

# 证据导向的STEM教学模式研究\*

□余胜泉 吴澜

**摘要:** 当前我国STEM教育存在一些典型问题:过分关注技术而不遵循教育规律;学生只会模仿教师的操作,没有真正体验知识获得的过程;缺乏基于证据进行推理的过程导致学生科学意识不强;缺少过程性数据来验证学生的创新学习能力提升以及创新学习发生;缺少对学生知识掌握水平和能力素养评估导致STEM教育沦为一种职业技术培训。基于证据的学习理论为解决STEM教育问题提供了思路。它是为解决特定学习问题而运用一些证据验证假设、发现并得出解决问题方案的一种学习范式;强调关注学生的学习过程,基于证据来呈现学习结果并由此证明学习活动及学习成效已经发生。基于该理念构建的证据导向的STEM教学模式,强调在设计问题或项目时注重知识的内在逻辑以及跨学科整合性;强调要以发展学生关键能力和核心素养为目标,积极开展形成性评价和表现性评价;强调要充分发挥大数据、人工智能等新一代信息技术的作用,创设良好的学习证据生成、采集、分析、利用的数据驱动的教学环境。实践案例表明:基于证据的学习有助于推进跨学科知识融合的STEM教育,帮助学生夯实科学、技术、工程和数学等知识基础,提升其创新精神与实践能力,实现创新型、创业型人才的培养。

**关键词:** 基于证据的学习;证据导向;STEM教育;教学模式

中图分类号:G434 文献标识码:A 文章编号:1009-5195(2019)05-0020-13 doi:10.3969/j.issn.1009-5195.2019.05.003

\***基金项目:** 国家自然科学基金项目“基于证据的学习方法机理与国际比较研究”(71641017);北京师范大学学生科研基金项目“证据导向的STEM教育过程性评估机制的研究”(1812205)。

**作者简介:** 余胜泉,博士,教授,博士生导师;吴澜,博士研究生,北京师范大学未来教育高精尖创新中心、“移动学习”教育部-中国移动联合实验室(北京 100875)。

## 一、当前STEM教育中存在的典型问题

### 1.课堂上过分关注技术而不遵循教育规律

当前,中小学校纷纷建设创客空间和手工作坊,大批量地引进开源电路板、激光打印机、切割机、3D打印机、机器人套件等,在教育教学中过分关注各类技术和产品的炫酷、新颖程度,忽视教育教学规律,没有从学生个体身心发展的教育规律出发,没有遵循学生科学的认知规律,导致STEM课堂缺乏科学的课程规划和教学方案设计,STEM课程结构和生态体系松散,学生在学习过程中只是体验了技术的新奇感,而没有理解背后相关的科学原理,学完之后在知识和能力方面得不到提升,使得STEM教育变成华而不实的口号,对创新人才的培养未能起到应有的作用。

### 2.学生只会模仿老师的操作而没有真正体验到知识获得的过程

由于STEM课程缺少基础性学科知识的融合,没有关联学科的核心素养,学生只知道模仿

老师、重复过程性操作,而不了解操作过程背后隐含的学科原理与知识背景。没有掌握这些基础的学科知识与原理,不能进行知识的迁移和应用,创新思维和实践能力得不到发展,尤其是学生跨学科、情境性和社会化问题解决能力没有获得锻炼的机会,只是简单的技能熟练学习,使得STEM教育最后演化成职业教育早期阶段,与其最初的教育理念背道而驰。

### 3.缺乏基于证据进行推理的过程,学生的科学意识不强

STEM课程是围绕解决问题开展的,在解决问题的过程中需要学生理解问题情境、寻找解决问题的一系列证据,并对证据作科学的分析,在理性的分析和推理之后提出一个或多个科学的解决问题方案。学生在这个过程中基于证据的推理,理解和掌握问题背后包含的学科知识和科学原理。然而,当前STEM的教学仍停留在让学生模仿操作的阶段,缺少对学生解决问题过程中证据的关注。学生缺少主动探寻解决问题的证据以及分析、推理的经验,

导致科学意识不强,创新活动很难发生。因此,需要在STEM教育中渗透基于证据的思想,促进学生科学素养的提升。

4.缺少过程性数据来验证学生的创新学习能力提升以及创新学习的发生

大部分STEM课程都采用结果导向型评价,每门课程让学生完成一件作品,基于最终的作品去评价。评价依据和评价方式比较单一,即使加上生生互评或学生自评的方式,但是这种评价方式往往较为主观和具有不确定性。而STEM教育最关注的是学生对知识的理解和各种能力的发展水平。由于这些能力的发展是循序渐进的,具有连续性和过程性,因此很难被表征和评估。只有一个最终作品或者问卷式的评价方式难以客观地展示出学生的学习过程,以及在这个过程中学生的能力变化。当前STEM教学中缺少过程性的评价和支持评价的学习证据。学生在STEM教育过程中到底学会了什么?能力上哪些方面得到了提升?这些都需要关注STEM教育的过程以及收集过程性的资料和数据去证明和评估。

5.缺少对知识掌握水平和能力素养的评估导致STEM教育沦为一种职业技术培训

如上所述,在STEM教育评价过程中常常以学生的作品为主要评价依据,缺少学生学习的过程性数据,不能做到证据支持的学习评价。评价只注重单一学科知识的获得,没有包含对知识掌握水平的评价,只关注学生解决问题的结果,不关注学生在此过程中是否真正理解了问题背后包含的科学原理和学科知识,更没有关注学生的交叉学科知识应用水平。学生在综合应用各种知识解决问题的过程中会锻炼各种能力,如逻辑思维能力、抽象思维能力、判断能力、问题解决能力等,而这种基于结果的评价不能评估学生能力素养的发展水平。只关注学生是否解决问题或完成作品,而忽视学生知识理解水平和能力素养发展状况,导致STEM教育沦为一种职业技术培训。

其实STEM课程不需要过于复杂的科学知识去包装,也不需要高科技的元素去修饰,它的重心在于课程内容的设计。也许只需要一些朴素的材料,简单的活动就能帮助学生理解复杂的科学知识并锻炼跨学科解决问题的思维。而我们的学生花了不少时间去学习STEM课程,但他们只知道模仿,不明白其中的科学道理,创新能力也较差。这需要我们将关注的视线从STEM教育的外观、形式、结果转移到内容、设计和过程中,关注学生在STEM课堂中究竟学到了什么,是否真正理解了科学原理,跨学科解决问题的能力是否真正得到了锻炼,有哪些能力得到了提升,这些能力发展的程度又是如何等。这些都需要在STEM教育过程中寻找证据,精准地表征STEM教育的教学效果,关注STEM教育取得的实际成效,使学生的学习效率真正得到提升。因此,“基于证据的学习”这一理念为STEM教育的健康发展提供了科学的方向。

二、基于证据的学习内涵与特征

## 二、基于证据的学习内涵与特征

“基于证据”理论起源于医学,最初只是教授医学的一种方法,意指通过各种科学手段获得可见的实验数据和结果以指导医学行为的实施和相关政策的生成(Kovářová et al., 2014)。进入本世纪后,“基于证据”理论迅速为人们尤其是政府组织所认可,并将之推广到众多领域,包括政治学、犯罪学、社会保障和教育等。教育作为一种专业实践,应该基于证据(Evidence-Based)或者至少从证据中获取信息(Evidence-Informed),并将之应用在学生学习、教师教学以及教育政策制定等方面(杨文登等, 2012)。“基于证据”的思想指导教育教学实践,并由此催生出新的学习文化——基于证据的学习(Evidence-Based Learning, 简称EBL)。

### 1.基于证据的学习内涵

基于证据的学习是为解决特定学习问题而运用一些证据验证假设、发现并得出解决问题方案的一种学习范式。该范式同时强调基于证据来呈现学习结果并由此证明学习活动及学习成效已经发生(Laibhen-Parkes et al., 2015)。学习过程中一切可以证明和反映学习活动的学习过程数据、事实性材料和学习者的外在表达都可以作为学习证据。学习证据的表现形式有很多,如作品实物、海报、书面报告、口头报告、表演、概念图或思维导图、项目设计、制作发明和研究报告、自我评价报告、他人评价报告等,还包括学习过程中采集到的数据以及在数字化学习系统中产生的各种交互数据和日志数据(杨明全等, 2017)。

基于证据的学习包含两层涵义:一是指通过运用各种证据来反映学习过程并呈现学习结果,通过证据的呈现帮助教师判断学生是否真正发生了有效的学习,通过证据的运用帮助教师及时调整教学以提升学生的学习结果,通过动态、长期的过程性证



据证明个体的能力和学习绩效的持续性变化过程,由此发现教育教学规律。二是它强调学生在学习过程中运用一系列证据完成科学探究任务和解决实际问题。学生需要运用证据去支持每一个观点的提出,在探究的过程中理解每一个步骤背后支持的证据以及该证据背后的学科知识或科学原理;基于证据运用理性的思维去分析、判断、推理、假设和创新,获得情境性知识并提升问题解决能力,体验获得知识的真实过程。

## 2. 基于证据的学习特征

### (1) 注重培养学生的科学意识和科学素养

基于证据的学习强调让学生在在学习过程中利用一系列证据进行科学探究和解决问题。每个问题的解决都要有相应的学科知识或科学原理支撑,在问题解决过程中学生需要在理解相关学科知识或科学原理的基础上找到一系列关键证据去解开一道道问题大门的锁,这需要学生像工程师或科学家一样的思考、探究、假设和验证。解决问题的过程常常不是一蹴而就的,而是一个螺旋上升、不断循环迭代的过程。学生需要利用一系列证据探寻问题的解决思路,为提出的每一个观点都找到证据的支持,验证问题解决方案的可行性也需要找寻相关的证据。在基于证据解决问题的过程中,学生寻找证据、解决问题和验证结果,真实地体验工程师或科学家解决实际问题的过程。这不仅可以带给学生学习的乐趣和增加对科学的兴趣,而且可以培养他们乐于探究和勇于探索的科学意识。此外,学生通过自己寻找、发现的一系列证据解决问题,而不是被动被灌输一堆枯燥的理论知识,能够让他们深入理解问题或任务中所包含的学科知识或科学原理,并且通过分析、综合、应用、判断、推理、假设和创新等活动,体验获得知识的真实过程(李雪飞,2014)。基于证据的学习使得学生不再只是机械记忆、生搬硬套和模仿重复,而是积极探究、主动思考、认真严谨地对待每一个问题,这些经历带给他们的不仅是知识和行为的变化,更是科学意识的强化和科学素养的不断提升。通过一次次类似的活动,不仅可以让学生熟练掌握科学知识、科学技能和科学方法,而且有助于形成良好的科学素养,严谨、认真和创新的科学精神,进而为国家培养高素质创新型科技人才奠定基础。

### (2) 关注对学生能力层面的评价

传统的教育评估方式主要考察学生对学科知识

点的掌握情况,以纸笔测评为主要形式,评估形式较为单一,只注重学生的学习结果,偏向对学生知识层面的评价,常常忽视对学生能力层面的关注。受到这种教育评估方式的影响,学生在课堂中只知道模仿教师操作,死记硬背与考试内容相关的学科知识点,缺少分析、推断、总结和反思等活动,因而导致学生缺少创新能力和实践精神,实际问题解决能力较差。与传统的学习方式不同,基于证据的学习旨在借助一切技术手段采集学生学习全过程数据,基于各种各样的学习证据反映学生的学习过程和呈现学习结果,努力突破传统教学中仅对知识层面评价的局限性,通过证据科学客观地表征和评估学生内在思维和内隐能力的发展水平与变化趋势,例如创新思维能力、类比推理能力、协作问题解决能力和批判性思维能力等。能力的发展常常是一种连续的、动态变化的过程,传统的测评方式难以实现对其实时监控和客观呈现,而基于证据的学习注重收集学生学习的过程性数据,通过连续实时地收集各种能够更加微观具体表征学生内隐行为和心理健康状态的学习证据,让师生能够更加全面深入地了解每一个学生个体的知识技能、情感态度、能力素养的当前水平和变化发展过程,总结学生能力发展变化的规律,为评价和甄别各种教育创新的有效性提供了新的视角(陈宝琪,2018)。

### (3) 强调学习结果的可检验性

基于证据的学习通过采集学生学习过程中生成的各种类型数据,将学生的思维过程和问题解决过程外显化,生成可观测的证据并动态地展示学生的学习过程和呈现学习结果。学习过程中学生的心理过程、情感态度价值观的发展、知识能力的迁移应用、反思能力和创新思维的发展等,以及用传统测评方式无法测量与评估且总处在一个持续动态变化过程中的复杂能力,需要关注学生的学习过程,发现、收集与评价相关的证据,将内隐的状态或能力通过可视化、可量化的证据表征,使得抽象、宏观的对核心素养的评估能够落实到具体、细微的教学实践层面。基于证据的学习强调学习结果是有据可循、具有可检验性的,使得STEM教育的评价不再是教师主观的判断和模糊的界定,而是一种能够基于证据的精确客观的“量”上的描述和分析,促进教育教学评价走向精准化。

### (4) 符合大数据和人工智能时代的发展方向

随着移动互联网、大数据、人工智能等新技术的

发展,借助各类移动终端、传感器等可以实时、持续地采集教师教学和学生全过程中各种类型的数据。例如,实时捕捉学生听课时的面部表情、眼部动作,以及学生答题时的一系列行为动作,包括查找资料、查看课件、探究的路径、答题时间等。在这些技术的支持下,可以采集更加微观、具体、连续和形式丰富的数据。基于这些数据能够更为全面直观地反映学生的学习过程,不仅能帮助教师及时了解学生学习状态和准确定位问题,还可以帮助研究者深入挖掘教育教学规律。更为重要的是,可以更个性化地支持学生自主开展科学探究活动,为学生解决问题提供有效证据,帮助学生体验获取知识的过程,更好地理解 and 掌握学科知识或科学原理。技术的飞速发展能够更好地服务于教育教学的开展,而基于证据的学习强调要采集教育教学全过程数据促进学生的科学探究和教师的课堂教学,关注学生面向未来的各项能力的发展。大数据和人工智能时代的到来为基于证据的学习的开展提供了良好的技术支持条件和实施环境,而基于证据的学习则顺应了智能时代发展的趋势且满足了教育创新的需要(余胜泉等,2017)。

### 三、证据导向的STEM教学模式

基于证据的学习理论构建的证据导向的STEM教学模式旨在解决当前STEM教育发展中存在的问题,并形成一套科学的解决思路,以供STEM教育实践活动借鉴。

#### 1. 证据导向的STEM教学模式构建

在基于证据的学习理论指导下,结合STEM教育的跨学科整合特征构建证据导向的STEM教学模式(见图1),注重STEM课堂上问题或项目中所包含的学科知识内在联系,关注学生在解决问题和完成任务过程中的认知活动,强调对学习过程中一切

证据的收集和利用,促进教学活动中发展性、诊断性评估方式的开展,提高学生对知识的理解水平,发展其核心素养和关键能力。

从解决一个问题或进入一个项目开始,到找到该问题的解决方案或者完成一件最终的“人工制品”,在这个过程中反映学生学习过程和成果的所有数据、材料等都可以作为学习的证据。学习证据既是学生解决问题的线索,也是评价学生学习过程的依据。

对于教师,根据STEM教育的跨学科整合性和基于证据的学习理论,在设计“问题或项目”时应注重知识的内在逻辑以及证据的意识,即注重“问题或项目”背后所包含的多门学科知识之间的联系,新知识与学生已有的先验知识之间的联系,以及与真实问题或项目之间的联系,帮助学生对知识进行生活化、情境化和社会化,使得其学到的知识不是孤立、僵化的,而是灵活、有关联的。同时,根据课程的评价方案规定每个学习活动中收集的证据的形式、类型和内容,并思考如何利用这些证据帮助学习者理解知识并发展能力,如何通过数据分析和数据挖掘找寻教育中存在的问题和规律。此外,教师基于证据开展形成性评价和表现性评价,利用证据对学生的过程性表现进行实时监控,发现学生不同维度的能力水平随着STEM教学活动推进而展现出的动态发展水平,及时了解学生的学习状况并调整教学内容与进度。

对于学生,在学习STEM课程期间需要有深度认知投入的学习,包括理解不同知识之间内在的逻辑关系,理解问题和逻辑背后所包含的学科知识和科学原理,综合运用多学科的知识进行推理、论证、假设和验证等。通过这些高级思维活动主动发现知识,构建起不同知识之间的联系以及知识与情境、知识与生活之间的联系。此外,学生从进入问题或项目到最终形成问题解决方案或“人工制品”,整个过程是由不同的环节构成,每个环节有阶段性子问题或子任务。而只有寻着这些环节的脉络,一步一步地解决每个子问题或完成每个子任务,找到一连串的证据,并根据这些证据得到整个问题的解决方案或完成“人工制品”,真正地体验获取知识的过程,而不是机械模仿和重复教师的操作,才能有效促进学生关键能力和核心素养的发展(段金菊等,2013)。

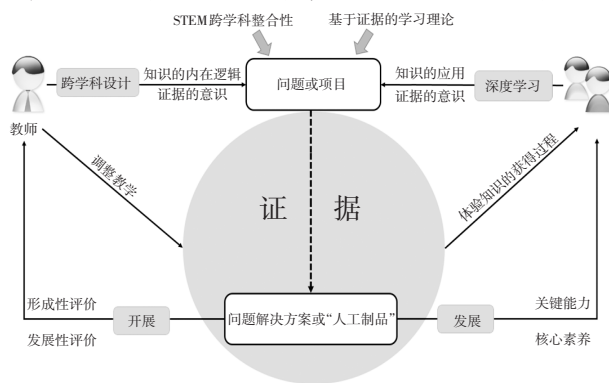


图1 证据导向的STEM教学模式



## 2. 证据导向的STEM教学模式实施建议

(1) 设计问题或项目时要重点关注跨学科整合性,注重知识的内在逻辑,以促进学生的深度学习。很多STEM课程的设计表面上融入了多门学科,然而学生的学习始终停留在浅层,表现为机械记忆、模仿练习和重复操作。这是因为教师在设计问题或项目时常常没有关注知识的内在逻辑,缺少对知识进行整合的意识,所以学生学到的知识是碎片化、割裂、未成体系的。由于没有理解知识的内在逻辑,无法对接收到的知识进行分类、加工、关联和整合,无法构建起知识之间、知识与问题之间、知识与生活之间的联系,导致学生没有真正理解问题背后所蕴含的科学原理,只知道机械地模仿教师进行重复操作,无法将习得的知识迁移到真实生活情境中解决实际问题。

中国学生常常在计算、阅读、解题方面能力较强,但是批判性思维、创新思维水平较低。要想提高这些高阶思维水平就需要尽可能多地参与高级认知活动,进行深度学习,锻炼高阶思维能力(王峥,2018)。根据布卢姆的教育目标分类理论,学生的认知过程由低到高可分为记忆/回忆、理解、应用、分析、评价和创造(Anderson et al., 2001)。深度学习对应的学习目标是分析、评价与创新,体现了高阶思维能力,需要情感、行为的高度投入,通过复杂问题解决而使学习者获得认知深度与广度的提升以及认知结构的改变。而浅层学习指向的是认知中的识记、理解与应用,情感与行为投入低,知识间没有产生联系(段金菊等,2013)。

而证据导向的STEM教学模式强调要关注学生的学习过程,评估学生的学习成效以及创新学习是否有效发生。其中创新学习的有效发生包括了学生是否发生高级认知活动,是否运用高阶思维能力等。这些都需要在学生在学习过程中收集一系列的证据去表征,并基于这些证据客观反映和评价学生的学习过程与学习成效。

因此,教师在设计STEM课程时,不仅需要打破不同学科之间的界限,弥补分科课程教学所带来的不足,更重要的是需注重知识的内在逻辑和具有证据意识。首先要分析各门学科最基本的学科知识结构以及知识的内在逻辑,找到不同知识之间、知识与问题之间、知识与生活之间的整合点,并将不同知识按跨学科的问题逻辑结构化,基于知识的内在逻辑设计问题或项目,细化每个问题或项目以形

成序列化的子问题或子任务,通过让学生解决不同的子问题或完成一系列子任务来掌握其中蕴含的科学原理及学科知识。这些序列化的子问题或子任务的完成为学生提供了解决问题或完成任务的证据。基于证据学生逐渐理清问题的解决线索或形成任务的完成思路,帮助学生真正体验知识获得、掌握和迁移应用的过程,促进有意义学习的发生和高阶思维能力的发展。此外,设计STEM课程时还需要考虑学习证据的形式和作用,如在不同的子问题或子任务中产生的哪些过程性材料能够客观地反映学生的学习过程以及作为评估学生学习过程与成效的依据,并且教师在教学过程中如何利用这些证据动态、持续地了解学生的学习状况,以及时调整教学进度或改变教学策略。

(2) 发展学生的关键能力与核心素养,支持教师基于证据开展形成性评价和表现性评价

未来的社会充满着复杂性和不确定性,面临的问题或任务也是未知、劣构的,没有清晰的目标,也没有给定条件,需要学习者主动介入到实际的问题情境中,通过一系列探究、发现、假设、验证或创造等活动,找寻问题解决方案。这完全颠覆了我们传统课堂上教给学生的解题模式和思维方式。STEM教育强调的正是培养学生面向未来的能力和素养。它以类似的真实问题或者项目为基础,让学生通过学习、探究、合作、设计、实践和验证等过程解决问题或完成“人工制品”,体验知识获取、内化和外化的过程,并在过程中锻炼问题解决能力、合作能力、表达能力、沟通能力和创新能力等。

因此,在设计问题或项目时,教师需要思考如何将学术性的学科知识转化为可解决实际问题的生活性知识。通过知识的社会属性和生活属性将设计的“问题或项目”与人类社会、真实生活紧密联系起来,为学生提供生活化问题,创设社会化情境。依照生活常识以及解决真实问题的方式,基于知识的内在逻辑细化并组织子问题或子任务,让学生在解决一系列子问题或完成子任务后,除了理解知识内在逻辑外,还能够感受生活中的科学,真正体验知识迁移到实际生活中解决问题的过程,主动建立起知识与情境、知识与个体、知识与生活、知识与社会之间的关系,丰富他们的生活经验和实际问题解决的经历,帮助学生为未来的学习、生活和工作做好准备。

但是,学生面向未来的种种能力素养的发展总

是循序渐进的,具有动态性、发展性和连续性。要促进这些能力素养持续不断的提高,还需要有过程性的评估和反馈帮助学生了解自己的发展状况和需要调整的地方。但是目前大多数的STEM课程评价都是结果导向,常常基于学生最终的作品进行评估,依赖的评价依据和评价工具比较单一,即使有些课程中会增加生生互评、学生自评等方式,但是这些评价方式的主观性较强,无法客观地表征出学生的各项关键能力和核心素养的动态发展过程。所以需要收集学生学习过程中的各种证据去支持评估,促进学生关键能力和核心素养的发展。

证据导向的STEM教学模式强调基于证据促进学生关键能力和核心素养的发展。当学生进入到STEM课程时,从接触到一个综合问题或项目到最终形成问题解决方或完成一件“人工制品”,这期间会发现、生成或运用各种各样的证据。通过这些证据学生不仅能体验到获取知识的过程,更重要的是发展了其关键能力和核心素养。因为通过收集各种各样的证据,会实时客观地记录下学生的知识理解水平、行为表现、情感状态、心理过程、能力素养的动态变化过程。通过这种客观的过程性表征方式,师生不再需要凭借主观的感觉或判断去预估学生的学习状态,而能够多维度、多方位地观察学生的能力素养的变化,根据学生的问题和需求及时采取教学干预手段,以促进各项能力素养的发展。同时,基于这些证据还可以帮助教师开展形成性评价和表现性评价。

(3) 充分发挥大数据、人工智能等新一代信息技术的作用

证据导向的STEM教育强调关注教与学的全过程,需要采集教育全过程所有数据以反映学习过程和验证有效学习的发生。而在传统的教育教学环境中由于技术手段有限采集到的证据数量少且质量不高,不利于该教学模式的实施与推进。因此,中小学校需要根据STEM教学特点和师生的实际需求创设数据驱动的证据导向的STEM教育环境,在物理空间设计、硬件环境建设和软件环境搭建方面融入大数据和人工智能技术,创设情境式、智慧型的教学环境。在完全不干涉教师和学生正常教与学活动的情况下,借助各类先进的技术手段和智能移动终端实现自然地、连续地采集教与学全过程数据,获取更精细化呈现师生活动行为、心理状态和情感情绪,反映隐性学习过程各类学习证据。

利用大数据和人工智能领域已有的完备的数据分析技术处理采集到的学习证据,在良好的大数据生态体系的支持下,结合人工智能领域的深度学习、自然语言处理、知识图谱、知识推理、语义搜索、智能推荐等技术对采集到的大量过程性数据进行处理,例如语义关联,提取认知、情感等关键特征,构建学习者模型。基于模型精准掌握学生的学习需求和定位问题,实现智能化推送个性化的学习支持服务(余胜泉等,2019)。基于对学习过程性证据的分析和判断,为学生的探究活动和问题解决提供自适应的认知工具和相关性强的学习资源,帮助学生找到解决问题的证据,真正理解问题背后蕴含的学科知识或科学原理,促进有效学习的发生。

STEM跨学科整合的课程,由于强调跨学科整合性,难以系统、连贯地介绍某一门学科的知识,有时会重复介绍某些知识点,有时则会遗漏某些基础性知识点。这种知识结构不均衡式的课程设计容易造成学生基础教育领域知识的结构性缺失,对学生后续的生活、学习和创新能力发展产生负面影响。因此,需要借助知识地图技术帮助教师合理设计“问题或项目”,以全面覆盖基础教育领域所需掌握的知识点,帮助学生建立起立体化的知识网络,不但形成关于某门学科的基础性知识体系,而且建立起跨学科知识点之间的联系。传统的教学设计工具和技术难以实现这样复杂的工程,因此需要借助大数据、人工智能等新一代技术为师生提供支持。借助技术提取不同学科的关键知识点,定义不同知识点的性质、概念和语义关系等,形成不同知识点之间的逻辑关系网,为师生呈现一个立体化的知识网络。教师在借助该技术设计课程时可以与知识地图进行关联,以实时查看某个问题或项目覆盖了哪些知识点,覆盖的跨学科知识点之间是否存在关联;也可以查看到不同知识点被覆盖的频次和关联的强度,智能化地向教师推荐有关联的未覆盖的知识点。另外,当学生学完课程以后,可以实时查看个体知识体系的构建情况,及时发现薄弱或缺失的知识点并进行补充,以保证学生能够掌握基础教育领域完整的知识结构,同时发展跨学科创新能力(余胜泉等,2015)。

#### 四、证据导向的STEM教学模式实践案例

1. 大数据技术支持下的证据导向的STEM教学模式实践流程

教育评价是在系统、科学、全面地收集、整



理、处理和分析教育信息的基础上,对教育价值做出判断的过程(李葆萍等,2016)。大数据技术的发展使教育评价走向客观性评价、伴随性评价、综合性评价和智能化评价,为学生的自我发展、教师的教学反思、学校的质量提升等提供了基于数据分析的实证支持。相比传统的评价模式,证据导向的STEM教学模式强调收集一切学习过程中的证据对学生的素养发展情况进行评价。而大数据技术能够支持全自动、实时采集教育过程中的全部数据,并进行分析、推理和可视化展示,不仅有利于对学生的过程性发展进行客观表征,对教师的教学质量进行整体评估,还有利于教育问题的精确诊断和有效干预,促进教育教学质量的提升和学生的个性化发展(余胜泉等,2017)。

### (1) 打造证据驱动的STEM教育环境

在实际过程中,学校可以根据自身的特点、已有的软硬件条件和师生的具体需求搭建不同类型的STEM教育空间,配置相应的软硬件设施,用于在学生在学习过程中收集各种形式的证据,打造证据驱动的STEM教育环境。将大数据技术融入到STEM教育教学环境中,借助各种先进的技术手段和设备工具辅助收集教与学全过程数据,对数据进行实时、自动化地分析和可视化呈现,为实现证据导向的STEM教育实践和创新评估方式提供技术保障与环境支持。

由北京师范大学高精尖中心研究团队和北京寓乐世界教育科技有限公司合作研发的基于大数据的STEM测评系统是一款用于支持证据导向的STEM教育实践的智能化测评系统。该系统在基于证据的学习理论指导下,结合STEM教育理念,基于移动设备采用一对一课堂教学模式,通过线上线下相结合方式收集学生学习过程中的多种学习证据;通过

数据转换、分析、推理为教师、学生、家长和管理者提供多维度的测评结果报告,实时反映课程教学效果和学生多项能力的发展情况,为教育决策提供数据支持。



图2 基于大数据的STEM测评系统

该测评系统主要由三大部分组成:机构管理端、教师端和学生端(见图2)。机构管理端(见图3)可以完成对参与STEM教学的教师和管理者的管理工作,根据业务需求制定教学计划。在课上师



图3 基于大数据的STEM测评系统-机构管理端



图4 基于大数据的STEM测评系统-教师端

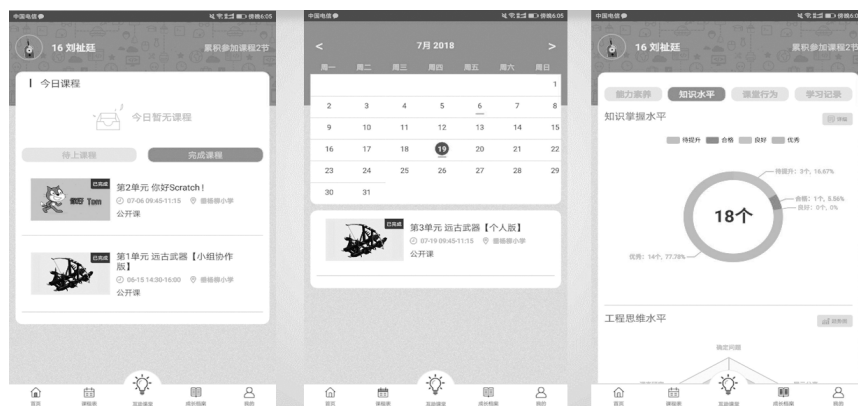


图5 基于大数据的STEM测评系统-学生端

生使用移动终端设备基于互动教学系统进行互动,系统实时收集学习活动中产生的学习证据,并进行数据转换、分析和推理,最后形成个人课程学习报告。经过一段时间的学习,系统将生成学生历次课程学习报告,并根据历次课程所收集的证据形成学生的知识掌握以及能力发展情况趋势图。

教师通过教师端(见图4)在课前了解自己的排课情况并进行备课,在系统中添加学习活动。课中利用系统组织学生参与学习,随时拍摄、记录学生的学习行为和状态;实时评价学生的课堂行为表现,包括表扬、提醒和批评;管理课堂活动;对学生作品进行评价。课后教师可以查看自己本次课的课程报告,通过学生个体和学生群体来了解本堂课程的教学情况和学生知识与能力的发展情况。

学生通过学生端(见图5)在课前查看课程表;课中在教师引导下参与各项互动活动,包括查看课件、回答问题、完成任务、上传作品和填写问卷等;下课后学生可以查看自己本次课的课程报告,了解自己本节课程的掌握情况、课堂行为表现以及各项能力指标达到水平。

#### (2) 基于学习活动的设计明确要收集的学习证据和评估方案

首先,教师根据STEM教育环境的软硬件条件,基于STEM教学目标和学情设计学习活动,明确要收集的学习证据的形式和收集方式,以及基于学习证据的评估方案,提前将评估的具体指标与相关的学习证据进行关联,例如对某个知识点掌握水平的评估是基于哪些学习证据,学生的课堂表现是基于哪些学习证据等。除此之外,还需要设置具体的得分细则,为后面数据分析和报告做好准备。

其次是数据收集。证据导向的STEM学习活动包括线上活动和线下活动。线下活动不依赖任何电

子设备,在传统的课堂中进行,例如教师讲课、学生听讲、学生设计方案和制作作品、学生完成纸质调查问卷等。证据的形式包括教师的课堂观察记录表、学生的实物作品、设计过程中使用的草稿纸、纸质调查问卷、纸质测验和练习等。线上活动依赖于移动互联网技术、各种智能终端、传感器等,例如电子考勤、在线互动问答、在线测试练习、在线学生评价和教师评价、在线答题、在线讨论、拍摄作品上传图片等。一般是基于学习平台、在线系统等自动收集教与学过程中生成的一系列数据,如学生登录系统的时间、在线答题时间、学生点击不同按钮的次数、学生在线讨论的数据、学生的表情、身体动作数据等(王春丽等,2015)。

一般来说,学习证据的采集方式分为以下四种:第一,平台采集类技术记录“学习轨迹”。主要通过在线学习平台、智能移动终端或各种APP等在线实时收集学习证据。例如基于平板电脑教学实时收集学生上传的作品图片、文字记录、小组交互过程等;通过在线做题记录学生问题解决过程,包括使用时长、查阅相关资料、讨论情况、探究次数、每道题的正确率等;使用点阵笔实时记录学生思考、分析和推理的过程。第二,传感器记录“学习状态”。主要基于各种传感器记录学生的行为、身体状况和情绪变化,例如利用可穿戴设备采集学生的动作和身体状态等。第三,摄像头记录“学习过程”。主要借助摄像头采集学生学习过程的视频数据,例如使用摄像机全程录制小组协作过程、学生答题或者操作时个体的面部表情、头部转向、手部动作等视频数据。第四,教师观察记录“行为数据”。主要依赖教师在课堂中的观察对学生的行为状态进行记录和评价,例如借助拍照、摄像等方式记录学生的行为状态,或者通过在线平台实时记录



和评分(邢蓓蓓等,2016)。

再次是生成评估方案。评估方案是基于收集的学习证据确定的,是评估学生核心素养和关键能力发展水平的依据。以基于大数据的STEM测评系统为例,该系统在四个方面进行评价:核心素养、课堂行为、知识掌握水平和工程思维水平。其中,核心素养是参考中国学生发展核心素养和美国21世纪核心素养两套较为成熟的核心素养测评框架,从多个细分维度进行全方位地测评。该指标的测评结果是基于教师对学生的在线评价、学生自评和互评、在线调查问卷的数据生成。课堂行为记录包括奖励和有益提醒两大方面,包含9个子项(勇于探索、积极提问、乐于分享、条理清晰、积极讨论、发生冲突、一意孤行、说话聊天和拒绝合作),可展示学生历次课程后汇总的奖励行为与待改善行为之间的占比关系,通过教师的评价侧面体现学生整体的课程参与积极度和教师的行为评价。在知识掌握水平上,根据STEM教育的特色囊括了物理、数学、地理、化学等与K12应试教育相匹配的知识主题。同时为了体现与学校教学内容的关联性,该测评系统选取了K12阶段与STEM教育关联密切的学段学科构建了知识图谱,每节课基于学生在线答题情况可视化展示学生的知识能力,方便学生了解自己当前的知识薄弱点,也有利于教师后续开展针对性教学。工程思维水平是STEM教育测评的一个重要方面。工程思维过程包括确定问题、调查研究、方案设计、方案实施、测试评估和展示分享。在课程设计的时候,教师根据课程特点确定会涉及到工程思维中的某几项或者全部项,该指标的测评会基于学生参与学习活动的完成情况以及问卷调查结果进行评分,以雷达图的形式进行可视化呈现。同时,教师根据结果对工程思维水平偏低的学生进行重点关注,提供个性化指导和帮助以提高他们的工程思维水平。

### (3) 开展证据导向的STEM教育实践,完成对

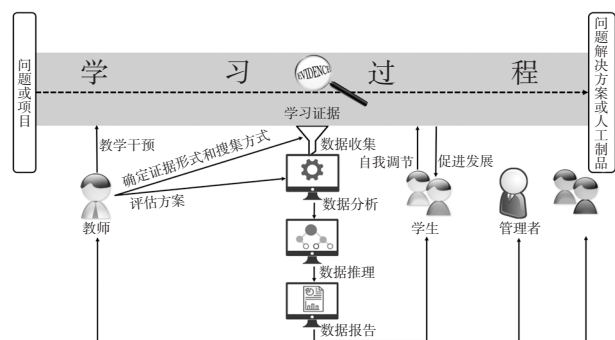


图6 证据导向的STEM教学模式实践流程

学习证据收集-分析-推理-报告,验证学习结果并进行教学反思

根据证据导向的STEM教学模式,在学生的整个学习过程中融入数据收集-分析-推理-报告-验证-反馈的完整过程,将基于学习证据的思想贯穿于STEM教育教学活动的始终(见图6)。

在证据导向的STEM教育实践过程中,基于大数据技术收集学生学习过程中各种类型的数据,首先需要对数据进行清洗,然后根据事先定义好的评估方案对数据进行转化,形成量化、可分析的数据格式。例如对学生课堂行为表现的评估是基于教师评价、学生评价、学生回答问题表现、生生讨论交流等学习证据,这些证据的形式多样,有问卷、客观题、文本类信息等。因此,在数据分析阶段,需要将不同类型的证据转换成格式统一、可作量化处理的数据格式,比如主观题或交互题的得分可以利用某些特定的算法转化成与客观题相似的具体分值。

接着,对数据处理的结果进行分析、判断和推理,通过对数据聚类、分类、关联、判别、比较、偏差等参数的分析,判断学生某项技能发展的情况,推论出学生的学习兴趣、学习风格,精准定位学生学习中存在的问题,充分挖掘学生隐性思维过程和内部心理状态等,发现教育教学规律,做出一些前瞻性的判断和预测,例如发现学生在面对某类问题会做出什么选择、根据学生的学习兴趣 and 风格推荐适合的学习资源、预测学生某项能力的未来发展状况等。

最后,基于数据分析结果自动生成一系列可视化报告。报告有多种形式,根据评价对象不同有个人报告、班级报告、年级报告、全校报告、全区报告等;根据单位不同有针对单课程的报告、整门课程报告、学期报告、学段报告、过程阶段性报告等;根据时段会有过程性报告或结果性报告,发送给学生、教师、家长和管理者等。学生既可以及时查看每节课学习过程中和之后的知识、技能、素养等方面的发展状况,也可以了解一段时间内自己各项能力的变化情况,看到自己的优势和不足并进行调整。教师可以通过学生过程性报告了解学生的学习状况,根据学生的问题或需求及时调整自己的教学。不仅可以看到某个学生的情况,还可以看到班级的整体水平等,方便教师开展各种教学评估。家长可以及时查看孩子的发展状况,了解学生的兴趣爱好和情感行为状态,以更好地了解孩子的性格特点,帮助他们培养兴趣和进行职业发展规划。管理

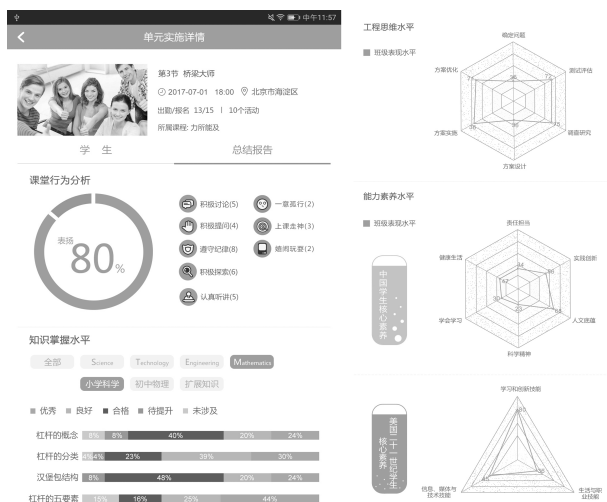


图7 班级报告

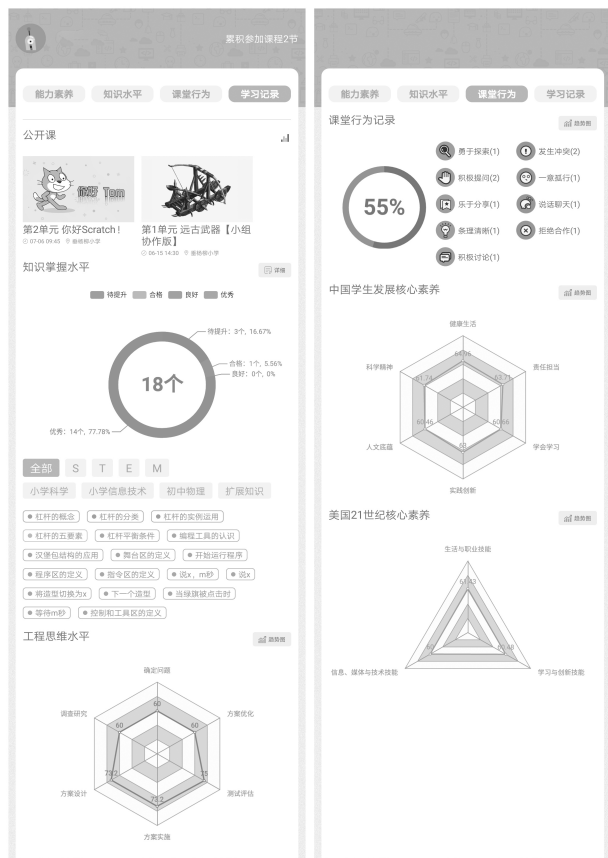


图8 学生个人报告

者可以站在全区的视角观察STEM教育教学水平,为制定教学管理决策、规划科技创新人才培养方案奠定基础。

通过对学习过程中的证据进行收集-分析-推理-报告的过程,可以更精确地收集反映学生学习过程的有效学习证据,一方面让学生更好地了解自己的学习状况进行自我调节,促进元认知能力发展,为未来做好准备;另一方面教师可以及时诊断

学习过程中出现的问题并进行精准干预,让家长能够更科学地关心孩子,管理者更高效地进行教育管理。总之,基于证据导向的STEM教学模式开展实践活动有利于STEM教育的持续不断向前发展和教育教学的创新。

以基于大数据的STEM测评系统为例,每次课程结束以后,系统基于学习证据和评估方案会自动生成班级报告(见图7)和学生个人报告(见图8)。班级报告形象直观地为教师呈现本节课的课堂概况以及整个班级群体在课堂行为、知识掌握,以及能力素养方面的水平表现,方便教师掌握学情和进行课后反思。个人报告可以帮助学生快速了解自己本堂课的参与情况、课堂表现、知识掌握水平、工程思维和核心素养的发展情况,及时发现不足和需要补习的地方,以针对性地进行课后复习和专项提升。

## 2. 基于大数据的STEM测评系统的教学案例

下面介绍一个典型的证据导向的STEM教学案例——“远古武器”。在课堂实施过程中,教师和学生使用了基于大数据的STEM测评系统作为教学辅助工具,实时采集了学生学习过程中的各种学习证据。

本节课面向小学三年级的学生,前一节课学习了杠杆的相关知识,本节课则要求利用杠杆原理设计一个投石器,不仅考查学生对杠杆原理的掌握情况,还包括对学生的合作能力、动手能力、创新能力等的评估,共计7个学习活动:课堂签到、课前回顾、导入新课、方案设计、方案实施、展示分享和课堂小结。这7个学习活动环环相扣,体现出解决问题的思路;同时注重知识的内在逻辑,帮助学生理解任务背后的学科原理,以及建立起知识与生活之间的联系。首先教师通过课前回顾帮助学生回忆先前学到的知识与问题解决的经验,对本堂课的学习起支持作用。然后引入本课主题——制作投石器。具体的方法是:第一步,介绍其包含的学科知识——杠杆原理,在了解该原理的基础上,又带领学生认识投石器的关键部件,即体现杠杆原理的结构;第二步,学生分组设计投石器的草图,根据草图制作实物;第三步,测试改进,在制作和测试过程进一步熟练运用所学的杠杆原理,加深对其理解;第四步,展示汇报,促进学生对杠杆原理和投石器之间联系的建立;最后,在教师的引导下,思考并总结杠杆原理与投石器之间的关系,同时主动寻找和发现生活中应用了杠杆原理的物体,以期在所学知识与生活之间建立联系(见图9)。





图9 “远古武器”教学案例

课前教师在基于大数据的STEM测评系统上创建课堂,设置好7个学习活动,并在每个活动中添加相应的学习内容和任务。课中包括了线上和线下两种形式的活动。学习证据的收集有两个渠道:线下活动中,师生手动将各种学习证据上传到系统中;线上活动中,系统实时采集学生学习过程中的所有学习证据。具体活动、每个子活动蕴含的知识内在逻辑关系,以及要收集的学习证据见图9。

通过收集学习活动中各种学习证据,最后生成可视化的学生个人报告。图10是某位学生的个人报告,可以看到该学生在本课中的课堂行为表现、知识掌握水平以及能力素养表现。



图10 “远古武器”学生个人报告

## 五、小结

STEM教育旨在培养科技创新人才,强调学习具备跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、实证性等特征(余胜泉等,2015),让学生

能够真实地体验问题解决和获取知识的过程。而现实中的STEM教育大多数还一直沿用传统的教育思维和教学方式,只求一味追求教学形式的新奇感而没有真实变革教育教学模式,学生仍处于一种被动的学习状态,只会模仿教师的操作,没有发现问题的机会,没有解决问题的动机和主动探究的兴趣。长此以往,造成学生“囫囵吞枣”“照猫画虎”,学生不仅不理解背后的科学知识原理,更不会进行知识的迁移和应用,无法提升问题解决能力和创新实践能力。

基于证据的学习强调让学生主动探寻一系列证据去解决问题并运用学习证据去证明学生学习的真实发生,关注学生学习的过程。这意味着在教学中必须以学生为中心,设计一系列学习活动让学生通过探究、动手和思考产生外显的学习证据,这些学习证据也是对学生内部思维过程和心理活动的外部表征。基于这些学习证据能够多角度、多维度、多方面地对学生的情况进行评价,表征学生核心素养的发展,关注学生的个性、创新精神和实践能力的发展。同时过程性的学习证据更能够及时发现教育教学中难以察觉的问题以及学生日常行为和情感状态的变化,有利于教育问题的精确诊断和有效干预,打破了传统教育的评价维度、方式和依据过于单一的局限性。

证据导向的STEM教育以学习者为中心,围绕真实问题情境和评价目标设计一系列证据导向的学习活动,注重学习者的自主探究和积极实践,促进学习者在学习过程中产生学习证据,利用学习证据

帮助学习者解决问题。基于学习证据学习者能够理解与问题解决相关的学科知识和科学原理,建构起自己的知识结构,锻炼了问题解决能力和创新能力。基于学习过程中生成的一系列学习证据,能更为客观全面地反映学习结果,提升了学习的信度和成效。教育教学过程是一个非常复杂、精细的过程,要想全面、客观地反映学习过程和动态呈现学习结果需要收集大量的学习证据。而由于受到当前技术所限,现已开展的相关实践性研究还不能完全在一种非常自然的状态下自动收集全过程数据,目前能收集到的证据类型比较简单和浮于表面,例如学生的实物作品图片、学生一些简单的课堂表现和答题情况等,而能够表征学生创新思维、协作问题解决能力等复杂的学习证据却难以获得。此外,如何将采集到的不同类型的学习证据转换成后续用于数据分析和数据挖掘的有效数据也面临巨大的技术挑战。因此迫切需要大数据和人工智能技术进一步的突破性进展,采集、转化和处理更加精细化、复杂和内隐的学习过程数据。

基于证据的学习推进了跨学科知识融合的STEM教育,有助于学生夯实科学、技术、工程和数学知识基础,提升其创新精神与实践能力,也有利于创新型、创业型人才的培养。证据导向的STEM教育应顺应时代发展的需要,关注学习过程,注重证据和应用证据,帮助教师改变传统教学方式,实现每一个学生的成长和发展,这对于面向未来的教育教学创新与变革具有重要的借鉴意义。

#### 参考文献:

[1]陈宝琪(2018).基于核心素养培育的评价“引擎”创新[J].教学与管理,(4):119-121.  
[2]段金菊,余胜泉(2013).学习科学视域下的e-Learning深度学习研究[J].远程教育杂志,(4):43-51.  
[3]李葆萍,周颖(2016).基于大数据的教学评价研究[J].现代教育技术,26(6):5-12.  
[4]李雪飞(2014).基于证据的教学:美国大学联合会STEM教学改革的理念、框架与实践探索[C]//全国大学教育思想研讨会.南京:南京航空航天大学:343-350.

[5]王春丽,顾小清(2015).形成基于证据的教育研究文化——“全国首届教育实证研究论坛”综述[J].中国远程教育,(12):5-11.

[6]王峰(2018).基于移动端的英语词汇深度学习研究[D].上海:上海外国语大学:38-40.

[7]邢蓓蓓,杨现民,李勤生(2016).教育大数据的来源与采集技术[J].现代教育技术,(8):14-21.

[8]杨明全,吴娟(2017).论基于证据的学习的内涵与意义[J].教育科学研究,(11):43-47.

[9]杨文登,叶浩生(2012).社会科学的三次“科学化”浪潮:从实证研究、社会技术到循证实践[J].社会科学,(8):107-116.

[10]余胜泉,胡翔(2015).STEM教育理念与跨学科整合模式[J].开放教育研究,(4):13-22.

[11]余胜泉,李晓庆(2017).基于大数据的区域教育质量分析与改进研究[J].电化教育研究,(7):5-12.

[12]余胜泉,李晓庆(2019).区域性教育大数据总体架构与应用模型[J].中国电化教育,(1):18-27.

[13]Alias, M., Masek, A., & Salleh, H. H. M. (2015). Self, Peer and Teacher Assessments in Problem Based Learning: Are They in Agreements? [J].Social and Behavioral Science,(204):309-317.

[14]Alrahlah,A.(2016). How Effective the Problem-Based Learning in Dental Education. A Critical Review[J]. The Saudi Dental Journal,28(4):155-161.

[15]Anderson, L.W., Krathwohl, D. R., & Airasian, P. W. et al.(2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives[M]. New York:Pearson Education:2-5.

[16]Kovářová, P., & Šimková, G.(2014). Evidence-Based Learning Approach in Evaluation of Information Literacy Education[C]// Kurbanoğlu, S. et al.(2014).Information Literacy. Lifelong Learning and Digital Citizenship in the 21st Century. Switzerland: Springer International Publishing:560-569.

[17]Laibhen-Parkes,N., & Brasch, J.(2015). Nursing Grand Rounds:A Strategy for Promoting Evidence-Based Learning Among Pediatric Nurses[J]. Journal of Pediatric Nursing,30(2):338-345.

收稿日期 2019-07-14 责任编辑 汪燕

(下转第84页)



cultivation timing of new professional peasants has two practical representations: “orderly” and “out of order”. The factors affecting the cultivation timing of new professional peasants focus on three aspects: the display of individual agency, the social expectation of new professional peasants and the occurrence of relevant life events in a certain historical situation. Accordingly, when creating cultivation timings for new professional peasants, we should bring individual agency into the selection criteria of cultivation objects, seek the synergy between social custom and individual choice, and pay full attention to the occurrence of relevant life events in the current environment.

**Keywords:** The Theory of Life Course; New Vocational Peasants; Cultivation Timing; Analytical Paradigm

---

(上接第31页)

## Research on Evidence-Oriented STEM Instructional Model

YU Shengquan, WU Lan

**Abstract:** At present, there are some typical problems in STEM education: teachers are paying excessive attention to technology without following the laws of education; students tend to imitate the teachers without experiencing knowledge-acquiring process; students lack scientific awareness with few evidence-based reasoning activities; there is too little learning process data to represent students' creative abilities and innovative learning; and the STEM education is reduced to vocational training for the lack of assessments of academic achievement and key competence. The evidence-based learning theory could provide some solutions to these problems. It is a kind of learning paradigm that can verify the hypothesis, come up with solutions to problems with learning evidence, and it focuses on students' learning processes, representing students' learning status and proves the effectiveness of evidence-based innovative learning by the use of learning evidence. Based on this theory, the evidence-oriented STEM instructional model has been built, which emphasizes the knowledge logic and utilizing evidence while designing problems or projects. It insists on carrying out formative evaluation and performance evaluation actively in order to develop students' key competence, and giving full play to the role of some advanced information technology such as big data and artificial intelligence to create a good data-driven learning environment in order to support the generation, collection, analysis and utilization of learning evidence. Some practice has shown that evidence-based learning is beneficial for students to promote the interdisciplinary knowledge integration, to consolidate the knowledge base of science, technology, engineering and mathematics, to improve innovative spirits and practical abilities, and eventually to realize the cultivation of innovative and entrepreneurial talents.

**Keywords:** Evidence-Based Learning; Evidence-Oriented; STEM Education; Instructional Model