

沉浸式虚实融合环境中具身学习活动设计框架

□杨彦军 张佳慧

摘要:随着虚拟现实、增强现实等各种现代信息技术在学习环境建设中的广泛应用,基于沉浸式虚实融合环境的学习原理及学习活动设计成为亟待深入研究的前瞻性问题。从生态学和场域论视角来看,沉浸式虚实融合学习环境是由物理空间、信息空间和虚拟空间三元空间整合而成的学习生态环境,其中不同空间带来的多样化体验,为学习者获得由具体到抽象的各种学习经验提供了条件。虚实融合环境中的学习,在信息获取方式上是多模态感知学习的过程,在学习者参与学习互动的方式上是具身认知学习的过程,在学习者和经验世界的关系上是联通主义学习的过程。面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计框架包括确定期望结果和评估证据、分析学习者特征和学习内容、设计学习活动和指导、基于虚实融合环境的课程开发、课程评价及修正6个部分共计10个步骤。以此具身学习活动设计框架为依据,详细分析SMALLab沉浸式虚实融合环境中“疾病传播”课例的学习活动设计的结果表明,该设计框架能够较好地支持虚实融合环境中的具身学习活动设计与实践,有助于提高学习者的学习效率,促进其认知发展,提升其核心素养。

关键词:虚实融合;具身认知;学习活动设计;学习机制;学习生态环境

中图分类号:G434 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-5195(2021)04-0063-11 doi10.3969/j.issn.1009-5195.2021.04.007

基金项目:江西省教育科学规划重点研究课题“基于知识地图的跨学科整合型STEM课程原理与开发研究”(21ZD008)。

作者简介:杨彦军,博士,副教授,南昌大学教育发展研究院(江西南昌 330031);张佳慧,硕士研究生,南昌大学教育发展研究院(江西南昌 330031)。

随着虚拟现实(Virtual Reality, VR)、增强现实(Augmented Reality, AR)、大数据、云计算、人工智能、5G等新一代信息技术的广泛应用,人类的学习环境由以计算机投影为基础的多媒体学习环境逐渐发展为以虚拟现实技术为基础的沉浸式虚实融合学习环境(童慧等,2013)。由于虚实融合学习环境能够提供更加逼真的体验、丰富的资源和有效的交互,因而被视为破解当前教育教学难题、促进高效学习发生的突破点(张剑平等,2013;范文翔等,2019)。当前国内外关于虚实融合环境下教与学的研究主要集中在两个方面:一是关注线上虚拟环境与线下课堂环境相融合的混合学习环境下的教与学活动(李红美等,2013;张剑平等,2013;杨进中等,2014);二是关注基于VR和AR的虚拟学习与物理教学环境相融合的混合现实环境下的教与学活动(黄红涛等,2018;孔玺等,2019;范文翔等,2019;华子荀,2019;田阳等,2020;华子荀等,2021;刘革平等,2021)。目前鲜有关于线上线下混合、虚拟环境与物理环境相融合的沉浸式虚实融合环境下的教与学研

究。随着基于VR、AR和全息投影技术的智慧教室的建成,沉浸式虚实融合学习环境将成为学校课程教学的重要新型场所。如何充分发挥这种虚实融合环境下各种技术的优势、创设高质量学习活动、优化学生学习体验成为亟待深入探索的前瞻性问题。

一、沉浸式虚实融合学习生态环境的构成

学习环境是指促进学习发生的各种支持性条件的统合(钟志贤,2005)。沉浸式虚实融合环境是由线上学习环境、线下教学环境和基于VR/AR的虚拟环境整合构成的促进学习发生的各种支持性条件的统合。技术哲学家卡尔·波普尔(Karl Popper)提出的“三个世界”理论对沉浸式虚实融合学习环境结构的确立,具有基础性启发意义。波普尔指出人类世界从本体论上最少含有物理世界、精神世界和概念世界三个相互关联而又有明显区别的次世界(卡尔·波普尔,1987)。这三个次世界的关系表现为:物理世界是学习者精神世界产生的基础,精神世界又可以主观能动地改造现有的物理世界,经学

习者精神世界活动最终生成的各种外显化的客观知识又构成了概念世界,概念世界的客观知识又可以促进学习者精神世界的发展。随着互联网、物联网、大数据的广泛应用,人类的信息空间极速扩大,曾经主要以文字形式存储于概念世界的客观知识逐渐以多种形态存储于信息空间。我国学者潘云鹤(2018)提出人类社会结构正由“物理空间—社会空间”的二元结构向“物理空间—社会空间—信息空间”的三元结构转变,更加强调了信息空间成为人类社会赖以发展的重要组成部分。近年来,虚实融合技术的快速发展促使以VR、AR等技术为支撑的虚拟空间逐渐发展起来,这类空间有助于将优化设计的学习情境全息呈现给学习者或将抽象的概念信息直观化演示出来帮助学习者进行意义建构,这不仅能弥补物理空间学习的局限性,也进一步联通了物理世界和概念信息世界。张之沧(2001)将由AR、VR创设的虚拟世界称为“第四世界”,虚拟世界既可以模拟现实,也可以在现实基础上进行理论虚构。可见,虚拟世界作为现实世界的补充、升级或替代也开始成为学习空间的重要组成部分。综合分析,物理空间(世界1)、精神世界(世界2)、信息空间(世界3)和虚拟世界(世界4)已经成为当前人类世界相关联系而又各具特色的重要组成部分。罗伯特·加涅(Robert M. Gagné)认为人类学习条件可分为内部条件和外部条件,内部条件和外部条件相适应是有效学习发生的关键,教学就是要通过组织安排外部条件来激发并维持学习者的内部活动(R.M. 加涅, 1999)。以学习者为主体,内部条件就是学习者的精神世界状态,外部条件就是精神世界之外的物理空间、信息空间和虚拟空间形成的综合条件。为促进学习者内在精神世界的发展,需要充分发挥物理空间、虚拟空间、信息空间各自的优势以创设利于学习发生的外部条件,即创建沉浸式虚实融合的学习环境。正是外在的三元学习空间互联互通形成的沉浸式虚实融合学习环境作用于学习者的内在精神世界,才能更好地促进学习者的认知发展。

随着教育领域技术和资源的极大丰富,许多研究者主张从生态学视角探究学习环境。陈琦等(2003)从生态学角度出发建立了整合型学习模型;张立新等(2008)阐述了生态化虚拟学习环境的内涵和特点,并提出相应的结构和功能模型;美国教育部在《国家教育技术规划2010》文件中提出了“技术赋能的学习模型”(Learning Model Empow-

ered by Technology)。根据保罗·米尔格拉姆(Paul Milgram)等定义的真实环境与虚拟环境的连接关系,学习者的学习环境并不是虚实分离的两个极端,而是由真实到虚拟的整个连续统(Milgram et al., 1994)。本研究所指的“沉浸式虚实融合学习环境”是基于VR/AR等技术建立的虚拟世界与信息世界、物理世界互通融合的学习环境。从生态学视角来看,沉浸式虚实融合学习环境是以学习者为中心从学校向社会延伸的广义学习环境,涵盖了物理空间、虚拟空间、信息空间(主要指网络空间)三元学习空间中的各种资源与学习支持(见图1)。其中,在学校中,学习者通过参与课堂系统学习、实验室实验或虚拟实验、项目实践等学习活动,利用三元学习空间的资源来发展认知,进而提升综合能力。在社会中,学习者通过接收信息、参观展览、观察自然、查询网络、阅读图书等过程与社会资源进行交互,并通过知识建构不断加深对社会文化和知识的理解。总的来说,在沉浸式虚实融合学习生态环境中,学习者可以通过虚拟课程、虚拟实验、全息投影授课、网络学习资源、远程互动指导、实地互动指导和传统学校教育等方式获得学习支持。在沉浸式虚实融合生态环境中进行教学设计时,三元学习空间中活动、资源和环境的具体安排需要根据实际学习内容、学习者特征、学习活动等因素综合考量。

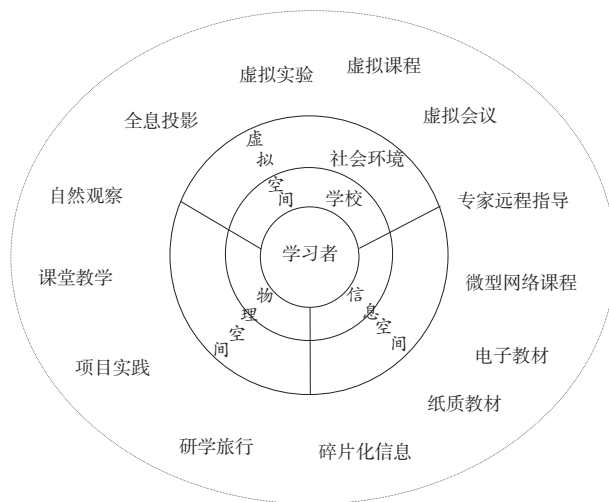


图1 沉浸式虚实融合学习生态环境

二、沉浸式虚实融合环境中的学习发生机制

学习机制是建立在学习者元认知水平基础上的认知发展过程(郭炯等, 2019)。理解沉浸式虚实融合环境下学习的发生机制需要分析该环境所能提供

的学习经验及其学习发生的过程。

1. 沉浸式虚实融合环境中的学习经验框架

教学活动的本质是创设有利于学习发生的学习情境。情境具有两大作用，即建立与学习者现有经验产生有意义联系的学习任务；帮助学习者形成知识、技能和经验之间的连接（Choi et al., 1995）。约翰·杜威（John Dewey）在威廉·詹姆斯（William James）“意识流”理论的影响下将“情境”定义为“由主体及客体所构成的整体范围”。当主客体处于怀疑状态时，即构成了一种问题情境。随着适应环境的行为不断进行，“意识流”的焦点和区域转化会推动问题情境持续衍变，从不确定性转向确定性。情境一方面使学习者获得新的学习体验，让其中印象深刻或经过反复巩固的部分发展成为其自身经验，为认知发展提供储备；另一方面也为其与已有经验建立联系提供了条件。约翰·杜威（2005）认为“经验是揭示自然的真实面貌的工具”。由于沉浸式虚实融合学习环境打通了物理空间、虚拟空间、信息空间的三元学习空间，为学习者带来极为丰富的学习情境、多渠道的交互方式、全方位的学习资源，因而更有利于巩固发展多层次的知识经验。

沉浸式虚实融合学习生态环境中不同空间带来的多样化体验，为学习者获得由具体到抽象的各种学习经验提供了条件。根据埃德加·戴尔（Edgar Dale）的“经验之塔”理论（埃德加·戴尔，1949），沉浸式虚实融合环境的学习经验框架见图2。首先，在物理空间，现实存在的一切人、事、物都可能成为学习者的经验来源。针对具体的学习目标，学习者可以通过课堂观察、实验探究、参观展览、实地考察、现场项目实践等方式获得一手学习经验，包括做的经验和观察的经验。在物理空间不能直接观察或在课堂教学中难以现场呈现的内容，则可以通过语言、文字的方式传递间接的抽象经验，也可以采用虚拟空间的全息投影、虚拟实验、虚拟课程、虚拟会议等方式进行补充。已有研究表明，基于虚拟现实技术的教学对学习者的学习效果的提升具有促进作用（王雪等，2019）。在基于AR和全息投影的虚拟学习空间，学习者在拟真化的体验中同样可以保留许多有效信息，积累做的经验和观察的经验。在由电子媒体和网络资源信息构成的信息空间（或网络信息空间），学习者通过查询、浏览可获取大量间接经验，经过观察、归纳、演绎、反思形成抽象概括，进而可为有意义学习的发生提供观察的经验和

抽象的经验。由于学习者认知发展的过程需要经历由具体到抽象的演变，不同抽象程度的经验都可以作为学习者认知发展的基础，因此经验之间没有优劣之分，不同空间及其资源也各有所长。在设计过程中，需要根据学习内容和现实情况选择适当的空间和资源，以调动相关经验促进认知发展。在沉浸式虚实融合的学习生态环境中，三元学习空间相互融合，空间的各要素之间需形成有效联系和互动机制，围绕教学目标发挥协同作用。如英特尔公司发布的《英特尔未来教室——桥项目（Intel Project Bridge）》通过连线远程专家、虚拟实验、3D打印模型、视频资源学习等方式联动各空间资源，构建出虚实融合环境下的未来课堂（杨彦军等，2019）。

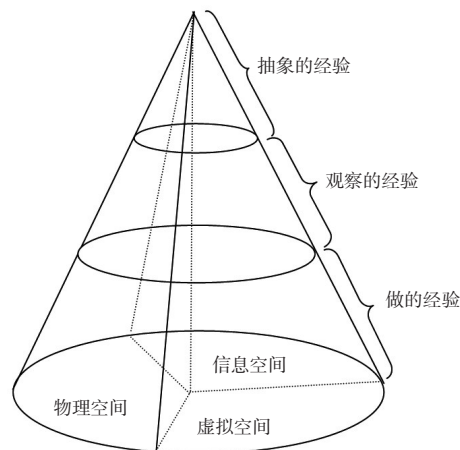


图2 沉浸式虚实融合环境的学习经验框架

2. 虚实融合环境中的具身学习原理

20世纪以来，许多学者开始重新思考笛卡尔（René Descartes）“身心二元论”的合理性。胡塞尔（Edmund Husserl）重视肉体（身体）在意识形成中的作用（罗克汀，1990），马丁·海德格尔（Martin Heidegger）从存在论视角提出人对世界的认识是通过“存在”的身体与世界其他事物互动实现的（马丁·海德格尔，1999），莫里斯·梅洛-庞蒂（Maurice Merleau-Ponty）提出身体与意识统一的“一元论”，认为正是身体的知觉连接了经验世界与自我，并将具身认知发展为知觉现象学（徐献军，2009）。具身认知理论主张认知是具身的、情境的，认知发展依靠经验积累，经验来自身体，身体处于生物、心理和文化的环境中（Varela et al., 1991），认知、身体和环境构成动态的统一体。这里的统一包含了生理诸官能的统一、心身统一以及与世界的统一等三个不同层面（范文翔等，2020）。与此对应，虚实融合环境也为学习者提供了多模态感知学习、狭

义具身认知学习和联通主义学习的条件。

虚实融合环境下的学习在信息获取方式上是一种多模态感知学习的过程,这正是具身认知理论强调的“生理诸官能的统一”。多模态是指采取多种方式获取关于同一现象、过程或环境的信息(钟薇等,2018)。在传统课堂环境中,由于资源和空间限制,学习者获取学习信息的方式比较单一,主要依赖于实物展示、观看图片、视频和教师口述等方式。而在虚实融合环境中,丰富的媒体和资源可以打造拟真化的学习情境,立体地呈现学习对象,使学习者通过多模态感知信息,达到对所学内容的全面理解。如在“岩石的认识”学习中,学习者可以通过实物、图片或VR技术观察掌握岩石的外形,如实物触摸可了解其质感,观看视频可掌握其形成过程,实验或虚拟实验可得知其特性和成分等。

虚实融合环境下的学习在学习者参与互动方面体现为一种具身认知学习的过程,这正是具身认知理论强调的“心身统一”。具身认知理论认为生理体验与心理状态之间有着紧密的联系,主张通过外在知觉促进意识发展。在虚实融合的学习生态环境中,学习者参与活动交互时可以通过多种途径感知获取大量知觉经验,初步形成基本概念,在经过分析加工转化为抽象概念后实现认知发展。约翰·布莱克(John Black)提出具身学习环境的构建应先从物理具身展开,即通过直接的身体接触(直接具身)或借助工具(代理具身与增强具身)的方式使学习者产生感官经验,再利用意向具身保持经验,通过总结反思与回顾巩固相关经验,最终在完成任务的过程中实现意义建构(Black,2010)。由于虚实融合学习生态环境既能为学习者提供充分的物理具身条件,提供适当的“供给量”,也能通过活动实践巩固学习经验提供意向具身的“土壤”,因而有助于具身认知学习的发生。

虚实融合环境下的学习在学习者和经验世界的关系方面体现为一种联通主义学习,这正是具身认知理论强调的“与世界的统一”。联通主义理论认为学习是在人类内部神经网络、人类社会的概念网络和外部社会网络之间搭建联系的过程(Siemens,2005)。在虚实融合环境中,三元学习空间通过呈现直观的学习对象和学习内容,帮助学习者激活内部神经网络的连接,形成新知识与原有知识之间的联系,构建起认知网络。认知联通旨在完成个体潜能的开发,个体的联通则将达到集体智慧的共享

(王志军等,2019)。根据联通主义理论,虚实融合的学习环境通过联通线上与线下、真实与虚拟、认知网络与概念网络搭建起个人与世界的桥梁,使学习者能够在参与知识建构、知识共享、知识创生的过程中更好地完成个体与外界的信息和能量交互,从而达到人与世界的联通。

三、沉浸式虚实融合环境中的具身学习活动设计

为了更好地发挥沉浸式虚实融合学习环境在促进学生在学习方面的优势和潜力,有必要对该环境下的具身学习活动设计做深入研究。具身学习活动是基于具身认知理论设计的学习活动,其目的是激发学习者的全面参与,具有情境化、做中学、身心协同等特征(李青等,2016)。

根据具身认知理论,学习是需要学习者身心共同参与学习活动,以行为促认知,以认知促行动的有意义加工的过程。它不是简单机械的动手操作,也不是纯粹的头脑想象,而是“理解性”学习的过程。理解性学习(Learning with Understanding)是指“学生通过学习获得深刻的概念性理解和适当应用知识的能力”(Gollub et al.,2002)。理解性学习需要认知、感情和行为发展相统一(郭晓娜,2016)。有研究者指出,在教学时将知识和学习置于多元情境中,有助于使学习者对概念达到深度理解和迁移应用,也有利于理解性学习的发生(陈家刚,2013)。由此可见,具身学习活动设计的目标与理解性学习的内涵不谋而合。杰伊·麦克蒂格(Jay McTiche)和格兰特·威金斯(Grant Wiggins)的理解设计框架(The Understanding by Design® Framework, UbD Framework)聚焦于学习者理解和学习迁移的教学和评估,采用反向设计提高课程的质量和有效性(Wiggins et al.,1998)。由于UbD的设计理念与我们的设计目标存在共通之处,因此我们将以UbD框架为基础来构建面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计框架。UbD教学设计框架包括确定所需结果、确定评估证据、设计学习活动和指导三个反向设计阶段。这三个阶段的内在一贯性有助于避免以活动为导向和以知识覆盖为导向的课程计划的双重弊端。该框架不仅重视对基础知识的理解和运用,更强调学习者对概念和过程的理解,这与我国当前学校教育所强调的核心素养和学科核心素养的培养目标相符合。沉浸式虚实融合环境的建立主要

是为学习者提供具身学习环境,使其获得丰富的学习体验,以弥补现实环境不足、学习者身体条件不足而带来的学习体验不佳等问题。本研究在借鉴UbD教学设计框架的基础上,综合杰罗姆·范梅里恩伯尔(Jeroen J. G. Van Merriënboer)等提出的四要素教学设计(Four-Component Instructional Design,简称4C/ID)模型(Van Merriënboer et al., 2002)在部分任务练习方面的优点和美国生物学课程研究所提出的5E模式(吴成军等,2010)的探究性特征,提出面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计框架。该框架包括确定期望结果和评估证据、分析学习者特征和学习内容、设计学习活动和指导、基于沉浸式虚实融合环境的课程开发、课程评价及修正6个部分共计10个步骤,见图3。此框架以提升学习者的“核心素养”为目标,通过目标、评估、活动三者的内在一致,以保证教学方向的正确性。

复杂环境中能有效运用和调整已有知识;通过观察大局和认识不同的观点来展现视角;通过敏感地感知和换位思考来表现共情;通过表现出元认知意识、反思学习和经验的意义来获得自我认识。这6个方面没有等级区分,且具有具身性的特点。在实际确定评估证据时,需要根据培养目标和内容性质选择其中相应的方面。除此以外,其他任务也可以提供佐证,如传统的测验、测试、观察和工作样本等,亦可以通过多方面立体化的评价来更准确地评估学习者的学习效果。

2.分析学习者特征和学习内容

由于虚实融合环境下的学习需要学习者参与密切交互,获得具身学习体验,为此需要根据学习者特征进行针对性的设计。学习者特征分析主要从认知能力、知识基础、共同特点和个体差别等方面展开,是后续学习任务和活动安排、学习媒体和策略选择的依据。根据皮亚杰(Piaget)的认知发展观,各年龄段学习者的认知发展水平存在差异。因此,进行教学设计时需要针对不同认知发展水平的学生安排适当难度和复杂性的具身学习活动。除此以外,还要考虑学习者的知识基础、共同特征、个体差异等因素,如针对体育生的教学可以设计较高身体参与程度的活动,针对残疾人群的教学要设计符合学习者条件且能弥补其身体不足的学习活动。不同学科或主题的教学也需要考虑对应的具身设计要求。例如,表演类课程可以通过观察模仿、沉浸式情境的营造来培养学习者的表演能力;创客类课程可以通过实际观察、实践操作来培养学生解决问题的能力。

3.设计学习活动和指导

为了达成学习目标,还需要根据期望结果和学习内容细化学习任务、活动和资源。由于以“理解”为核心的教学需要给学习者更多主动建构的机会,因此,教师在设计学习活动和指导时应适当留白,并尽可能地提供知识迁移所需的支持。

(1)根据学习主题设计系列学习任务

学习任务的设计应注重真实性、目的性、活动性和教学性(钟志贤等,2006)。在根据主题安排系列学习任务方面,可参考杰罗姆·范梅里恩伯尔等人构建的4C/ID模型。该模型将复杂的学习项目分解为四个相互关联的基本要素,包括简单学习任务、支持性信息、程序性信息和部分任务练习。以此为基础设计虚实融合环境中系列学习任务时,可以先根据学习主题将复杂任务细化为一系列难度递

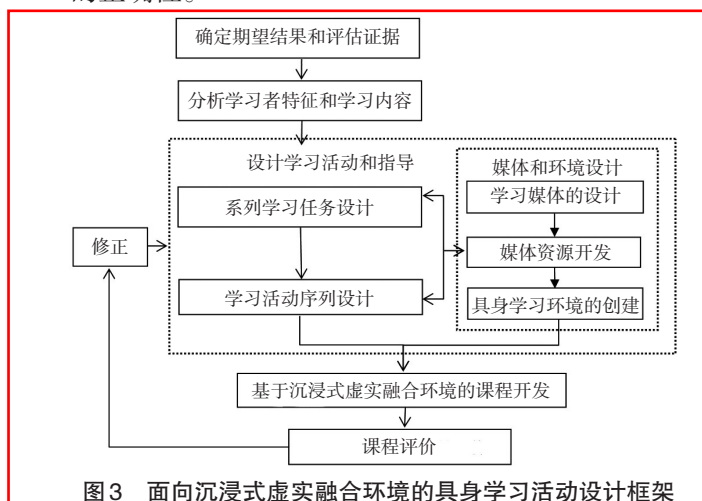


图3 面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计框架

1.确定期望结果和评估证据

根据UbD教学设计框架,在设计具身学习活动时应首先确定期望的结果,也就是教学目标。教学目标的确定要以学习者的“理解”为核心,这里的“理解”是建立在具身基础上的意义建构的过程。在以“理解”为核心的基础上,再结合国家课程标准、人才培养目标、学科特点和学习者特点,制定切实可行的具体目标。

明确期望结果之后,再确定相应的评估证据,评估证据要能反映预期结果。评估证据以绩效任务为主,从解释、说明、运用、转换观点、同理心、自我评估6个方面评估“理解”,即可以用自己的语言来解释概念、原则和过程;能够通过图像、类比、故事和模型来说明数据、文本和经验;在新的

增的具体任务,再设计相应的支持性信息和程序性信息,以为学习者提供合适的脚手架。当学习者完成完整的学习任务后,可根据学习情况为其安排不同类型、不同程度的部分任务练习,以加强学习者对部分技能的掌握和运用。整个设计过程中,需要注意任务的连贯性和难易度。

(2) 根据学习任务设计学习活动序列

根据学习任务选择学习活动时不仅要考虑学习者特征、具体的学习任务和媒体的特性等因素,也要考虑该学习活动是否有助于学习者建立社会联系和认知联系。社会联系的建立可通过小组合作、集体探究等方式进行,既能使学习者在观察模仿中获得认知的发展,也锻炼了学习者的表达能力、沟通能力等社交能力。认知联系的建立需要将知识放在更广泛的环境中来理解,通过与学习者过去已有经验或现实世界建立联系,使学习者的认知图式更加完整和立体。但无论是社会联系还是认知联系的建立,都需要与所要学习的知识密切关联,并以知识逻辑来建立内在联系。学习活动的组织可按照5E模式,即先将学习者已有的相关经验引入(Engage)新知识,然后在虚实融合环境下组织学习者参与活动探究(Explore)新知识,接着展示讨论(Explain)学习结果,教师引导学生促进知识迁移(Elaborate),并将评价(Evaluate)贯穿于活动过程中。

4. 媒体和环境设计

根据约翰·布莱克的具身教学框架(Black, 2010),学习者的具身认知发生必须首先通过物理方式(直接、替代或增强实施方式)作为一种完整的感知体验,然后通过想象的实施方式维持学习活动,最终促进学习迁移发生。因此在传授新知识时,除了要联系学习者已有的知识经验,也要适当利用物理、虚拟或信息空间的媒体和资源为学习者具身经验的产生营造条件,然后通过想象具身实现认知建构。

(1) 学习媒体的设计

在选择和设计各类学习媒体时,主要需要考虑学习活动的特征与性质,如自然观察类活动可以通过物理空间直接观察或虚拟现实技术模拟观察以获取经验,实验操作类活动可以物理实验室动手操作或虚拟实验室模拟操作为主。除此以外,还要综合考虑空间限制、学习效果、价格、危险性、操作难易等多种因素。由于在物理、虚拟和信息三元学习空间中,各类教学媒体导致的学习者身体投入程度

有所不同,其具身程度也不同,这就为各类媒体的选择提供了更多依据。有研究者根据身体的投入程度将交互方式分为头部交互、上肢肢体动作交互、全身参与(场景固定、位置变动小)交互、场景式交互(全身参与、场景丰富)四类(李青等, 2016)。物理空间的媒体交互涉及身体的不同投入程度,包括学习者头部的五官和大脑感知、上肢的手部动作、全身运动或实验以及研学旅行、多媒体环境下的活动等多种交互。信息空间的媒体交互主要通过学习者的头部和上肢完成,如信息获取通过头部的大脑、视听感官参与交互,信息查询通过上肢操作鼠标或触屏交互。虚拟空间的交互同样需要身体不同程度的参与,只是利用虚实融合技术替代了现实中的设备或环境,如用体感游戏代替真实操作。

在相同的身体投入程度下,对于一些简单常见知识的学习,物理空间的媒体和资源相较于虚拟空间通常价格较低、操作方便,但对于一些复杂知识的学习,如人体解剖、爆破试验、DNA结构观察等,物理空间的媒体和资源就存在代价大、成本高的弊端。此时,采用虚拟空间技术弥补或替代的方式能够降低实际操作的危险性和代价、突破时空限制甚至模拟现实难以体验的场景,其缺点是仪器价格一般较为昂贵。当学习者在物理空间或虚拟空间中直接接触或模拟操作时,有助于激活其身体图式,唤起已有经验,生成新的具身经验,其学习效果通常会好于信息空间观察的学习经验(沈夏林等, 2019)。米兰大学神经科学博士克劳迪娅·雷佩托(Claudia Repetto)证明了在虚拟环境中运动四肢有助于对相应动作的理解(Repetto et al., 2015)。网络信息资源丰富,获取便捷,但由于内容质量难以保证,学习者在查询并获取信息时,也会面临一定的困难。同时,不同身体投入水平也会产生不同的效果。仅通过视听感官获取的语言、文字信息效率较高,但产生的“理解”水平有限。有研究表明,手势有助于知识的表达,尤其是用语言难以表述的时候(Clements et al., 1999)。因此,手势在教学中的应用也较为广泛。全身交互和场景式交互能使学习者获得更为深刻的体验,如体育运动、研学旅行、虚拟实验等。在具体设计过程中,可以先结合学习者特征和学习内容初步确定系列学习活动的内容与形式,再根据各学习活动确定备选媒体资源的优先级别,在综合考虑不同媒体的效果、价格、危险性、操作难易等因素之后再进行综合选择,然后

再对学习活 动进行调整,经过反复比较,选定最佳的活 动和相对应的媒体资源,进而完成媒体资源的开发。

(2) 具身学习环境的创建

具身学习环境的创建主要包括适当的课堂布局和智慧化的人机交互资源布置。有研究表明,无序的物理环境会降低人们的自控力,影响人的认知(Chae et al., 2014; 路红等, 2018)。因此,课堂环境方面,教室要简洁宽敞,课桌椅布置要灵活,便于开展多样化的教学活动(叶新东等, 2014)。智慧化的人机交互资源包含捕捉系统、计算系统、展示系统和线上系统(陈杰, 2020)。捕捉系统利用运动追踪、头部追踪、眼动追踪、脑电、人脸识别、心率监测等追踪设备实时获取学习者的学习动态;计算系统实时计算、分析和反馈学习过程中产生的数据;展示系统利用虚拟现实、增强现实、混合现实等虚实融合设备与传统纸笔、图片等媒体进行资源和成果展示;线上系统提供大量的网络学习资源。

5. 基于沉浸式虚实融合环境的课程开发、评价与修正

最后开发基于沉浸式虚实融合环境的课程,综合学习过程中的数据反馈和测评结果完成形成性评价和总结性评价,分析教学设计效果,修正设计过程,经过几轮反复迭代完成最终设计,并对学习者进行针对性的辅导。由于基于虚实融合环境的课程开发、课程试用评价及课程修正完善等过程与传统课程开发流程类似,在此不再赘述。

四、沉浸式虚实融合环境中具身学习活动设计案例分析

在基于沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计实践中,美国亚利桑那州的多媒体情景艺术学习实验室(Situated Multimedia Arts Learning Lab, SMALLab)开展的工作具有代表性。SMALLab是融合视、听、动觉为一体的学习环境,也是一个以实体教室为主,以计算机网络技术、物联网技术以及红外传感技术为辅的虚实融合环境(Kelliher et al., 2009),如图4所示。SMALLab物理空间较为开放,学生们出入互动区域不受限制。互动区域内外的学习者均可裸眼直接观察学习场景中的情况,并参与交流协作。环境中装有多种传感和反馈设备,如多模态感知、场景建构、动作捕捉技术、声音和视觉反馈等,学习者在技术支持下通过和区域内的虚拟

物进行互动,便可获得具身的学习体验;同时学习者的位置、动作等学习相关数据被传感器感知记录下来,以为其提供实时反馈和过程性评价。SMALLab有情景各异且不断更新的场景库,教师可根据需要提供多个学科的不同活动场景,如生物、化学、物理、地理、语言、艺术等活动场景。

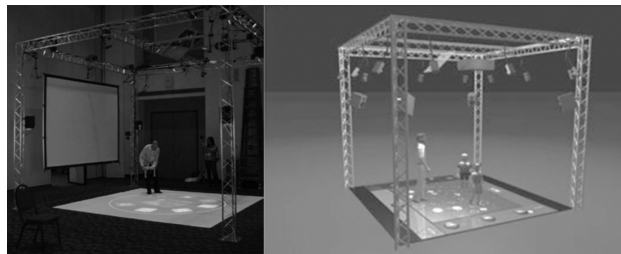


图4 SMALLab 学习环境示意图

Johnson-Glenberg 等人(2014)曾在虚实融合环境(SMALLab)和常规教学环境下进行生物“疾病传播”教学的对比实验。实验操作步骤和过程与上述研究提出的面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计框架基本相符。

第一步,确定期望结果和评估证据。根据美国《下一代科学教育标准》和《21世纪技能框架》的要求,对学习者的培养应注重通过实践提升其综合能力。同时根据生物学科特点和学习者特征,在“疾病传播”课例设计中,确定了学习者理解并掌握疾病传播的过程和不同类型药物治疗对疾病作用的期望结果,并将其具体分为三个小目标:在封闭系统中模拟疾病传播的变化,推导其传播原因;逐步引入细菌感染和病毒的区别、抗生素和疫苗的区别以及抗生素耐药性、有症状和无症状携带者、资源有限的概念;了解疾病如何在封闭系统中传播,并将他们的新见解推广到其他系统。然后明确前测、中测和后测三次评估点,教师根据期望结果制定出一系列试题作为评估工具,如解释疫苗和抗生素的区别、说明如何绘制感染情况线型图等检验“理解”的题目。

第二步,分析学习者特征和学习内容。学习者是一所高中10年级和11年级的学生,具有一定的逻辑思维能力,他们来自不同种族,此前未系统学习过疾病传播的知识,但多数曾在SMALLab环境中学习过,能够接受SMALLab环境。学习内容包 括疾病传播的概念、过程和治疗方法,根据内容可采用常规教学或虚实融合环境下的具身教学。

第三步,设计学习活 动和指导。教师先根据学习主题设计创建化身、模拟疾病传播和药物治疗等

难度递增的学习任务,再结合学习环境和学习者特征细化为一系列的学习活动(见表1)。整个教学活动过程采用探究式教学方法,有助于学习者建立认知联系和社会联系。教师根据具体活动特点适当调用不同空间的媒体和资源,充分发挥虚实融合环境的优势,促进学习者具身认知发展。活动前,教师利用物理空间的语言、手势等方式快速简单地介绍,使学生熟悉实验环境及其操作方法。在SMALLab环境中,地板屏幕中间的方框代表水和营养(见图5),中间十字形圆框代表药品(见图6)。屏幕周围有一圈学生创建的化身(见图7)。每个化身外有两个环,外环表示健康计,会随着感染情况减少时间;内环颜色表示健康状况,红色是有症状患者,黄色是无症状患者,白色是健康人群。学生可以通过补充水和营养或药品治疗延长

健康计时长,当时长耗尽,化身就会变成“骷髅”,则宣告该生游戏结束(见图8)。教师可以通过设置菜单选项控制健康下降率、治疗效率、最大水量、无症状的潜伏时间、抗生素的耐受阈值和抗生素耐受开关,可以选择病毒模式或细菌模式。接着学生通过信息空间查询大量资料,对疾病传播相关概念形成基本认识。然后利用虚实融合环境进行虚拟实验,通过操纵虚拟化身参与活动产生较高的参与度和沉浸感(Mennecke et al., 2011),降低了危险性,更直观且更具可行性。学生在虚实融合环境中创建自己的虚拟化身,代表自身参与虚拟实验。实验时,学生紧挨头像围成一圈,通过跟踪棒控制化身(见图6)。由于化身需要补充水和营养,学生需要不时进入活动区域,在此过程中,疾病患者将疾病传染给其他

表1 SMALLab条件下“疾病传播”课例的具身学习活动序列

时间	教学活动	教学过程	学习空间			学习经验特征分析
			物理	信息	虚拟	
第一天	熟悉虚实融合环境的互动方式	教师利用语言和动作讲解创建化身和用跟踪棒激活、操作化身的方法,学生在虚实融合环境中练习操作工具	☑	□	☑	通过讲解,学生获取间接经验,效率较高、操作简易
	查询背景资料	学生利用网络空间资源查询疾病传播有关知识,了解疾病如何通过水、空气进行传播	□	☑	□	通过主动查询提升探究能力,获取大量信息资源
	实验准备	学生尝试虚拟化身的创建,以此代表自身“第二人生”,未完成创建的将自动插入默认怪物	☑	□	☑	提升学生参与度和沉浸感,产生做的经验
	虚拟实验	学生在虚实融合环境下活动(补充水和能量)以维持生命,同时在活动中可能被感染	☑	□	☑	操纵虚拟人物参与获取直接经验,投入程度高、过程更直观、危险性小
		学生在观察到感染情况后开始有意识与患者保持距离来维持生命,类似隔离	☑	□	☑	在体验中增强危机意识及自我保护能力
第二天	协作讨论	学生开始判断有症状和无症状的携带者,讨论化身的黄色圆环代表的含义,推导传播原因	☑	□	□	通过解释分析提升问题分析与合作沟通能力,提高参与度与积极性
	协作讨论	学生进一步分析有症状和无症状感染的区别	☑	□	□	锻炼问题分析能力和合作解决问题能力,投入度高
	增加虚拟实验条件	教师通过加快学生的生命消耗速度,增加同时在活动空间中补充能量的人数,增加感染率	☑	□	☑	通过环境压力促使学生寻找问题解决途径,效果较好
	协作讨论	在感染人数增加的环境压力下,学生凝聚力增强,合作找出需要被隔离的人,将其排除在公共区域之外	☑	□	□	通过物理空间面对面解释分析,培养探究与问题解决能力,提升主动性
	增加虚拟实验条件	教师限制药品供应,使学生不能随便使用药品,通过环境压力迫使学生考虑如何改变系统动态	☑	□	☑	虚拟用药危险性小,能够调动积极性和增加参与感
	协作讨论	学生讨论感染的性质,分析细菌感染与病毒感染的不同点	☑	□	□	通过解释分析培养合作与沟通能力,促进认知建构
	教师指导	教师介绍抗生素耐药性的含义和形成原理,改变其阈值	☑	□	☑	为学生提供支持性信息作为支架,提高教学效率
第三天	虚拟实验	学生绘制感染情况的线型图,探索使用药物的最佳时机	☑	☑	☑	促使学生采用建模方法,提升其计算素养和工程素养水平
		教师引入疫苗,学生在疫苗接种和抗生素耐受性模拟之间交替进行	☑	□	☑	危险性小,教学效果良好
	总结提升	全班共同分享学习经验和过程数据,并将经验推广至其他系统	☑	□	□	提升反思能力和系统思维能力
	教师指导	教师在专业学习社区会议上通过语言讲解和图形表示澄清学生关于疾病传播的误解	☑	□	□	提供间接经验指导,有助于厘清概念和原理,教学效果良好



图5 疾病传播场景屏幕底图



图6 疾病传播实景图

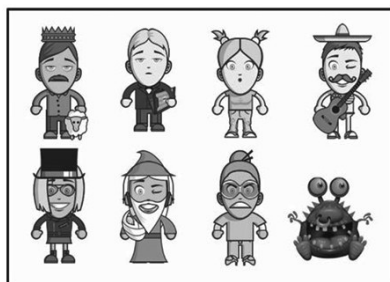


图7 学生创建化身示例

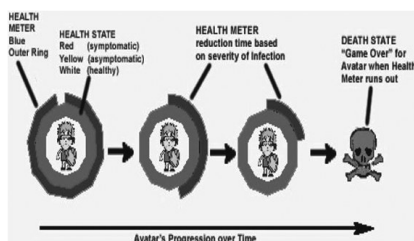


图8 化身疾病发展示例

人。学生开始有意识地减少与潜在患者的接触，并讨论分析感染者，推导传播原因。教师通过加快健康消耗率使学生更多地出现在活动空间，增加感染人数，提升活动难度。此时学生凝聚力增强，开始组织讨论需要隔离的患者。教师再通过药品限制，迫使学生思考如何充分利用药物改善现状，学生尝试对细菌感染和病毒感染进行区分。教师介绍抗生素耐药性的概念和形成原理，然后改变其阈值。学生以建模的方式分析用药的最佳时机。之后，教师引入疫苗，学生探索疫苗和抗生素的效果差异。最后全班总结分享经验，尝试将思维过程推广到其他系统。教师评价整个学习过程，并且澄清一些误解。

在系列难度递增的活动任务中，学生通过观察活动空间的情况变化并及时调整策略，获得具身学习经验，同时发展合作交流、自主探究和问题解决等高阶思维能力。在此过程中，教师主要负责提供学习支持，包括必要的经验指导和流程把控。SMALLab 沉浸式虚实融合环境为学习者提供了技术支持。

可见，在此课例设计中，设计者非常注重对学习活动的安排和相应媒体的选择，在明确期望结果和评估证据、分析学习者特征和学习内容的基础上，确定学习任务，再将其分为一系列不同难度不同操作方式的活动。在此过程中，设计者充分发挥不同空间的资源优势，如在熟悉活动空间和基本概念澄清部分利用物理空间通过教师面对面的语言讲解完成，效率较高；在背景资料的掌握部分以学生的自主查询为主，利用信息空间的海量资源锻炼学生的信息搜集和筛选能力，培养探究意识；在试验探究部分利用虚实融合环境危险性小、投入度高、直观性强的特点开展探究活动，使学生在活动中不断提升认知建构和问题解决能力、合作交流能力等综合能力。**这个结果得出的很莫名其妙**

该案例表明，沉浸式虚实融合环境中学生的学习效果明显好于传统课堂环境中学生的学习效果。学习者互换学习条件后，最终效果无明显差异。因此可以认为，学习效果差异来源于沉浸式虚实融合环境下的具身活动设计与实践。总之，面向沉浸式虚实融合环境的具身学习活动设计由于充分利用环境优势，以学习者为中心调动各类资源，促进了学习者的认知发展，调动了学习积极性并提升了学生的核心素养。

五、结语

混合现实、全息投影、人工智能、物联网和5G通信等新兴信息技术的发展为虚实融合的新型学习环境的营建打下了技术基础，基于此环境的教学实践正在生物、地理、化学和职业教育等学习领域逐步展开。然而，虚实融合新型学习环境下的教学发生机制及具身学习活动、学习资源设计等理论研究则相对滞后，以至于教学实践常停留在表面而缺乏系统设计。为此，本研究以具身认知理论为基础对虚实融合学习环境的构成及学习发生机制进行了分析，并通过构建沉浸式虚实融合环境下的具身学习活动设计框架，分析了现有虚实融合教学典型

案例,期望为基于虚实融合环境的教学活动设计和教学改革提供参考借鉴。同时,随着人工智能和大数据在教育领域的深入应用,大量的生物信息数据正在产生并被获取、筛选、分析,这为未来课堂的研究和设计提供了更多佐证和思路,最终将使课堂教学在理论设计与实践验证的相辅相成中逐渐趋于完善。

参考文献:

- [1][德]马丁·海德格尔(1999).面向思的事情[M].陈小文,孙周兴.北京:商务印书馆:70.
- [2][美]R. M. 加涅(1999).学习的条件和教学论[M].皮连生,王映学,郑葳等.上海:华东师范大学出版社:24.
- [3][美]埃德加·戴尔(1949).视听教学法之理论[M].杜维涛.上海:中华书局.
- [4][美]约翰·杜威(2005).经验与自然[M].傅统先.南京:江苏教育出版社.
- [5][英]卡尔·波普尔(1987).客观知识[M].舒炜光.上海:上海译文出版社.
- [6]陈家刚(2013).促进理解性学习的课程和教学设计原则[J].全球教育展望,42(1):53-61.
- [7]陈琦,张建伟(2003).信息时代的整合性学习模型——信息技术整合于教学的生态观诠释[J].北京大学教育评论,(3):90-96.
- [8]陈恣(2020).具身认知视角下A-STEM学习空间设计[J].全球教育展望,49(4):46-57.
- [9]范文翔,赵瑞斌(2019).数字学习环境新进展:混合现实学习环境的兴起与应用[J].电化教育研究,40(10):40-46,60.
- [10]范文翔,赵瑞斌(2020).具身认知的知识观、学习观与教学观[J].电化教育研究,41(7):21-27,34.
- [11]郭炯,郝建江(2019).人工智能环境下的学习发生机制[J].现代远程教育研究,31(5):32-38.
- [12]郭晓娜(2016).理解性学习的实践策略:基于哲学解释学的视角[J].全球教育展望,45(2):41-49,128.
- [13]华子荀(2019).虚拟现实技术支持的学习者动觉学习机制研究[J].中国电化教育,(12):16-23.
- [14]华子荀,欧阳琪,郑凯方等(2021).虚拟现实技术教学效用模型建构与实效验证[J].现代远程教育研究,33(2):43-52.
- [15]黄红涛,孟红娟,左明章等(2018).混合现实环境中具身交互如何促进科学概念理解[J].现代远程教育研究,(6):28-36.
- [16]孔玺,孟祥增,徐振国等(2019).混合现实技术及其教育应用现状与展望[J].现代远距离教育,(3):82-89.
- [17]李红美,许玮,张剑平(2013).虚实融合环境下的学习活动及其设计[J].中国电化教育,(1):23-29.
- [18]李青,赵越(2016).具身学习国外研究及实践现状述评——基于2009—2015年的SSCI期刊文献[J].远程教育杂志,34(5):59-67.
- [19]刘革平,高楠(2021).手势交互虚拟实验对学习体验的影响机制[J].现代远程教育研究,33(2):22-32,72.
- [20]路红,张心园,韦文琦等(2018).空间物理秩序对心理和行为的影响[J].心理科学进展,(3):560-570.
- [21]罗克汀(1990).从现象学到存在主义的演变——现象学纵向研究[M].广州:广州文化出版社:41.
- [22]潘云鹤(2018).人工智能2.0与教育的发展[J].中国远程教育,(5):5-8,44,79.
- [23]沈夏林,邓倩,刘勉(2019).智慧课堂学习体验:技术赋能身体图式的唤起[J].电化教育研究,40(9):75-82.
- [24]田阳,万青青,陈鹏等(2020).多空间融合视域下学习环境及学习情境探究[J].中国电化教育,(3):123-130.
- [25]童慧,杨彦军(2013).ICT支持的人类学习方式的发展与变革[J].电化教育研究,34(5):25-30.
- [26]王雪,徐文文,高泽红等(2019).虚拟现实技术的教学应用能提升学习效果吗?——基于教学设计视角的38项实验和准实验的元分析[J].远程教育杂志,37(6):61-71.
- [27]王志军,陈丽(2019).联通主义:“互联网+教育”的本体论[J].中国远程教育,(8):1-9,26,92.
- [28]吴成军,张敏(2010).美国生物学“5E”教学模式的内涵、实例及其本质特征[J].课程·教材·教法,30(6):108-112.
- [29]徐献军(2009).具身认知论——现象学在认知科学研究范式转型中的作用[M].杭州:浙江大学出版社:49.
- [30]杨进中,张剑平(2014).虚实融合的研究性学习环境设计[J].电化教育研究,35(12):74-80,85.
- [31]杨彦军,罗吴淑婷,童慧(2019).基于“人性结构”理论的AI助教系统模型研究[J].电化教育研究,40(11):12-20.
- [32]叶新东,陈卫东,张际平(2014).未来课堂环境的设计与实现[J].中国电化教育,(1):82-87.
- [33]张剑平,许玮,杨进中等(2013).虚实融合学习环境:概念、特征与应用[J].远程教育杂志,31(3):3-9.
- [34]张立新,李世改(2008).生态化虚拟学习环境及其设计[J].中国电化教育,(6):5-8.
- [35]张之沧(2001).从世界1到世界4[J].自然辩证法研究,(12):66-70.
- [36]钟薇,李若晨,马晓玲等(2018).学习分析技术发展趋向——多模态数据环境下的研究与探索[J].中国远程教育,(11):41-49,79,80.
- [37]钟志贤(2005).论学习环境设计[J].电化教育研究,(7):35-41.
- [38]钟志贤,刘春燕(2006).论学习环境设计中的任务、情境与问题概念[J].电化教育研究,(3):16-21.
- [39]Black, J. B. (2010). An Embodied/Grounded Cognition Perspective on Educational Technology[M]// Khine, M. S., & Saleh, I. New Science of Learning: Cognition, Computers and Collaboration in Education. Berlin: Springer-Verlag:45-52.
- [40]Chae, B., & Zhu, R. (2014). Environmental Disorder Leads to Self-Regulatory Failure[J]. Journal of Consumer Research, 40(6):1203-1218.
- [41]Choi, J. I., & Hannafin, M. (1995). Situated Cognition and Learning Environments: Roles, Structures, and Implications

for Design[J]. Educational Technology Research and Development, 43(2):53-69.

[42]Clements, D. H., Swaminathan, S., & Hannibal, M. A. et al. (1999). Young Children's Concept of Shape[J]. Journal for Research in Mathematics Education, 30(2):192-212.

[43]Gollub, J. P., Bertenthal, M. W., & Labov, J. B. et al. (2002). Learning and Understanding: Improving Advanced Study of Mathematics and Science in U.S. High Schools[M]. Washington, D. C.: National Academy Press: 6,117,1,154-175,176.

[44]Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., & Tolentino, L. et al. (2014). Collaborative Embodied Learning in Mixed Reality Motion-Capture Environments: Two Science Studies[J]. Journal of Educational Psychology, 106(1):86-104.

[45]Kelliher, A., Birchfield, D., & Campana, E. et al. (2009). SMALLab: A Mixed-Reality Environment for Embodied and Mediated Learning[C]// Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia. Beijing, China.

[46]Mennecke, B. E., Triplett, J. L., & Hassall, L. M. et al. (2011). An Examination of a Theory of Embodied Social Presence in Virtual Worlds[J]. Decision Sciences, 42(2):413-450.

[47]Milgram, P., Takemura, H., & Utsumi, A. et al. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum[J]. SPIE, 2351(34):282-292.

[48]Repetto, C., Cipresso, P., & Riva, G. (2015). Virtual Action and Real Action Have Different Impacts on Comprehension of Concrete Verbs[J]. Frontiers in Psychology, 6(176):1-9.

[49]Siemens, G. (2005). Connectivism: Learning as Network-Creation[J]. ASTD Learning News, 10(1).

[50]Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model[J]. Educational Technology Research and Development, 50(2):39-64.

[52]Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience[M]. Cambridge, MA: The MIT Press:10-23.

[53]Wiggins, G., & McGighe, J. (1998). Understanding by Design[M]. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

收稿日期 2021-04-09 责任编辑 刘选

The Design Framework of Embodied Learning Activity in Immersive Virtual-Reality Fusion Environment

YANG Yanjun, ZHANG Jiahui

Abstract: With the wide application of virtual reality, augmented reality and other modern information technologies in the construction of learning environment, the learning principle and learning activity design based on the immersive virtual-reality fusion environment has become a prospective problem that needs further study. From the perspective of ecology and field theory, immersive virtual-reality fusion learning environment is a learning ecological environment composed of physical space, information space and virtual space, in which diverse experiences brought by different spaces provide conditions for learners to acquire various learning experience ranging from concrete to abstract. Learning in a virtual-reality environment is a process of multi-modal perception learning in the way of information acquisition, a process of embodied cognitive learning in the way that learners participate in learning interaction, and a process of connectivism learning in the relationship between learners and the experience world. The design framework of embodied learning activities oriented to the immersive virtual-reality fusion environment includes six parts, a total of ten steps, that is, determining expected results and evaluating evidence, analyzing learners' characteristics and learning content, planning learning experience and guidance, curriculum development based on the virtual-reality fusion environment, and curriculum evaluation and correction. Based on this embodied learning activity design framework, the results of a detailed analysis of the learning activity design of the "Disease Transmission" Lesson in SMALLab's immersive virtual-reality fusion environment show that the design framework can better support the activity design and practice of embodied learning in the virtual-reality fusion environment. It helps to improve learners' learning efficiency, promotes their cognitive development, and enhances their core literacy.

Keywords: Virtual-Reality Fusion; Embodied Cognition; Learning Activity Design; Learning Mechanism; Learning Ecological Environment