

启智行道:物理实验育人的学科实践

■李桂旺

为解决传统实验教学中“实验育人目标浅层”“实验课程结构单一”“学生具身实践不足”等三大问题,江苏省前黄高级中学物理教研组系统梳理30年来的物理学科实践,逐步形成“启智行道”的实验育人路径。“启智”即启迪学生的学科智慧,引导学生通过实验领悟基本概念和规律,生成物理观念;“行道”即学以致用,引导学生创造性转化与创新性实践,内化科学精神、涵育责任担当。

提出“素养进阶”实验育人主张

学校基于课程标准,聚焦求真务实、理性思辨、实践创新等素养培养,落实学科育人价值目标,提出“真→趣→思→创”的物理实验育人主张,并明晰其进阶表征。“真”即从演示观察到真学实做,让学生真正动手做实验,积极进行学科实践,主动参与知识建构,养成实事求是、崇真务实的科学态度,实现从求真、识真、崇真到致真的进阶。“趣”即从兴趣激发到志趣养成,设计新颖、生动和富有悬念的实验,激发学生深层的求知欲望,主动投入实验探究,树立投身科学、造福人类的志向,实现从兴趣、乐趣、理趣到志趣的进阶。“思”即从感性体验到理性思辨,创设真实问题情境,启发学生思维,引导学生积极主动思考,让学生亲历科学推理论证的实验过程,鼓励学生大胆质疑、勇于探索,学会像科学家一样思考,实现从感性思维、理性思维、结构化思维到哲科思维的进阶。“创”即从模仿操作到探究创新,在真实的生活场景、生产实践中提取富有挑战性的内容进行实验探究,尝试科技创新,提升创新意识和科研能力,实现从模仿、集成、改进到创造的实践能力进阶。

架构“一体两翼”实验课程体系

课程是学科实践的载体。我们整合国家实验课程、科普实验课程和科创实验课程,建构共同基础、志趣提升以及素质拓展实验进阶式课程体系。其中,科普实验课程以提升学生实验基础素养为目标,培养学生的观察分析能力和动手操作能力,主要包括观察解释类、操作应用类、小型探索类;科创实验课程重在发挥学生的个性特长,挖掘学生的科创潜能,培养符合时代发展需求的拔尖创新人才,主要包括主题探究类、设计制作类、发明创造类。共同基础课程以演示性实验为主,指向全体学生;志趣提升课程以设计性实验为主,发展

学生兴趣爱好;素质拓展课程以项目化实验为主,培养拔尖创新人才。

此外,我们还设计了“可选择、系统化”的物理实验活动方案,开展互动体验类、竞赛挑战类、成果展示类等校园活动,培养学生创新精神 and 实践能力。互动体验类活动包括高校科技前沿、航模表演、OM创意剧场等;竞赛挑战类活动包括纸桥承重、水火箭等;成果展示类活动包括科技小论文、科幻动漫创作、科技发明制作等。

建构“开放多变”实验教学模式

相较于传统课堂,实验教学更为多元开放。我们构建了以学生为中心的“5E+实验教学模式”,以学习周期的参与(Engagement)、探究(Exploration)、解释(Explanation)、迁移(Elaboration)和评价(Evaluation)五个阶段为核心,引导学生主动建构知识、发展科学思维与创新能力。

5E+逆向设计。我们遵循“确定预期目标—明确评价证据—设计教学活动”的教学逻辑设计教学流程,包括实验情境创设、问题驱动探究、模型意义建构、迁移实践应用等,重点关注学生参与度、投入度、思考度、独特度的表现与发展。

5E+翻转课堂。为指导学生开展微项目研究,我们遵循“探索—翻转—应用”的基本步骤,构建时空开放的“5E+翻转课堂”课堂模式。明确实验学习任务和确立学习主题后,学生在课外开展文献查阅进行翻转学习,课堂上作成果分享交流、评价总结。

5E+跨学科实践。为帮助学生解决现实生活中的复杂问题,我们构建内容开放的“5E+跨学科实践”教学探究模式。围绕学生感兴趣的生产生活实际问题,确立综合探究项目,进行跨学科知识关联和问题分解。在教师指导下,学生自主选择实验材料进行科学探究,实现多学科知识的综合建构。

创生“知行迭代”实验学习方式

多年来,我们持续观察学生实验的学习过程,以叙事研究的方式明晰“仿操作→析原理→慧设计→破难题”的“知行迭代”物理实验学习方式,学生在实验学习中实现从模仿实践到创新突破的螺旋式上升。

模仿操作是实验学习的开端。学生按教师示范进行仿效,将机械模仿性的操作转变成规范动

作,在教师的指导下逐步实现独立操作。

解析原理是模仿操作后的领悟。能够模仿后,教师再引导学生进一步解析实验背后的理论和原理,帮助学生深入理解相关知识。

自主设计是领悟理解的应用。学生根据所学知识和已有经验,进一步利用实验手段来研究相关课题;提出实验思路,制订设计方案;对实验结论进行分析并改进完善,增强创新意识。

破解难题是科研实践的追求。学生对真实情境的问题进行整体拆解,筛选调用所学相关知识解决问题;加强资源融合和方案的研磨优化,进行成果写作或专利申请。

拓展“具身沉浸”实验研学平台

立足“做中学、创中思”,学校打造“具身沉浸”的实验育人场域,构建开放共享、虚实融合的实验生态,让学生在真实问题探究中深化认知、发展素养,实现科学思维与创新能力的协同提升。

建设科创融合省级课程基地。建成以“一廊一网三中心”为架构的“江苏省‘启·创’物理实践课程基地”,包括科学文化长廊、实验课程资源网、演示实验中心、IYPT实验中心和科创实验中心,创设各类学科实践活动所需的环境与条件,提升学生学以致用能力。

构建多方协同的实验育人机制。开展“家庭实验项目”,涵盖智能家电、家庭电路以及开源硬件设计等实验活动;组织学生志愿者进社区开展科普宣讲,传播科学思想,弘扬科学精神;与科教城、石墨烯小镇等共建“研学活动基地”;聘请高校专家教授,对有创新潜质的学生进行科学研究和科创实践活动的辅导,激发学生创新思维,增强学生科创能力。

完善智能融合的数字支撑系统。建设实验教学资源网、数字化实验室和智慧云评价实验室,为实验学习提供数字化支撑。实验教学资源网充分利用“互联网+”实现课程资源共建共享;基于传感器技术、虚拟仿真技术等建设数字化实验室;借助智慧云评价实验室对学生特征行为进行动态跟踪分析、智能评价并及时反馈,丰富实验育人评价手段。

(作者系江苏省前黄高级中学物理学科中心主任,正高级教师,江苏省特级教师,江苏省“333高层次人才培养工程”培养对象;本文系江苏省基础教育前瞻性教学改革实验项目“启智行道:物理实验育人探索30年”的阶段性研究成果)

守望“田野”,放飞童年

■吴东超

2023年8月,宿迁市宿豫张家港实验小学申报的江苏省基础教育前瞻性教学改革实验项目“‘项目化田野课堂’助力‘双减’落地实践探索”立项。学校秉持“实践中学科学,情境中提素养”的理念,扎根乡土资源,打造学生学习成长的“田野课堂”:立足校园,构建科学“田野”情境;扎根宿迁,挖掘“田野”学习资源;着眼成长,构建“田野”成长课程。

破土:打造田野场域,让课堂走向开放

创建高品质科技馆,在场景体验中爱上科学。学校建成高品质科技馆,馆内设置科技名人、天地探索、声光艺术、电磁奥秘、虚拟现实、防灾救灾、模拟生态等20个主题场景,覆盖物理、化学、生物等多个学科领域,成为学生开展科学情境体验的重要场所。近年来,学校增设人工智能、物联网种植等主题展区,引导学生感受前沿科技成果。

打造高质量社团阵地,在头脑结合中提升科学素养。学校高标准配置电子百拼、3D打印、模科物联、金工制作、信息编程等多个STEAM教室,并以此为基础打造高品质科技社团。在社团中,学生在完成项目任务的过程中,实现书本知识学习与动手实践相结合,在融会贯通中提升素养。

引进物联网种植,校企合作把“田野”搬进校园。学校与天津高新技术企业合作,以“物联网种植与科技”为主题,统筹建设校园物联网种植项目。运用现代科技手段,将植物生长与培育、农业种植与科技“搬进”校园,以主题景观的形式呈现科学原理,鱼菜共生、二十四节气等场景成为学生开展农业观察、了解现代科技的重要载体。与此同时,学校开发《物联网种植》《物联网科技》两套校本教材,建设劳动实验基地,划分蔬菜种植区、花卉培育区、中草药区。在教师指导下,学生参与种植过程,开展科学观察与实践。

深耕:开发乡土资源,引领“田野”实践

学校立足乡土,以项目化学习为手段,从地理时空维度开发科学教育资源,开展科学“田野”实践。“行走宿迁”田野考察:在行走中探秘洞心。2023年起,学校每学期开展“行走宿迁”田野研学课程,引领一至六年级学生走进家乡的自然人文景观,进行学习实践。6年学程覆盖12个典型物候场景,比如,学生在三台山花海开展“梨兰会”项目化学习,探究植物花期与生态;在运河古道考察码头文化与“大运河历史”。研学中,学生前往宿迁大战烈士陵园等接受红色思政教育,了解革命先辈的英勇事迹,厚植家国情怀。目前,学校已开发12册研学手册,组织2万余人次田野研学,形成1200

余份高质量研学作业和报告。

“物联网种植”田野实践:构建校园科技实践场域。学校搭建校级物联网管理平台,编写80学时的物联网种植与科技校本教材。采用地方课程与项目化社团相结合的教学方式,每周定期开展探究实践。学生观察物联网种植成果,操作物联网科技设备,实时监测植物生长数据,不断内化科学知识,提升动手能力。

“童耕童饷”田野行动:融合科学与劳动课程。学校将科学课程与劳动课程有机融合,打造“田野课堂”,开展“童耕童饷”课程。设计劳动争章卡,开展劳动争章评比活动,明确各学段劳动任务与评价标准;开辟劳动实践基地,师生共同种植、管理,举办收获节与品尝会;师生家长共同设计一至六年级“童饷”食谱,推动家校共育。

“节气民俗”田野研究:探索传统文化中的科学。学校传承中华优秀传统文化,开展“节气民俗”田野研究,依据节气组织主题实践活动,如青梅煮茶、春分立蛋等。学生通过写观察日记、制作树叶画等形式完成项目化作业,熟练掌握节气知识。

“自然笔记”田野记录:观察田野之奥秘。“自然笔记”课程注重培养学生的观察力与思维能力。学校组织主题观察与记录、项目化具身体验和自然笔记主题阅读等活动,不断丰富学生学习体验。截至目前,学校已开展种子种植、大蒜培育等具身体验活动30余次,学生撰写自然笔记2000余篇。

成长:着眼素养提升,构建“田野”课程框架

学校在田野实践基础上,以学生科学素养提升为目标,以科学课程标准为指南,积极构建“田野课程”体系。

构建扎根乡土的田野课程。田野课程是融合本土资源与科学教育的动态生长系统。课程以宿迁独特的自然人文资源为根基土壤,以国家科学课程标准和教材为主体框架,通过项目化学习形式,构建包含自然田野、生命田野、探索田野、创造田野、数字田野五大支柱的协同生长课程框架。

自然田野课程聚焦地理生态认知,开展“校园微地形测绘”“节气物候观测”等项目学习;生命田野课程突出生命教育,设计“校园鱼菜共生系统”“校园昆虫旅馆”等持续观察项目;探索田野课程侧重物质科学,开发“古黄河泥沙沉降实验”“传统



图为宿迁市宿豫张家港实验小学“田野课堂”上,教师为学生讲解“生态瓶”

近年来,昆山市葛江中学针对初中数学教育的认知表层化问题,依据认知负荷理论与具身认知原理,融合数学学科与学习的逻辑,提出“让数学‘动’起来”的教学主张。学校倡导利用实物工具与智能软件,构建多感官参与的课堂探究模式,通过动态可视化技术,将抽象数学原理转化为直观认知模型,促进概念本质的具象化阐释,实现解题策略的元认知引导,促进学生数学思维的结构化发展,形成以“动”促“思”的过程观、注重思维培养的课程观。

锚定目标,理论与实践螺旋推进

项目组以探究“让数学‘动’起来”的可行性和合理性为基石,深入开展理论建构研究,为提升学生数学思维力提供科学有效的策略指导与方法支持。

以学科育人为目标,建构实践推进的基本理论。运用问卷调查对数学教学的现状进行数据收集,明确待解决问题,广泛查阅古今中外相关文献,系统研究多个课题,从学理上深入剖析“让数学‘动’起来,提升学生数学思维力”的核心要素,整合其教学理念、主张及方式,确保“‘动’起来的数学”贴合教材,内容连贯,符合学生认知规律,便于学生动手操作与动脑思考。

以系统实施为目标,搭建实践推进的课程内容。依据课程标准,在理论指导下,项目组从课程建构的角度出发统整课程方案,确立基础型课程、拓展型课程、综合型课程3类课程体系,明晰服务日常教学的补位、增值、活化、融合的教育教学功能,梳理课程实施的具体环节。

以“示以思维”为目标,探索实践推进的教学策略。根据让数学“动”起来的内涵特征,教师引导学生在数学经历中催生数学思考,形成信息关联型“示以思维”;在信息体验中形成数学判断,建构系统补偿型“示以思维”;在行为探索中实现问题解决,发展迁移可逆型“示以思维”。

建构模型,导向与样态具象呈现

基于对近300个课例的深入分析,项目组构建教学模型和操作流程,让“动”起来的数学教学常态化,引导学生在数学学习中从感性认识提升至理性思考、从感知表象深入至概括本质、从学习知识过渡到学习方法。针对实施过程中的问题,项目组开展专题研讨,分析实施案例,探索教学模型,构建“让数学‘动’起来”常态化的实践样态,提升学生的思维力。

感知理解型。以知识表征的建构为核心导向,提出“感知理解”模式的实践样态:基于问题情境的驱动,开展操作观察、辨析共性等认知活动,建构数学概念体系,通过具身体验深化认知理解,有效促进学生抽象思维、几何直观、空间观念及创新意识等关键能力的发展,引导学生用数学的眼光观察世界。

探索发现型。以认知操作的过程为核心导向,提出“探索发现”模式的实践样态:通过创设问题情境,开展具身化操作探索,发现数学规律,经历判断、反思、修正、强化等完整思维过程,从而建构新知、体悟思想,实现数学概念可视化与思维过程具象化,发展学生的推理能力、运算能力,引导学生用数学的思维思考世界。

问题解决型。以实践创新的培养为核心导向,提出“问题解决”模式的实践样态:通过定性定量相结合的研究方法进行问题识别与界定,继而拟订系统化解决方案;运用数学建模技术进行问题解构,实现数学原理的动态演绎,通过迭代式交流与反思优化解决路径,将数学建模的抽象理论具体化、生动化,发展学生的数据观念、模型观念、应用意识,引导学生用数学的语言表达世界。

调适角度,资源与教学高度匹配

依托国家课程,项目组精选数学教材核心内容,从课程性质、课程目标、设计思路、课程内容四个维度进行顶层架构,生成“让数学‘动’起来”的课程清单,形成课程资源。

基于学科育人,梳理与学习匹配的教学素材。学科育人内涵丰富,包括数学的文化、学术、学科、教学实践等多个方面,其教育意义超越数学学科本位知识的范畴。项目组对教材中的“数学‘动’起来”元素进行细致梳理,并据此精心编制与教材紧密结合的教学素材,促进学生的思维发展。

基于教学知识,研发与课程匹配的教学工具。将“让数学‘动’起来”理念融入常态教学,集多个工作室数学教师的智慧,研发实物与智能两大类教学工具,经课堂验证并不断优化,最终形成近百件与课程紧密匹配的教学工具。

基于推广应用,探索与实践匹配的推进路径。成立学校联盟,构建多级平台体系,研制评价量表进行成效检验,形成涵盖“教”“学”“研”的多维生态场,实现抽象概念可视化、静态公式场景化、思维过程显性化。以AI体验、VR虚拟、AR增强等形式创设信息化学习环境,提供沉浸式学习体验;利用实物工具、智能软件提供丰富的学习资源,动态展示数学知识。

随着“让数学‘动’起来”策略的常态化实施,学生的数学理解力、分析力、综合力、比较力、概括力、抽象力得到有效提升,学生在逻辑思维、形象思维、示以思维、创造思维方面均展现出显著进步。

(作者系昆山市葛江中学党总支书记,正高级教师,江苏省特级教师,“苏教名家”培养工程培养对象;本文系江苏省基础教育前瞻性教学改革实验项目“让数学‘动’起来:提升学生数学思维力的教学实践”的阶段性研究成果)

以『动』促『思』,提升学生数学思维力

■杨丽娟