



来路与进路:5G时代物理实验教学新样态*

郭庆 乔翠兰

(华中师范大学物理科学与技术学院 湖北 武汉 430079)

(收稿日期:2020-08-14)

摘要:5G时代已然到来,万物互联的技术革命将深刻改变教育教学.通过回顾近年来技术发展与教学实践,指出物理实验教学在5G时代将面临教学资源多模态、教学目标整合化、教学模式生本化、教学评价形成化的变革趋势,并透过实验教学理性审思5G时代物理教师的角色定位:重组课程的设计者、素养品质的塑造者、教学改革的实践者、读懂学生的分析者,旨在为物理教师提供未来教学的前瞻性思考.

关键词:5G 物理实验 实验教学 范式

随着各行各业对移动数据需求的爆发式增长,亟需发展新一代移动通信技术.5G即第五代移动通信技术,具有大容量、高速率、低延迟、低成本、低功耗等优势^[1],5G的全面应用将推动国防、医疗、制造等领域“越阶式”发展,是充满战略意义的技术革命.在教育领域,囊括移动互联网、云计算、大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术的“互联网+”教育是近几年研究热点^[2].5G时代将为“互联网+”教育的多元技术融合提供底层核心技术支撑,促使移动互联走向万物互联^[3].具体到学科领域,以实验为基础的物理学与5G技术有着更加丰富适切的结合点,本文将回顾近年来技术发展与教学实践,理性审思5G时代物理实验教学新样态,为物理教师提供前瞻性思考.

1 5G时代“多模态”物理实验教学范式与资源

技术变革促进教学资源的更新换代,进而深刻影响物理实验教学范式转型.探析物理实验教学发展史,主要经历了真实器材的“实体教学范式”、计算机辅助的“多媒体教学范式”、模拟操作的“虚拟现实教学范式”.5G时代,物理实验教学资源在底层通信技术奠基下,将实现高质量发展、高密度整合、高速

率传输,学生将通过视觉、听觉等感官,与人、机器、物件等外部环境进行多模态交互^[4].物理实验教学将迈入“多模态范式”,其教学资源涵盖以下方面.

1.1 多媒体资源

随着信息技术与物理教学的深度融合,综合利用多媒体资源成为物理实验教学首选.首先,在多媒体处理技术与投影技术支持下,教师普遍借助PPT课件实现符号、语言、文字、声音、图形、图像、视频等多种媒体元素的重组,将复杂的物理实验动态呈现给学生.其次,借助计算机的运算优势,实验教学越来越倾向数据的可视化处理,如验证牛顿第二定律、测量自由落体加速度、伏安法测电动势与内阻等实验,均可利用Excel实现数据的可视化分析.第三,随着传感技术的发展,诸如光电门、频闪照相、压力传感器、电磁传感器等在实验教学中大放异彩,结合数据采集器、可视化软件使得实验更加精准直观.整体来说,多媒体资源是一种较为简单的多模态资源,从二维到三维,从静态到动态实现知识点的输出,能调动学生的视觉和听觉,与教师、环境进行认知交互,但还缺乏深度.

1.2 微课与慕课资源

微课是指运用信息技术,呈现碎片化学习内容、

* 中央高校基本科研业务费专项资金资助“基于大数据平台WWT的科学数据可视化及其教育科普应用”,项目编号:CCNU19TS034;国家自然科学基金资助项目“面向时域天文学的虚拟天文台核心能力建设与科学应用”,项目编号:U1731243

作者简介:郭庆(1997-),男,在读硕士研究生,主要研究方向为教材分析,教育测量与评价.

通讯作者:乔翠兰(1972-),女,博士,副教授,主要研究方向为中外教材比较、信息技术与物理课程整合、大数据环境下的教学创新.

过程及扩展素材的结构化教学资源,主要以流媒体形式简短且完整地呈现某个知识点或教学环节.慕课是指大规模开放在线课程,以突破时空界限为理念,实现优质课程资源开放共享.目前,诸多官方与自媒体微课、慕课资源平台如雨后春笋般迅速发展起来.5G时代物理实验教学微课与慕课将具有以下特征:

(1) 平台建设将以校为单位,打造校本资源平台,并以开源姿态促进高质量资源建设.

(2) 更多、更高质量的素材将使微课与慕课开发走上多模态道路.

(3) 微课与慕课的广泛使用将为物理实验教学带来模式上的创新,以翻转课堂、线上线下混合式教学为主要形式的实验教学将得到广泛实施.

1.3 虚拟现实资源

虚拟现实是以计算机技术为核心建构的真实或接近真实的数字化环境,学生借助相关装备与数字化环境中的对象进行多模态交互,获得身临其境的感受^[5].虚拟现实技术与物理实验整合主要包括三维数字环境交互的桌面式、沉浸式VR技术,以及真实世界与虚拟对象融合的增强式AR技术.在4G时代,物理实验教学已有一些基于虚拟现实的实践,如弗吉尼亚理工大学开发了力学实验的AR引擎^[6],清华附中与清华同方公司合作开发了中学物理网络虚拟实验室^[7];北京师范大学蔡苏团队开发了基于AR的凸透镜成像(图1)、磁场可视化等实验(图2)^[6],并成立“VR/AR+教育实验室”.上述实践经量化研究证实,基于虚拟现实技术的物理实验教学质量更佳,然而由于4G时代平均网络延迟达不到人体视觉感知延迟标准,大部分虚拟现实资源仅停留在鼠标点击的“桌面式”阶段,难以带来身临其境的沉浸感,且数据传输速率缓慢使得虚拟现实资源无法普及.5G时代将为虚拟现实物理实验带来以下变革:

(1) 高速率、低延迟的网络技术将使虚拟现实资源向着沉浸式、增强式发展.

(2) 万物互联的通信网络一方面使虚拟现实资源更易开发,另一方面将促使虚拟现实物理实验教学大规模普及.

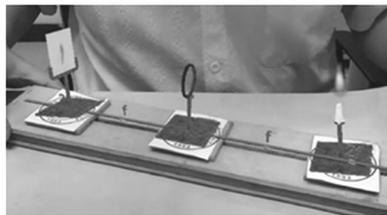


图1 基于AR的凸透镜成像实验



图2 基于AR的磁场可视化实验

1.4 科学大数据资源

大数据时代,各种科学仪器或观测设备产生海量科学数据,构成数据密集型环境,数据密集型科学发现已经成为科学研究第四范式.科学数据的本质是一种信息资源,具有广泛开发价值和强烈目标导向,在不同用户群体中体现不同应用价值,实验教育也不例外.国外各科研机构、科学组织在“井喷式”数据增长背景下,意识到科学数据的教育价值,建设诸多大数据实验教育平台,开发高质量数据实验课程.如费米实验室基于其粒子加速器真实数据设计了“计算顶夸克质量”、基于斯隆巡天数据进行“宇宙探索”^[8]、欧洲核子研究中心基于大型强子对撞机数据设计了“粒子在磁场中的运动”等实验.国内北京师范大学与中科院国家天文台等机构合作,推进“万维望远镜WWT”(集成全波段世界著名天文望远镜的观测数据)进入中小学课堂,设计宇宙漫游微课、开发数据实验课程、建设互动式数字气象厅等,学生通过WWT平台调用真实科学数据进行多模态人机交互式实验探索.限于4G时代网络传输速率,大数据平台难以普及,5G时代不仅会促进科学大数据与物理实验教学整合的扁平化,还将实现科学数据三维可视化与虚拟现实技术的深度融合.

2 5G时代“整合化”物理实验教学目标

物理学是以实验为基础的科学,物理教学离开实验将成为空中楼阁.成功的实验教学不仅需要优质教学资源,还须明确实验教学目标,并在教学过程

中一以贯之。5G时代物理实验教学目标以整合化为取向,主要有以下特征。

2.1 科学素养的跨学科整合

21世纪,素养导向的科学教育不再局限于各学科工具性知识、技能的培养,而是立足于学生所处的多元复合的生活世界,弱化学科界限,在实际问题解决中发展学生科学素养和高阶思维能力^[9]。从物理教学大纲到2003版物理课程标准再到2017版物理课程标准,物理教学大体经历了“知识本位”“能力本位”“素养本位”的转型,并从物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任4个维度建构起物理学科核心素养体系。事实上科学素养应是一个整合的概念,从各学科核心素养的解读来看均包含观念、思维、探究、责任这4个方面。实验作为科学教育精髓具有程序性知识意蕴,是科学素养培育的有力抓手。新时代物理实验教学不仅要促进学生物理核心素养的整合发展,还应渗透跨学科知识,培养跨学科科学素养。基于项目式学习的STEM教育将验证性实验教学转变为设计性实验教学,是跨学科整合的成功实践。然而STEM教育在中国却难以铺开,最直接的原因就是缺乏优质跨学科实验教学资源以及资源整合共享渠道闭塞。5G时代,多模态资源将为实验教学跨学科整合提供丰富支架,万物互联将促进资源的开放共享,因此物理实验将呈现为开放的设计性实验,物理实验教学目标将不局限于物理核心素养培育,而着眼于跨学科整合的科学素养发展。

2.2 科学素养 信息素养与数据素养的跨领域整合

除了跨学科整合的物理实验教学目标外,5G时代物理实验教学还需以科学素养、信息素养、数据素养的跨领域整合为目标。信息素养包含信息意识、计算思维、数字化学习与创新、信息社会责任四方面,是获取、整合、管理、评价信息,并在此基础上发现、分析、解决问题,建构新知的综合能力集合^[10]。数据素养包含数据意识、数据能力、数据伦理三方面,强调数据敏感性、数据思维,以及收集、分析、解释、批判、决策、评价数据的能力集合^[11]。三者整合并非空穴来风:(1)三者的本质均指向解决问题、建构新知,分别通过科学实验、信息技术、大数据技术实现知识建构、思维意识开发、责任伦理生成。(2)科学

素养与信息素养、数据素养的整合已有成功实践,如DISLab传感实验室、虚拟实验室等体现物理实验与信息技术的整合;WWT数据实验平台、费米实验室数据实验课程等体现物理实验与大数据技术的整合。(3)在5G通信技术支撑下,信息技术、大数据技术将进一步深入物理实验教学,正如前述多模态实验教学资源的发展。万物互联正逐渐模糊素养的领域界限,在“工业4.0”新技术革命背景下,物理实验教学不能坐井观天,应确立培养学生跨领域素养的教学目标。

3 5G时代“生本化”物理实验教学模式

传统物理实验倾向“讲授—重复”式教学模式,如课堂演示实验以讲授为主,学生分组实验先讲授,再进行机械性重复操作,难以落实学生中心教学理念,难以培养学生创新意识与能力。5G时代随着教学范式转型,教学资源丰富,教学模式也体现“生本化”。

3.1 物理实验教学的“新翻转”模式

翻转课堂是指教师提供预习材料,学生经课前自主预习后,不再占用课堂时间讲授知识,课堂变成师生、生生间交流互动、答疑解惑、合作探究的场所^[12]。翻转课堂非常适合以学生操作为主的物理实验教学,然而由于高质量预习资料编制、学生课前学习监控等困难,翻转课堂难以在实验教学中落地。5G时代,翻转课堂将成为常态化实验教学模式,并逐渐走向“新翻转”形式,“新”在以下方面:

(1)微课和慕课的发展促使预习资料更加丰富高质。

(2)翻转课堂将走向“线上自主研究”“线下互动研讨”的混合模式,教师将预习资料上传学习平台,并进行实时监督。

(3)在实验课堂上,学生通过分组合作,利用实体、多媒体、VR/AR等多模态资源进行项目式学习,在实验设计与操作中不断内化知识、拓展理解深度、养成跨学科跨领域素养,教师走进学生学习,进行疑难解答与错误纠正。

(4)课后教师将上传巩固性测验与作业,并发布思考题,激发学生线上研讨热情。在“新翻转”模

式下,学生将真正成为知识的自主建构者。

3.2 物理实验教学的“远程专递”模式

4G时代,慕课、空课等课程形态为实验教育资源分配不均问题提供了解决方案,偏远地区学生可通过直播、录播的形式观看一线教师的实验教学。然而由于网络条件、硬件设施等客观制约,此类实验课程普及度不高,且教学完全变成教师讲实验,学生再次成为被动的知识接收者,此现象在新冠疫情网络授课期间也尤为明显。5G时代远程专递课堂将得到普及,这种教学模式不仅使优质教师资源共享至偏远地区,还能通过虚拟现实等技术有效解决学生被动学习问题。如浙江大学与哈佛大学合作建构了虚拟现实远程教学空间,哈佛大学作为主课堂,通过全景VR直播的方式,将真实课堂情景推送至浙江大学直播平台,浙江大学学生通过佩戴头盔显示器进入哈佛大学课堂,与哈佛学生共同上课,并借助头盔麦克风与授课教师、学生进行跨时空交流。远程专递实验教学也可以创设类似的数字化虚拟现实实验空间,强化人机、师生、生生交互,实现“一师多课、异地同步”。

4 5G时代“形成性”物理实验教学评价

评价是一种关于教学的价值判断,对教学具有诊断、鉴定、反馈、导向等功能,促进教师教学改进与学生学习发展。我国课堂教学评价越来越重视以学生为中心的“形成性、发展性”评价,物理课程标准也强调终结性评价与形成性评价有机结合,准确反馈评价结果,促进改进策略的科学性^[13]。5G时代,物理实验教学评价也以“形成性”为取向。

4.1 基于大数据的实验教学诊断 反馈与决策

传统物理实验教学评价有两种方式,一是实验报告、纸笔测验等书面评价,二是基于实验教学评价量表进行量化观察和质性记录。前者倾向于终结性评价,后者虽是形成性评价但只能评价整体课堂,无法揭示学生个体学习效果,在教学实践中常将二者结合使用。5G时代,大数据与人工智能技术的进一步发展将实现形成性评价与个性化诊断。

(1) 形成性数据收集与诊断。在网络学习空间中,学生在多媒体、虚拟现实、科学数据平台等实验

资源上的操作;线上学习的时长、论坛讨论次数、答题正确率等;线下测验成绩等都将以数据形式存储起来。此外,在物理学习空间中,人工智能技术将识别学生实验学习过程中的动作、语言、表情等,并转化为数据。总之,5G时代每个学生都将有自己的学习数据库,并实时进行精准的学习诊断。

(2) 个性化反馈与决策。通过大数据的深度挖掘和多元分析,能清晰反馈数据背后的学情,指导学生进行个性化实验学习,辅助教师进行实验教学改进与决策。

4.2 注重综合素质的实验学习评价

从教育评价改革大方向看,综合素质评价越来越受到重视,浙江省“三位一体”高考评价机制,上海市综合评价录取模式等都是对综合素质评价的有效探索。5G时代综合素质评价将通过形成性数据分析,以综合报告的形式在网络中自动生成,确保形成性评价的公平性与科学性。物理实验是综合素质评价的重要来源和组成部分,其评价应注重探析大数据背后潜藏的素质能力,主要做好以下3点:

(1) 确定评价维度与量化指标。结合跨学科、跨领域素养,制定明晰的物理实验学习评价维度,并根据所收集的“形成性”数据开发量化评价指标体系(包括某维度评价需要哪些数据,计算公式为何,等级划分依据等问题)。

(2) 相关数据分析。对学生物理实验学习的综合评价包括三层面,即每学期一次的学期评价作为主要评价依据,与其他学生的横向比较揭示特长与短板,与自己不同阶段的纵向比较揭示学习变化。

(3) 生成综合评价报告。每学期一次的实验学习综合评价报告将进入学生综合素质评价档案,成为日后高考录取的重要参考。

5 5G时代物理实验教学变革为物理教师带来的理性审思

5G时代,互联网将促使知识大规模整合共享,任何人都可以公平地在知识海洋中畅游,对物理教师来说,知识不再是教师私有产物,教师也不再是单纯的知识传递者。教育技术革命进程中,物理实验教学变革是一个清晰的缩影,它经历了多种范式的来

路,也将面临新的进路,通过这个缩影,物理教师应理性审思自己的角色定位。

5.1 重组课程的设计者

5G时代不仅是实验教学资源,所有物理教学资源都将与信息技术深度融合,大量优质资源散布在互联网各个角落,只会照本宣科的物理教师最终将被时代淘汰。同时大量教学资源将使得物理课程更加多元化,教师成为课程创设者是大势所趋。首先,教师要跳出教材束缚,基于教材和课标在互联网中收集多模态教学资源(包括但不限于前文所述的资源)。其次,将收集到的教学资源进行筛选、加工、并整合为课程内容,创建出独一无二的课程内容体系。总之物理教师必须成为重组课程的设计者,基于教材、超越教材、整合资源,这将考验物理教师的信息素养、技术能力、教学智慧,促进教学型教师向研究型教师转变。

5.2 素养品质的塑造者

未来物理教师将从“经师”转向“人师”,因此物理核心素养将不再是教师唯一的教学目标,必须做到以物理核心素养为基础,整合跨学科科学素养,渗透跨领域素养教育,全面培育学生素养品质。首先,在教学上要跳出章节知识,以大概概念为核心进行单元设计,整合跨学科、跨领域知识。其次,在情感上教师应明确互联网、人工智能无法取代师生间情感交流,对于科学态度、责任、价值观的培养还需物理教师的爱心、情感陪伴以及细腻的言传身教。技术与物理教学整合或许能促进学生素养品质的培养,但物理教师才是真正的素养塑造者。

5.3 教学改革的实践者

5G时代教学模式、教学方法都将实现升级,越来越体现出“以学生为中心”的教育理念,如翻转课堂不仅是物理实验教学的有效模式,也将在教学实践中走向常态化。然而“讲授—接受”式教学依然是当下教学主流,教师似乎对这些新教学模式、教育理念充满疑虑和顾忌。这不仅宏观政策层面的原因,从微观上看,也因为教师缺乏“教学改革实践者”的角色定位,未来应做好以下几点。首先,强化集体教研,进行情境认知理论、具身认知理论等理论知识学习,并集结团队智慧进行教学改革实践,上级部门也

应积极支持与举办跨校、跨地区的教研交流。其次,要以青年教师为改革实践的先驱,由思维活跃、热情高涨的青年教师带动整体教学改革的实践氛围。

5.4 读懂学生的分析者

仅凭考试成绩判断学生能力的时代已成历史。5G时代将形成一个线上线下结合、虚实交融的无边界泛在化学习场域,每个学生无时无刻不在产生学习数据,不会分析的物理教师将越来越“读不懂”学生,因材施教也将无从谈起。如何成为一个合格的分析者呢?首先,要主动适应大数据技术变革,学会利用学习分析、知识图谱、数字画像等手段了解学情。其次,深入分析每个学生的学习状态、认知特征、优势潜能、劣势领域、学习偏好等,为每个学生制定针对性学习方案与建议^[14]。物理学科难度大、内容杂,教师更应尊重学生差异,改变一刀切的教学评价,学会读懂每一个学生,提供个性化学习支持。

参 考 文 献

- 1 袁磊,张艳丽,罗刚. 5G时代的教育场景要素变革与应对之策[J]. 远程教育杂志,2019(3):27~37
- 2 李松,刘秀琴.“互联网+”大学物理实验教学体系构建[J]. 实验技术与管理,2017,34(1):172~174
- 3 张坤颖,薛赵红,程婷,等. 来路与进路:5G+AI技术场域中的教与学新审视[J]. 远程教育杂志,2019(3):17~26
- 4 顾曰国. 多媒体、多模态学习剖析[J]. 外语电化教学,2007(2):3~12
- 5 杨玉辉,董榕,张宇燕,等. 基于虚拟现实的远程教学空间的创建与应用——以哈佛大学与浙江大学的跨国VR远程教学为例[J]. 现代教育技术,2019,29(11):87~93
- 6 蔡苏,王沛文,杨阳,等. 增强现实(AR)技术的教育应用综述[J]. 远程教育杂志,2016(5):27~40
- 7 李昭仪,康万帅. VR和AR在高中理科教育中的应用研究[J]. 现代中小学教育,2017,33(7):76~80
- 8 郭庆,乔翠兰,伍岳岳. 科学素养的跨学科发展及其实现——美国费米实验室基于科学数据的课程开发之启示[J]. 全球教育展望,2020(9):69~81
- 9 宋歌,王祖浩. 国际科学教育中的跨学科素养:背景、定位与研究进展[J]. 全球教育展望,2019,48(10):28~43
- 10 吴砥,余丽芹,饶景阳,等. 大规模长周期在线教学对师生信息素养的挑战与提升策略[J]. 电化教育研究,2020(5):12~17

(下转第10页)

- 7 孙秋华,姜海丽,赵言诚,等.基于大学物理竞赛的教学模式的探讨[J],高教学刊,2017(6):62~63
- 8 程永喜,李文君,李淑青.应用型本科院校大学物理课程改革探索[J].西部素质教育,2017(15):156~157
- 9 程永喜.加强物理学史中的人文教育,提高高校理工科学生的人文素质[J].西部素质教育,2016,2(21):63,67
- 10 李淑青,段晓丽,程永喜,等.大学物理课程与新式教学方式的融合探究[J].物理通报,2020(3):18~22

Relying on University Students' Physics Academic Competition, Carrying out the Curriculum Teaching Reform of University Physics

Cheng Yongxi Chai Lichen Li Shuqing Jing Yinlan

(Department of Science, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan, Shanxi 030008)

Abstract: Due to the novel contents and forms, the undergraduate physics tournament has been widely recognized and actively participated in by colleges and universities in China. By carrying out the teaching course "college physics" based on undergraduate physics tournament, the integration of basic theory teaching and practical application is strengthened, the enthusiasm of students to learn and use physics is effectively improved, the students' scientific research quality, teamwork and innovation ability are further cultivated. It has truly achieved the cultivation of the trinity of students' knowledge, quality and ability. This teaching reform has important practical significance for the teaching innovation and reform of the curriculum system of application-oriented colleges.

Key words: undergraduate physics tournament; teaching reform of courses; quality education

(上接第6页)

- 11 黄如花,李白杨.数据素养教育:大数据时代信息素养教育的拓展[J].图书情报知识,2016(1):21~29
- 12 赵涛.5G背景下的未来教育发展探索[J].智库时代,2019(25):10~11
- 13 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2017.56
- 14 曹培杰.未来教师画像——人工智能时代需要什么样的教师[J].中国德育,2020(10):30~34

Origin and Approach: New Form of Physics Experiment Teaching in 5G Era

Guo Qing Qiao Cuilan

(School of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079)

Abstract: The 5G era has arrived, and the technological revolution of all things linkage will profoundly change education and teaching. By reviewing the technological development and teaching practice in recent years, it is pointed out that in the 5G era, physics experiment teaching will face the reform trend of multimodal teaching resources, integration of teaching objectives, student-oriented teaching models, and formation of teaching evaluation. And through experimental teaching, we rationally ponder the role of physics teachers in the 5G era: designers of restructuring courses, shapers of literacy quality, practitioners of teaching reform, and analysts who understand students, aiming to provide physics teachers with a foresight of future teaching thinking.

Key words: 5G; physics experiment; experimental teaching; paradigm