·新课标研究·

数字化转型下跨学科实践的理论探索与推进策略

——基于变构学习模型视角

侯 恕[1] 荆 鹏[2] 刘雨欣[1]
(1. 东北师范大学物理学院,吉林 长春 130024; 2. 东北师范大学教育学部,吉林 长春 130024)

摘 要:大数据、云计算、人工智能等先进技术的逐渐成熟和智能教育产品的爆炸式增长为物理跨学科实践的实现提供了可靠保障.然而,物理跨学科实践教学仍然存在诸多实践误识与价值偏倚,使物理跨学科实践教学流于形式、囿于经验,弱化了其应有效能.为此,要从教育数字化转型背景下理解物理跨学科实践的本质内涵,即要跨越知识边界、跨越方法壁垒、跨越环境围墙和跨越态度束缚;从变构学习模型的理论视角对跨学科实践教学进行重新审视.在此基础上,围绕"驱动—解构—变构—炼制"为主线构建了基于变构学习模型的跨学科实践教学推进策略,并给出了相应案例,以期勾勒数字化转型下物理跨学科实践教学的未来图景.

关键词:跨学科实践;物理教学;变构模型;教育数字化;核心素养

2023 年 2 月,世界数字教育大会在京召开,会上强调我国将坚定不移推进基础教育数字化战略行动,积极探索创新,充分借助数字化赋能基础教育高质量发展.[1]数字技术正在深刻地影响着物理教学理念、方法和模式的变革.2022 年 4 月,教育部发布最新义务教育初中物理课程标准,课程内容部分增设了跨学科实践主题.[2]跨学科实践作为一种有效的学习方式,旨在促进学生核心素养的发展.当前,物理跨学科实践教学囿于学科的本质特点、教师的素养能力和教学的制度环境等原因尚未实现真正意义上的育人实效,在此背景下,文章以变构学习模型理论为学理基础,从教师开展跨学科实践的视角,探讨其实践课程的设计逻辑与应然样态,建构具有学理且便于转化为实践行动的高质量物理跨学科实践教学策略,一方面克服当前跨学科实践缺乏学理依据的问题关注学习者的认识规律,促进教学目标高质量实现的问题;另一方面为物理教师开展跨学科实践,组织高质量课堂教学活动提供理论范本和操作参考.

1 "跨"什么:数字化转型下跨学科实践的内涵向度

随着互联网、物联网、智能硬件的发展,数字技术正渗透到生活的方方面面,进一步推动教学突破时空限制,促进教与学的双重革命.[3]对于兼具综合性、实践性和生成性的物理跨学科实践主题而言,技术介入一方面拓展了跨学科实践的选题来源范围,为实践的组织创新提供了新的设计形式.然而,技术介入后,机遇与挑战并存,我们需要理性审视在数字化转型背景下跨学科实践的内涵,可以从知识、方法、环境和态度 4 个维度展开阐述.

1.1 跨越知识边界:物理跨学科实践的观念视角

跨学科实践需要立足学科视角,物理学科的知识是跨学科实践的融合点与生长点.[4]物理跨学科实践教学要想突破单一的物理知识体系,利用物理学科的核心概念和规律,与其他学科的知识和思维模式进行联系和整合,就必须促进学生对物理概念和规律的深入理解和创新应用,培养学生的物理观念,形成多元化、综合化、开放化的知识结构.技术的迭代升级则为打破学科间隔阂,构建数字化知识图谱,实现知识可视化、可计算和可交互,促进学生对知识的深入理解和创新应用提供了无限可能.例如运用多学科的综合知识揭示真实情境现象背后的本质、解决真问题和提出新问题等等,这体现了物理跨学科实践中的整体主义课程观,即用普遍联系、相互制约的思维看待世界,重视完整知识领域的复原、复杂现实问题的保全,学习者通过主动探索、发现、创造,建构并完

基金名称:本文系教育部教育考试院十四五专项"基于核心素养的'教师资格考试'理科教学设计试题的命制与评价跟踪研究"(课题编号:NEEA2021090);2022 年教育部哲学社会科学重大攻关项目"双减背景下基础教育课堂形态及高质量发展研究"(课题批准号:22JZD047)的阶段性研究成果.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

善自己的知识结构.

1.2 跨越方法壁垒:物理跨学科实践开展的思维逻辑

跨学科概念是指在所有领域都有所运用的主要概念,它们提供了一种联系所有学科的方法.[5] 物理跨学科实践教学要与其他学科或领域的方法进行有机的借鉴和融合,不仅要实现知识边界的跨越,还要跨越单一学科方法模式的壁垒. 立足物理学科的同时,运用本学科的研究方法和技能,与其他学科进行比较、评价和创新,形成多样化、灵活化、创新化的教学方法. 技术支持多种教学方法和技能的融合与发展,如在线教学、混合教学、弹性教学、自适应教学和人机协同教学等,为学生提供更丰富、更灵活、更智能的学习方式. 一方面丰富了学生的学习方式和渠道,促进学生对物理问题的分析综合和推理论证,培养学生的科学思维;另一方面,体现了跨学科实践中的建构主义学习观,让学生在真实情境下通过合作探究的方式去分析问题与解决问题,允许教学结果的开放性、未知性和挑战性,强调学生积极主动地进行意义建构,进而提升核心素养.

1.3 跨越环境围墙:物理跨学科实践开展的探究场域

跨越环境围墙是指在物理跨学科实践教学中,教师和学生能够超越自身的空间限制和环境约束,以创新、探索、体验的方式,将不同学科的知识和方法应用于真实问题情境中,解决真实性问题. 物理学科与真实生活和社会问题联系密切,只有超越课本与教室,将学生置于真实的现实情境之中,物理知识应用能力和批判性思维能力才会有进一步提升. 但事实上,教育者鲜有关注促进跨学科学习发生的学习环境设计,导致"盲目跨""跨而无学科融合"以及"低水平跨"等现象的产生.[6] 教育数字化转型为物理跨学科实践教学跨越封闭的物理教学环境提供了技术保障,真实化、数字化、协作化的教学环境加速了与其他学科或领域进行有机的连接和拓展. 用数字技术构建新一代学习空间,例如智能学习空间、智能教室和数字校园等,实现物理环境和虚拟环境的高度融合,为学生提供更真实、更开放、更多元的学习场景. 这体现了跨学科实践中的实践主义的观念,即认为知识是在实践中产生、发展和完善的,而非受限于传统的教育场所,在非正式教育场所中不同学科之间可以通过实践活动进行有效的整合和转化. 这一过程是对书本中固化、传递和复制的僵化知识进行消解,对惰性、依赖、抗拒等消极的态度摒弃.

1.4 跨越态度束缚:物理跨学科实践开展的情感支撑

态度束缚是指在学习过程中,由于个人或社会文化等因素,形成的对某些学科或领域的偏见、抵触或排斥,影响了学习动机、兴趣和效果. 教育数字化转型下教师要形成正确积极、开放创新的教学态度,关注学生对物理跨学科实践学习的情感体验和价值观念. 在选取跨学科实践主题时,要选取现实情境下真实有意义的问题,如可以围绕水资源、能源、环境等与生活密切相关的问题,设计物理与其他学科(如地理、化学、生物等)结合的项目,激发学生的学习兴趣. 过程中注重培养学生的高阶思维能力,引导学生分析、综合、评价和创造不同学科的知识学习方法. 通过提出开放性、探究性、多元性的问题,启发学生运用数字技术进行数据收集、处理、分析和呈现,形成自己的见解和解决方案. 此外,可以通过小组合作、展示交流、反馈评价等方式,让学生感受到跨学科实践的乐趣和价值,增强自信心和自主性,尊重和引导学生对不同学科的态度和看法. 应用数字技术促进跨年级、跨班级、跨时空的跨学科学习共同体的建设,为学生提供更广泛深入的交流和合作机会. 这体现了跨学科实践中的多元文化主义课程观,超越教育者和受教育者的跨学科实践的偏见和刻板印象,以开放、包容、理解的心态开展跨学科实践的教与学,尊重不同文化群体和个体之间的差异性,重视培养学生对多元文化社会的认同感和包容性.

2 怎么"跨":基于变构学习模型的理论视角

2.1 变构学习模型的理论概述

变构学习模型是关于学习的复杂性机理的一种理论解释,[7] 是由瑞士日内瓦大学的安德烈·焦尔当教授于 20 世纪 80 年代后期提出的一种学习理论,它是在对直接传递模型、行为主义模型和建构主义模型的反思和扬弃的基础上涌现的. 他将学习看作是学习者自主发生的概念系统转换,借用了生物学中的变构蛋白质的概念,将学习者的知识结构比作是由氨基酸序列组成的蛋白质,而学习者的活动参数、学习环境和教学参数则相当于影响蛋白质变构的因素. 学习不再是简单地识记知识过程,而是一个"解构—建构"螺旋行进的经历. 由此提出了影响学习的学习者活动参数、学习环境、教学参数和概念系统. 该模型强调概念之间相互关联而形成的概念系统在知识建构中的独特价值,以及这一系统在不断变化中的稳定性;在经历知识转化中面临的障碍时,概念系统要经

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

历多重“对质”，如生生对质、师生对质，实现对原有知识解构、认知干扰、理解建构和炼制新知等过程才能实现真正意义上的变构. 学习者的概念系统在不同情境下会发生变化产生的变构有两种类型. 一种是微观变构，即概念系统内部的调整和优化；另一种是宏观变构，即概念系统之间的转换和重组.

2.2 变构学习模型的学科理解

物理学是人类对自然界中存在的物质的基本结构、相互作用和运动规律的认识，[8]《普通高中物理课程标准(2017 年版)》将物理学界定为自然科学领域的一门基础学科，[9]要求学生掌握一些物理概念、定律、原理和方法，同时培养学生的科学素养和探究能力. 变构学习模型与物理学科的关系可从 3 个方面理解. 一是变构学习模型与物理学科的理论契合点，变构模型注重概念系统的重要性，认为概念系统是学习者用以控制其环境的一种方式，是一种知识状态和一种操作取向. 这与物理教学关注学生的先验物理概念和常识，通过提问、解码、操练和融合等步骤，帮助学生建立正确的物理概念系统，并与其他领域的知识迁移相契合；二是变构学习模型和物理学科的实践生长点，概念系统转换是多参数的交互作用的复杂呈现，涉及对问题参照、方法策略、情境设计等方面. 这与物理教学实践中根据不同的教学目标和内容，设计适切的“激趣引智”互动，引导学生进行“探险式”迁移学习的实践导向相吻合；三是变构学习模型理论可为物理教学提供新的价值关切点，模型认为教师不能直接参与学生的思维成长，但可以通过操作教学环境来干扰学生的概念系统，在不断的解构和建构中螺旋发展，积极引导学生进行科学探究，让学生在实践中发现问题、解决问题，迁移应用并学会反思.

正如上文所说的宏观变构与微观变构，这两种变构在物理教学中可以集中呈现，宏观变构是指在学习物理知识时，从一个物理概念系统转换到另一个物理概念系统，形成新的物理思维方式. 这种变构是在原有物理概念系统之外进行的根本性改变，会改变原有物理概念系统的本质或结构. 而微观变构则是在同一物理概念系统内部进行的调整和优化，以适应新的情境或任务. 例如学习了物态变化的 6 种类型后，根据不同的条件和现象，判断物质发生哪种物态变化，这是在同一个概念系统“物态变化”内部进行的微观调整和优化，增加了学习者对物态变化现象的理解和分析能力. 这种变构是在原有物理概念系统的基础上进行的微小改变，不会改变物理概念系统的本质或结构.

3 如何“跨”：基于变构学习模型的跨学科实践推进策略

跨学科主题学习作为新课标修订的一大亮点，对于打破学科藩篱、实现课程的综合化和实践化具有重要意义.[10]从变构学习模型的角度看，跨学科实践是指以问题为导向，以任务为驱动，以项目为载体，以合作为方式，以评价为支撑，以反思为提升的一种基于认知结构变化的学习模式，为培养学生担当民族复兴大任时代新人所必备的品格和能力提供理论指引，也是教师和学生的数字素养发展、数字技术创新和批判性思维提质增效的必然要求. 基于此，从以下 4 个维度提出基于变构学习模型的跨学科教学实践推进策略，以期实现教育教学活动的优化、创新和变革，如图 1 所示.

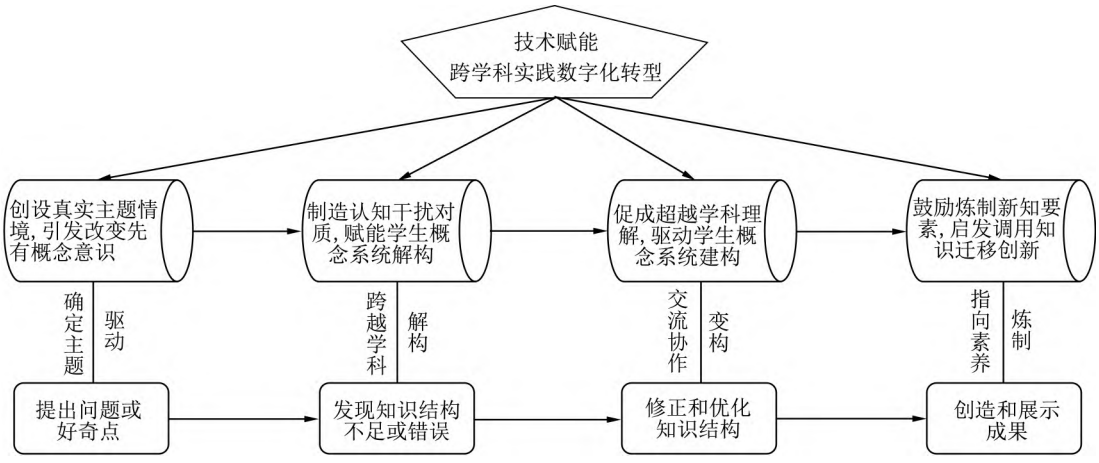


图 1 基于变构学习模型的跨学科实践推进策略

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.1 创设真实主题情境，引发改变先有概念意识

激活学生的先验知识和经验以及与其他学科相关的知识和经验，作为学习的基础和起点. 跨学科概念不是存在于真空中，[11]应该置于现实情境中进行教授和学习.[12]教师可以利用数字技术为学生提供多元化、开放化、动态化的学习环境，搭建非物理学科的相关情境和任务，让学生在多种媒介和资源的支持下，发现物理规律和原理，建立物理概念和模型.

3.2 制造认知干扰对质，赋能学生概念系统解构

产生认知冲突或不适应感，促使学生对自己的知识结构进行解构和批判. 当前的学习是去情境化的，而情境性是认知活动最根本的属性.[13]去情境化的学校教育致使学生获得“惰性知识”，无法激发和保持学生解决问题的动机、未能让学生经历完整的问题解决过程和建立基于理解的位置记忆.[14]教师可以设计一些问题情境和挑战性任务，让学生在真实情境中遇到问题或挑战，引导学生运用不同学科的知识和方法进行尝试和探索，让学生意识到自己的知识结构存在不足或错误，从而产生变化的动机.

3.3 促成超越学科理解，驱动学生概念系统建构

帮助学生重构和扩展自己的知识结构，从而形成更深层次的理解. “对质”和“扰乱”是动摇学生原有概念体的必经阶段，但如果干扰过于强烈，就会成为一种障碍，造成思维凝固和学习“卡壳”.[15]教师可以利用交流和合作的方式，与学生交换信息和观点，比较和评价不同的知识和方法，提供反馈和指导，让学生对自己的知识结构进行修正和优化，从而达到共同建构知识的目的.

3.4 鼓励炼制新知要素，启发调用知识迁移创新

培养学生的创新思维和实践能力，让学生能够将所学知识应用于新的情境中，解决新的问题或完成新的任务. 基于知识迁移的重要性，长期以来，迁移一直是学习科学的研究重点，[16]教师可以提供一些开放性、创造性、探究性的活动或项目，让学生在自主选择、探索、设计、实施、展示、评价等过程中，运用所学知识进行创造性的思考和行动，从而形成自己独特的概念系统.

4 基于变构学习模型的物理跨学科实践

人工智能的应用程序越来越多地部署在生活的各个领域，包括智能家居、智能城市、医疗保健服务和自治系统.[17]以智能家居为例，智能家居是继计算机和互联网之后物联网的新兴应用领域之一，目前已进入到千家万户，[18]发挥着“数字化”“智能化”的高效作用. 本文选取“智能家居”这一学习情境作为跨学科实践案例，一方面旨在通过探究智能家居的原理和应用，关联物理与生物、化学、信息技术等其他学科知识技能和方法概括多种智能家居设备共同属性，抽象出它们的本质特征，解构、建构智能家居物理模型；另一方面，帮助学生形成从跨学科视角认识周围事物的意识，尝试综合运用跨学科知识解决生活问题，同时提升学生的数字素养，亦是教育数字化转型的学科探索.

4.1 确定跨学科实践主题，引发学生浓厚兴趣

教师可利用虚拟现实、仿真等技术或影像资料为学生展示一些智能家居设备，引导学生观察它们的功能特点，启发学生思考它们是如何工作的、与传统家居设备有什么区别和联系、为我们的生活带来了哪些便利和挑战等问题. 学生据此提出自己感兴趣或好奇的问题，并记录下来，作为后续跨学科探究实践的线索. 这一过程要注意为学生提供与原有概念系统不一致的新信息，增进学生的认知动机和目标导向.

4.2 设计跨学科实践活动，指向学生概念解构

学生分组后，每组选择一个智能家居设备进行分析，例如智能灯、智能窗帘、智能温度控制器等. 学生通过自己搜集资料初步对该设备进行了解，画出其简易结构图，并标注出它的主要部件和功能. 各组之间对结构图互相展示、评价，并指出其中可能存在的不足或错误，意识到自己对智能家居设备知识结构存在的误识与障碍. 这一过程中通过“生生对质”“师生对质”，让学生对比和分析新旧知识之间的异同，发现自己的认知差距，产生认知冲突.

4.3 组织跨学科实践教学，助力学生概念建构

利用交流和合作的方式，生生之间、师生之间交换信息和观点，比较和评价不同的知识和方法. 教师要适时提供向学生介绍智能家居设备工作时传感器、控制器、执行器之间的关系，并给出一些具体的例子，来进行反馈和指导，要注意既不能“过度解读”，亦不可“熟视无睹”. 组内先进行交流修改结构图，并用简单机械模型来表示它. 各组之间再互相展示和评价自己的结构图，指出其中可能存在的优势或改进空间，通过调动

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

多学科知识达到对原有知识结构的修正和优化. 这一过程教师要帮助学生消除认知障碍,建立新的概念系统,以实现知识结构与认知结构之间的变构过程.

4.4 评价跨学科实践效果,鼓励学生炼制知识

实践物化的形式以选取教师提供的一些本主题相关的开放性、创造性、探究性的综合活动或项目的实物制作为主. 学生也可以提出创新性的想法与思路,以小组为单位运用跨学科的知识、方法和技能进行创造性的思考和行动. 例如学生可以设计和制作自己的智能家居设备,或者对现有的智能家居设备进行改进或优化. 教师可以让学生评价智能家居的优势和不足,尝试提出智能家居的安全性和可靠性等问题,并通过交流协作、自主学习的方式尝试给出解决方案. 学生形成自己独特的概念系统,并与他人分享交流. 在评价时采用多元化的评价方式和工具关注学生的变构效果,即概念系统的转换和重组炼制新知程度.

此外,在"智能家居"跨学科实践的全过程中可以引入中国在人工智能、物联网、大数据等领域的发展和应用,展现我国在智能科技领域的创新和领先地位,介绍一些中国的智能家居品牌和产品,呈现我国在智能家居市场的竞争力和影响力,同时把中国在环保节能、绿色发展、可持续发展等方面的政策和举措介绍给学生,让学生了解中国在应对全球性挑战中的作用和责任,激发学生的民族担当感和爱国情怀.

5 结语

人类社会正在从工业时代进入数字时代,审视物理基础教育数字化转型既是我国建设高质量教育体系的迫切要求,也是教育系统主动求新求变的创新过程. 基于变构学习模型的物理跨学科实践教学借助数字技术赋能,为学生素养全面发展提供了新的可行性思路,是实现物理跨学科教学的基本路径和策略. 然而,当下物理跨学科实践教学与所期盼的目标之间还存在较大的差距,量化评估的方法还较为模糊,我们需要进一步明确数字化转型下的物理跨学科实践与当前国内教育形势的适切性,探讨如何从学科融合和评价的角度继续深入研究物理跨学科实践教学的推进策略.

参考文献:

1 中华人民共和国教育部. 数字变革与教育未来——在世界数字教育大会上的主旨演讲[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_176/202302/t20230213_1044377.html,2023-02-13.
2 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
3 杨晓哲,任友群. 数字化时代的 STEM 教育与创客教育[J]. 开放教育研究,2015,21(5):35-40.
4 荆鹏,侯恕. 初中物理跨学科实践教学的内涵、价值与路径[J]. 物理教师,2022,43(10):32-36.
5 National Research Council. A frameworkfor K-12 science education: practices, crosscut-tingConcepts, and-CoreIdeas [M]. Washington, DC: NationalAcademiesPress,2012:83-84.
6 万昆,饶爱京. 促进跨学科学习发生的学习环境设计研究[J]. 教育学术月刊,2023(3):91-99.
7 A. 焦尔当, 裴新宁. 变构模型: 学习研究的新路径[M]. 杭零, 译. 北京: 教育科学出版社, 2010.
8 李佩珊,许良英. 20 世纪科学技术简史(第二版)[M]. 北京:科学出版社,1999.
9 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2022年版) [S]. 北京: 人民教育出版社,2022.
10 詹泽慧,季瑜,赖雨彤. 新课标导向下跨学科主题学习如何开展:基本思路与操作模型[J]. 现代远程教育研究,2023,35(1):49-58.
11 R A Duschl. The second dimension—crosscutting concepts[J]. Science Teacher,2012,79(2):34-38.
12 李瑞雪,王健. 美国科学课程中的跨学科概念:演进、实践及启示[J]. 外国教育研究,2021(4):102-117.
13 J G Greeno. The Situativity of Knowing Learning,and Research[J]. American Psychologist,1998(1):5-17.
14 刘徽. 真实性问题情境的设计研究[J]. 全球教育展望,2021(11):26-44.
15 俞丽萍. 基于变构模型的深度学习研究[J]. 中国教育学刊,2015(11):38-41.
16 曹鹭. 有效失败与知识迁移:理论、机制与原则[J]. 开放教育研究,2021(3):4-14.
17 N Azam, Data privacy ThREAT modelling for autonomous systems: a survey from the GDPR's perspective[J]. IEEE Transactions on Big Data, 2023,9(2): 388-414.
18 X Ye, J Huang. A framework for cloud-based smart home[C]//Proceedings of 2011 international conference on computer science and network technology. IEEE, 2011: 894-897.
19 李永智. 教育数字化转型的构想与实践探索[J]. 人民教育,2022(7):13-21.

(收稿日期:2023-05-02)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net