [4] 课程教材研究所. 20世纪中国中小学课程标准·教学大纲汇编:物理卷[M]. 北京:人民教育出版社,2001.
- [5] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [6] 龙安邦,余文森. 我国基础教育课程改革与发展70年[J]. 课程·教材·教法,2019,39(2):11-18.
- [7] 阎金铎,郭玉英. 中学物理新课程教学概论[M]. 北京:北京师范大学出版社,2008.
- [8] 中国基础教育质量监测中心. 2020年国家义务教育质量监测科学学习质量监测结果报告(2022.01.04)[EB/OL]. W020211129416653107115. pdf (moe.gov.cn).