

# 基于TPACK理论的学科教育技术课程研究及启示

## ——以英属哥伦比亚大学“运用技术教数学与科学”课程为例

袁智强<sup>1</sup>, MARINA MILNER-BOLOTIN<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 数学与统计学院, 湖南 长沙 410081;

2. 加拿大英属哥伦比亚大学 教育学院, 不列颠哥伦比亚 温哥华 V6T 1Z4)

**摘要:** 学科教育技术课程是培养教师实施信息技术与学科教学深度融合能力的重要载体。为了探讨如何建设深入学科的教育技术课程, 采用内容分析和深度访谈等方法研究了英属哥伦比亚大学的一门在线教育硕士项目课程——“运用技术教数学与科学”。研究发现: 该课程以TPACK理论和有意使用技术的教学思维框架为指导, 其课程特色是以融合为导向, 以问题为纽带, 以探究为核心, 以作品为中心, 以协作为形式。这充分体现了整合性STEM教育的5个关键特征: STEM多学科融合, 基于问题的学习, 基于探究的学习, 基于设计的学习, 基于协作的学习。研究启示: (1) 以学科教育技术为依托培养教师的信息化教学能力; (2) 以学科交叉融合为导向培养教师的跨学科教学能力; (3) 以信息技术支持的跨学科教育为切入点培养社会需要的创新型人才。

**关键词:** 学科教育技术; STEM教育; 整合技术的学科教学知识; 有意使用技术的教学思维; 在线教育硕士项目

**中图分类号:** G434 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9894(2020)01-0023-06

**引用格式:** 袁智强, MARINA MILNER-BOLOTIN. 基于TPACK理论的学科教育技术课程研究及启示——以英属哥伦比亚大学“运用技术教数学与科学”课程为例[J]. 数学教育学报, 2020, 29(1): 23-28.

## 1 引言

中国教育信息化已步入了融合创新、智能引领的新时代——教育信息化2.0时代<sup>[1]</sup>。信息技术对教育的革命性影响已初步显现, 但与新时代的要求仍存在较大差距。其中, “教师信息技术应用能力基本具备, 但信息化教学创新能力尚显不足, 信息技术与学科教学深度融合不够”等问题比较突出<sup>[2]</sup>。上述问题的解决需要深刻认识课堂教学结构变革的具体内容, 实施能有效变革课堂教学结构的创新教学模式, 开发出相关学科的丰富学习资源, 以便作为学生的认知探究工具、协作交流工具和情感体验与内化工具<sup>[3]</sup>。实现这些目标, 需要发展和研究深入学科的信息技术<sup>[4]</sup>, 帮助教师掌握整合技术的学科教学知识(Technological Pedagogical Content Knowledge, 简称TPACK)<sup>[5-6]</sup>, 培养教师有意使用技术的教学思维(Deliberate Pedagogical Thinking with Technology, 简称DPTwT)<sup>[7-8]</sup>, 提升教师实施信息技术与学科教学深度融合的信息化教学能力。

自20世纪90年代以来, 北美高校开始设立在线教育硕士项目, 为中小学在职教师提供在线教育硕士学位课程。例如, 加拿大英属哥伦比亚大学(University of British Columbia, 简称UBC)于2002年就在教育技术领域正式开设了北美第一个在线教育硕士项目。近年来, 该校又先后开设科学教育、数学教育等领域的在线教育硕士项目。“运用技术教数学与科学”(Teaching Mathematics and Science through Technology)是这些STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics)教育领域的在线教育硕士项目共同开设的一门学科教育技术课程, 学习者主要是数学与

科学等STEM学科的中小学在职教师。

英属哥伦比亚大学在教育领域实力雄厚, 尤其在STEM教育方面很有特色, 和澳大利亚昆士兰科技大学和北京师范大学共同发起了一系列的STEM国际教育大会(International STEM in Education Conference)。作为2020年STEM国际教育大会的共同主席, “运用技术教数学与科学”课程主讲教师玛丽娜·米尔纳-博洛廷(Marina Milner-Bolotin)既有比较扎实的学科专业素养, 又有较高水平的学科教学技能, 在STEM教师教育和STEM教育技术等领域研究成果丰富, 曾经获得加拿大物理学会颁发的大学物理卓越教学奖等众多的奖项。袁智强在英属哥伦比亚大学访问期间对玛丽娜进行了课堂观察和深度访谈, 并且深入研究了其学术思想, 发现她在培养教师实施信息技术与学科教学深度融合的信息化教学能力方面独具特色。因此, 深度解析由其主讲的这门课程对于中国建设深入学科的教育技术课程, 打造在线“金课”等方面都具有重要的借鉴意义。

## 2 课程分析

### 2.1 课程学习目标

课程主讲教师玛丽娜认为: 21世纪的学生应该掌握复杂的数学与科学概念, 能够收集与分析实时数据, 并且理解数据丰富的信息, 具备独立进行调查研究的能力。同时, 人们如何学习数学与科学等STEM学科知识快速发展, 以及现代教育技术的广泛运用给了当代教育者一个前所未有的机会, 让他们的学生参与到有意义的学习中来。这些趋势在很大程度上影响了数学与科学等STEM学科的教学以及要求当代教师所掌握的教学技能, 使得他们不仅要掌握学科教

收稿日期: 2020-01-12

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目——创新型STEM教师培养的探索性研究(18YJC880115)

作者简介: 袁智强(1978—), 男, 湖南宁乡人, 副教授, 博士, 主要从事数学教师教育、数学教育技术、STEM教育研究。

学知识和学科内容知识,也要具备面向具体学科内容的教育技术和相关的教学法知识.因此,她将该课程的学习目标设定为:(1)掌握 STEM 学科(尤其是数学与科学)教与学相关的信息技术;(2)深入研究 STEM 学科教与学相关的整合技术的学科教学知识(TPACK);(3)帮助 STEM 学科教师经历 TPACK 的获取过程;(4)探讨促进 STEM 学科教师专业发展的途径;(5)探讨成功实施信息技术与 STEM 学科教学深度融合的挑战与解决方案.玛丽娜强调,TPACK 理论和有意使用技术的教学思维框架是指导这门学科教育技术课程建设的重要理论基础.其中,TPACK 理论已经为中国学者所熟悉,有意使用技术的教学思维框架则是玛丽娜在 TPACK 理论的基础上所提出的一个新的理论框架.根据该框架,教师不仅应该拥有学科内容知识、教学法知识和技术知识,而且需要掌握有关的教育研究知识,具备相关学科的教与学经历<sup>[7]</sup>.有意使用技术的教学思维强调技术在得到特定的学习结果时所发挥的作用,它尤其关注教师有意使用技术达成特定教学目标的能力<sup>[8]</sup>.

## 2.2 课程学习内容

“运用技术教数学与科学”课程共有 3 个学分,包含 4 个模块,涉及“人是如何学习的——以技术为例”“在数学与科学课堂中运用技术”“发展数学与科学教师的整合技术的学科教学知识”“准备课程论文和设计课程项目”等 4 个主题.学生需要在 14 周的时间内严格按照时间节点和教学要求完成所有课程内容(详见表 1).

表 1 课程内容与时间安排

| 模块 | 主题                    | 内容   | 专题                                     | 时间        |
|----|-----------------------|--|--|-----------|
| 一  | 人是如何学习的——以技术为例        | 探讨行为主义、认知主义和建构主义等学习理论对数学与科学教育的启示.          | 1.1 学习理论及其在有效整合技术的数学与科学学习环境的设计与实施方面的应用 | 第 1~2 周   |
|    |                       |  | 1.2 基于探究的数学与科学教育——以技术整合为例              | 第 3~4 周   |
|    |                       |  | 1.3 在整合技术的数学与科学课堂中发展批判性思维              | 第 5 周     |
| 二  | 在数学与科学课堂中运用技术         | 聚焦学科教育技术,讨论数学与科学情境中的整合技术的教学法的核心要素.         | 2.1 当代数学与科学教育技术概览                      | 第 6~7 周   |
|    |                       |  | 2.2 研究 3 种数学与科学教育技术                    | 第 8~9 周   |
| 三  | 发展数学与科学教师的整合技术的学科教学知识 | 聚焦发展数学与科学教师的整合技术的学科教学知识,并探讨如何支持教师运用技术进行教学. | 3.1 整合技术的学科教学知识概览                      | 第 10 周    |
|    |                       |  | 3.2 数学与科学教师的专业发展——发展教师整合技术的学科教学知识      | 第 11 周    |
| 四  | 准备课程论文和设计课程项目         | 完成一篇教育技术探索论文和一个教育技术应用项目.                   | 4.1 撰写整合技术的数学与科学教学和学习论文                | 第 12~14 周 |
|    |                       |  | 4.2 设计整合技术的数学与科学教育活动项目                 |           |

## 2.3 课程技术元素

课程主讲教师玛丽娜认为:学习者同时具备学生和教师双重身份,他们在学习过程中需要有机会体验丰富多样的信

息技术,才能在个人未来的课堂中有效地实现信息技术与学科教学的深度融合.教师应该具备有意使用技术的教学思维,从而创造性地使用信息技术达成特定的教学目标.因此,她试图为课程的学习者营造一个信息技术丰富的 STEM 学习环境,以下 4 种不同类型的信息技术与该课程实现了深度融合.

### 2.3.1 课堂即时反馈系统

在“运用技术教数学与科学”课程中,主讲教师经常使用一个名为“点击者”(Clickers)的课堂即时反馈系统.在这个系统中给出一些有挑战的概念性选择题给学生思考并作答.学生借助智能手机或笔记本电脑在“点击者”系统中投票选出自己认为正确的答案.接下来教师不讲解答案而直接展示学生投票的结果.如果学生投票的结果不是正确答案,教师就会要求学生以小组的形式进行讨论,争取找到正确的答案.与之相匹配的教学方法称为同伴教学法<sup>[9]</sup>.主讲教师也会要求学生使用“点击者”课堂即时反馈系统对学生上传的辩论视频进行评价,以正反双方两人为一组集体匿名投票确定获胜的一方.

### 2.3.2 数学与科学教学软件

使用数学与科学教学软件能够促进有意义的数学与科学的学习.一些常用软件,例如 GeoGebra 和几何画板被广泛应用于“运用技术教数学与科学”课程中.其中,GeoGebra 是一个功能很多、上手很快、非常好用又完全免费的开源动态数学软件.它将几何、代数、表格、图形、统计和微积分汇集在一个易于使用的软件包中,近年来在全世界的科学、技术、工程和数学课堂中得到广泛应用.它能够帮助学生建立代数和几何模型解决真实的数学和科学问题.它也能够帮助学生通过体验几何不变性从而发现其中隐藏的关系.它还能够促使学生提出一些用传统的工具很难回答的“如果……,那么……”的问题.因此,通过动态数学软件对一些“显然”的现象问问“为什么”,能够使学生产生事先不曾预料的、在教学上非常珍贵的“恍然大悟”时刻.例如,主讲教师曾经将 GeoGebra 用于探究球面镜和抛物面镜的异同<sup>[10]</sup>.

### 2.3.3 实时数据收集与分析系统

为了帮助学生发展一种对 STEM 学科的欣赏,非常重要的一个方面是让他们主动探究扎根于日常生活现象的真实问题.这也有助于学生成为 STEM 相关信息的批判性消费者.这种探究活动依赖于学生使用实时数据采集系统收集和分析真实数据的能力.这种系统通常包括各种探头和相应的数据采集软件,并配有视频记录和视频分析系统,从而帮助学生了解同一现象的多种表征方式.将各种探头与商业软件 Logger Pro 一起配合使用,可以获取实时数据,验证科学猜想,构建对数学与科学的理解<sup>[11]</sup>.由于许多运动发生的时间非常短,单纯用肉眼观察很难发现其中的规律.此外,有些运动发生在课堂以外,无法及时进行分析.将运动视频记录下来并导入视频分析系统进行分析是一种有效的方法.免费的开源软件 Tracker (<https://physlets.org/tracker/>) 也可以用于视频分析和建模.

### 2.3.4 计算机虚拟仿真实验平台

由于有些数学或科学概念非常抽象或者很难直接观察到,也不方便用实物演示.此时,计算机虚拟仿真就非常

必要了。在课堂中使用小应用程序进行实验探究,模拟数学与科学问题并验证其猜想是一种安全、高效又节约的学习方法。学习者在学习过程中会接触到一个名叫 PhET 的网站(<https://phet.colorado.edu>)。这是一个完全免费的在线数学和科学(物理、化学、生物、地理)虚拟仿真实验教学平台,由诺贝尔奖获得者卡尔·威曼于 2002 年创立,科罗拉多大学 STEM 教育团队负责运营。该网站目前支持包括英文和中文在内的近百种不同的语言,有数百个互动模拟程序,几千个 STEM 教学案例,被播放超过 5 亿次,在北美的上千所高中和几百所大学得以广泛应用。

#### 2.4 课程评价方式

恰当的评价方法和详尽的评分细则是确保在线课程质量的重要手段。原创性和真实性是评价课程作业的压倒一切的标准。“运用技术教数学与科学”课程的评分项目包含 5 个类别的 10 个子项。除“学生课堂参与情况”不单独计分以外,其它 9 个子项的百分比从 5%~20%不等。具体而言,学生需要完成两个教育技术辩论视频(5%+5%)和一个学生主导演讲视频(20%),撰写一篇教育技术探索论文(初稿 5%,终稿 20%,同伴反馈 5%),设计一个教育技术应用项目(初稿 15%,终稿 20%,同伴反馈 5%),并且积极参与课堂讨论。

##### 2.4.1 学生课堂参与情况

学生应该认真阅读指定论文,做好充分准备,每周参加在线讨论。同伴之间应该互相配合,积极支持。及时提供同伴反馈,按时提交课程作业。如果确实有学校认可的“不可避免”的原因无法参加在线讨论,至少要提前 24 小时通过电子邮件告知主讲教师并提供证明材料。

##### 2.4.2 教育技术辩论视频

教育技术辩论主要讨论不同教育技术的利与弊。例如,交互式电子白板,计算机虚拟仿真实验平台,课堂即时反馈系统,平板电脑,各类探头,课程管理系统,YouTube 等视频网站,GeoGebra、几何画板等数学教学软件,Google Docs 等在线文档编辑软件,翻转课堂教学模式,PeerWise 等协作学习系统。每位学生需要找一个搭档,分别作为正方和反方的教育技术专家参与两次辩论。第一次辩论需要制作一个 3 分钟的短视频并上传到学校的协作学习注释系统。在看完对方辩友的陈述后,需要再另外发布一个两分钟的短视频来反驳对方的观点。在此过程中,学生还需要回应其他同伴的提问。主讲教师组织学生以每个辩论小组为单位,根据论据的明确性、论据的支撑度以及论据中包含的教学启示等标准进行评价,通过课堂即时反馈系统集体匿名投票选出获胜的一方,并根据详尽的评分细则给每个学生的教育技术辩论提供反馈意见。

##### 2.4.3 学生主导演讲视频

每个学生都要从每周给定的主题中选择一个主题准备一个 15 分钟的演讲视频并上传到学校的协作学习注释系统供同伴讨论。每个学生都要和另外一个学生一起帮助组织一次在线讨论。讨论过程中尤其需要关注课程阅读材料、学生个人经历和讨论过的问题之间的联系。主讲教师将会根据以下几个维度评价讨论的质量:演讲内容的深度和广度;思想

交流的质量;演讲者提出问题的能力;负责帮助组织讨论的学生在讨论结束之后提供的总结报告的质量。

##### 2.4.4 教育技术探索论文

每个学生都需要完成一篇 5 000 字左右,主题涉及整合技术的数学与科学教学和学习的教育技术探索论文。要求:紧扣课程内容,围绕某个专题深入讨论;广泛引用相关文献,明确表述研究问题;源于对阅读材料的严格分析和学生个人经验;能为所提问题提供可行的解决方案或提供找到可行方案的途径;反思这些想法如何影响个人的教学或研究。每个学生先在网上提交论文初稿。除了请主讲教师评阅并提供教师反馈以外,还需要找到另外一个学生评阅并由其提供同伴反馈。在综合考虑教师和同伴的反馈意见并认真修改之后才能提交论文终稿。

##### 2.4.5 教育技术应用项目

每个学生都需要设计一个主题涉及整合技术的数学与科学教学和学习的教育技术应用项目,该项目可以是一个课例的教学设计,一个单元活动的教学设计,一个工作坊的教学设计,也可以是一个实验的教学设计。要求:(1)有一定的实用性:能让其他人愿意真正使用;(2)能做到学以致用:允许学生将理论知识应用到自己感兴趣的实践领域;(3)有基本原理分析:包括选题缘由、目标概述、技术描述、参考文献等;(4)有实践课程设计:要形成一个最终产品并且包含对学生活动和教师活动等的描述;(5)有合理评价方法:能够对课程可持续性和教学效果进行评估;(6)能做到同伴互助。每个学生都要向同伴进行口头陈述并且相互提供书面反馈。和教育技术探索论文的要求一样,每个学生先在网上提交项目初稿,除了请主讲教师评阅并提供教师反馈以外,还需要找到另外一个学生评阅并由其提供同伴反馈。在综合考虑教师和同伴的反馈意见并认真修改之后才能提交项目终稿。

### 3 课程特色

纵观整个课程可以发现,“运用技术教数学与科学”课程主讲教师特别强调以下几条原则:(1)有效组织课程;(2)促进主动参与;(3)打造学习共同体。其中,有效组织课程的特点是:透明的课程结构,清晰的学习目标,恰当的评价方法,现实的课程期望,及时的学习支持和便利的资源获取。促进主动参与的策略有:自己做出决策,进行持续反馈,获得改进机会,整合个人经验,理论用于实践,尝试新的想法。打造学习共同体的措施包括:有效开展小组协作,支持同伴互助学习,师生之间充分互动,给予作品充分反馈,灵活组织课程学习,有效利用学生反馈,积极肯定各种贡献<sup>[12]</sup>。作为一门致力于培养教师实施信息技术与学科教学深度融合的能力的 STEM 学科教育技术课程,它也充分体现了整合性 STEM 教育的 5 个关键特征:STEM 多学科融合,基于问题的学习,基于探究的学习,基于设计的学习,基于协作的学习<sup>[13]</sup>。

#### 3.1 以融合为导向——渗透跨学科学习理念

跨学科学习是指学习者整合两个及更多学科或专业知识体系的信息、数据、技术、视角、概念以及理论,以实现

单一学科内容不能达到的目的,如解决问题、解释现象或制作产品等,是一种个人和群体从两个或两个以上的学科领域整合观点和思维模式,以促进学习者对跨学科知识理解的过程<sup>[14]</sup>。将知识按学科进行划分方便进行系统讲授,但真实世界中的问题往往涉及多个学科。因而,理工科教育出现了取消分科、进行整合教育的趋势。STEM教育因此应运而生,跨学科性是它最重要的核心特征<sup>[15]</sup>。

“运用技术教数学与科学”课程的基本定位是跨学科课程。首先是学习者主要来自中小学数学和科学等STEM相关学科,其次是讲授的内容涉及到多个STEM相关学科。学生需要同时学习数学与科学相关的项目,并且把它们融入到一个统一的信息技术支持的学习环境中。在该课程中,数学与物理的跨学科学习尤其明显。例如,通过实时数据收集工具获得物理实验数据,采用数据分析软件探究数学模型。

### 3.2 以问题为纽带——体验基于问题的学习

基于问题的学习是以小组的形式进行,由教师提供获取学习资源的途径和学习方法的适当指导,由学生解决拟真情境中的问题的一种教学与学习策略。它强调把学习设置到复杂的、有意义的问题情境中,通过让学习者合作解决真实性问题,来学习隐含于问题背后的科学知识,形成解决问题的技能,并形成自主学习的能力<sup>[16]</sup>。在“运用技术教数学与科学”课程中,主讲教师采用了基于问题的学习这种教学策略,在每个专题的学习中都给定了一个关键问题并提供了具体的阅读材料供学生阅读。整个课程以如下7个方面的关键问题引导学生学习:(1)我们关于数学与科学学习的知识应该如何影响整合技术的学习环境的设计和和实施(第1~2周)?(2)技术如何支持基于探究的数学与科学教育(第3~4周)?(3)在数学与科学课堂中如何利用技术来支持批判性思维的发展(第5周)?(4)面向数学与科学教学的现代教育技术的优点和不足是什么?你为什么愿意(或不愿意)在科学与数学课堂中使用这些现代教育技术?你如何说服你的同事也使用这些现代教育技术(第6~7周)?(5)你选择的3种现代教育技术的优点与不足是什么?你为什么愿意(或不愿意)选择在科学与数学课堂中使用这些现代教育技术?你如何说服你的同事也使用这些现代教育技术(第8~9周)?(6)什么是整合技术的学科教学知识?如何在数学与科学中支持和发展整合技术的学科教学知识(第10周)?(7)设计与实施有效的教师专业发展的核心元素是什么(第11周)?学生需要仔细阅读相关文献才能有效回答上述问题,从而以问题为纽带促进了学生的主动参与。

### 3.3 以探究为核心——感悟基于探究的学习

基于探究的学习是帮助学习者建构知识的一种教与学的策略,所采用的方式和职业科学家所用的方法和实践相似。它可以定义为学习者通过实验或观察提出假设、验证假设,从而发现新的因果关系的过程。在此过程中通常涉及问题解决及相关技能的运用。它强调学习者的主动参与及个人发现新知识的责任<sup>[17]</sup>。基于探究的学习是提高科学与数学等STEM学科成绩的一种有效的教学策略。教师培养或培训过程中,以学习者身份接受培养或培训的教师应该获得机会感悟这种基于探究的学习方式,从而有可能在自己的课堂

中去运用这种方式。

纵观整个课程可以发现,教师主动讲授的内容非常少,绝大多数时候都是由学生围绕给定的问题或任务自主探究:自己阅读指定文献,自己查询所需资料,自己制作视频文件,自己参与研讨活动。在此过程中,教师主要起组织、指导、帮助和促进的作用。

### 3.4 以作品为中心——领略基于设计的学习

基于设计的学习是一种融合探究活动和设计实践的教学与学习策略。在此过程中,教师提出设计型学习挑战,学习者经过反复探究、设计,完成面向真实情境的项目,形成学习成果<sup>[18]</sup>。在“运用技术教数学与科学”课程中,学生需要完成以下作品:教育技术辩论视频、学生主导演讲视频、教育技术探索论文、教育技术应用项目。每一个作品的完成,都需要经历反复探究和设计的过程。其中,围绕某个主题的教育技术辩论需要两次制作短视频,接受同伴的质疑并提出反驳意见。设计学生主导演讲视频时需要特别关注课程阅读材料、学生个人经历和讨论过的问题之间的联系。撰写教育技术探索论文时先提交初稿,在得到同伴和教师的反馈意见后认真修改,再提交终稿。设计教育技术应用项目需要经历确定选题,构思方案,设计初稿,师生反馈,提交成品的过程。

### 3.5 以协作为形式——经历基于协作的学习

基于协作的学习是一种教学与学习策略,在此过程中涉及学习小组共同努力解决一个问题,完成一项任务或者创造一个产品<sup>[19]</sup>,这种学习方式有利于培养学生需要的21世纪技能。在“运用技术教数学与科学”课程中,学生需要多次进行协作学习。例如,在教育技术辩论环节,学生需要两人一组开展辩论,并通过集体投票选出获胜的一方。在学生主导演讲环节,学生需要对别人的演讲视频发表评论并且每人要参加一次组织讨论活动。在撰写教育技术探索论文环节,学生需要两人一组互相阅读对方的论文并提供详细的书面反馈意见。在设计教育技术应用项目环节,学生需要向同伴进行口头陈述并且相互提供书面反馈。

## 4 研究启示

### 4.1 以学科教育技术为依托培养教师的信息化教学能力

信息化教学技能是教师必须掌握的核心技能之一。整合技术的学科教学知识的整合观对职前教师做好准备,积极思考技术何时、何地以及如何促进学生学习具有重要指导意义<sup>[20]</sup>。英属哥伦比亚大学以TPACK理论和有意使用技术的教学思维框架为指导开设的“运用技术教数学与科学”课程具有很强的借鉴意义。这一做法既与研究者的主张相符,也与相关学科的现实情况匹配。例如,数学教育的研究者和实践者们普遍关注数学教育技术的应用<sup>[21]</sup>。袁智强曾提出“开设学科教育技术课程,发展师范生整合技术的学科教学知识”的主张<sup>[6]</sup>,基于TPACK理论设计并实际开设了“数学教育技术”课程。这一主张也与“教育技术要深入学科”<sup>[4]</sup>的提法相呼应。其它学科(例如,外语)的学者也提出了建设学科教育技术课程的观点<sup>[22]</sup>。因此,应该以学科教育技术课程为依托,培养教师实施信息技术与学科教学深

度融合的信息化教学能力。

#### 4.2 以学科交叉融合为导向培养未来教师的跨学科教学能力

学科交叉融合已成为科技和教育发展的重要趋势。2018 年 1 月国务院印发的《关于全面加强基础科学研究的若干意见》提出:“坚持从教育抓起,潜心加强基础科学研究,对数学、物理等重点基础学科给予更多倾斜,完善学科布局,推动基础学科与应用学科均衡协调发展,鼓励开展跨学科研究,促进自然科学、人文社会科学等不同学科之间的交叉融合。”2018 年 9 月,教育部等 6 部门联合印发《关于实施基础学科拔尖学生培养计划 2.0 的意见》,要求“促进学科交叉、科教融合”,提出要把促进交叉作为拔尖创新人才培养的重要途径,建设跨学科课程体系,组建跨学科教学团队,设立交叉学科研究课题,为拔尖学生参与跨学科学习和研究创造条件。“打造一批基于信息技术开展跨学科教学的骨干教师”成为全国中小学教师信息技术应用能力提升工程 2.0 的重要任务之一。因此,应该以信息技术,特别是深入学科的信息技术为依托,以交叉融合为导向,培养教师信息技术支持的跨学科教学能力。

#### 4.3 以信息技术支持的跨学科教育为切入点培养社会需要的创新型人才

STEM 教育或融入艺术的 STEM 教育 (STEAM 教育) 等跨学科教育理念受到国内外教育界的广泛关注。研究者普遍认为,STEM 融合教育的方式能够为学生提供充分的机会有效地发展多元思维模式<sup>[23]</sup>。美国和加拿大等西方国家推出了一系列政策加强 STEM 教育。例如美国发布了《STEM 2026: STEM 教育创新愿景》等文件,加拿大制定了 STEM 教育 2067 行动计划,中国也启动了 STEM 教育 2029 创新行动计划。对《国际 STEM 教育学报》(International Journal

of STEM Education) 等期刊上发表的论文进行文献综述的结果也表明:STEM 教育研究与发展已经成为一个快速成长的国际化领域<sup>[24-25]</sup>。2016 年,中国教育部印发的《教育信息化“十三五”规划》中首次提到:要积极探索信息技术在“众创空间”、跨学科学习 (STEAM 教育)、创客教育等新的教育模式中的应用,逐步形成创新课程体系。这使得中国的 STEM 教育从一开始就具有鲜明的信息技术支持的特色。因此,可以在继续重视分科式 STEM 教育的同时,大力推进整合性 STEM 教育<sup>[26]</sup>。以信息技术支持的跨学科教育为切入点,培养学生的创新精神和实践能力,培养社会需要的创新型人才。

## 5 结语

学科教育技术课程是培养教师实施信息技术与学科教学深度融合能力的重要载体,不仅应该通过建设在线开放课程、打造在线“金课”的方式面向中小学在职教师开设,更应该面向职前教师开设。因为,为了帮助教师获得这种深度融合的能力以及对教育信息技术的积极态度,在教师准备阶段就有意识地帮助他们获取整合技术的学科教学知识是非常必要的<sup>[21]</sup>。帮助职前教师初步掌握应用信息技术优化学科课堂教学的方法技能,使之具有运用信息技术支持学习设计和转变学生学习方式的初步经验,这不仅是教师专业发展的需要,也是《中学教育专业认证标准(第三级)》中“技术融合”维度的明确要求。以 TPACK 理论和有意使用技术的教学思维框架为指导,以融合为导向,以问题为纽带,以探究为核心,以作品为中心,以协作为形式开设学科教育技术课程是解决“信息技术与学科教学深度融合不够”这个问题的有效途径。

## [参考文献]

- [1] 任友群, 冯仰存, 郑旭东. 融合创新, 智能引领, 迎接教育信息化新时代[J]. 中国电化教育, 2018(1): 7-14.
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育信息化 2.0 行动计划[EB/OL]. (2018-04-13)[2019-12-26]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425\\_334188.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html).
- [3] 何克抗. 如何实现信息技术与学科教学的“深度融合”[J]. 教育研究, 2017, 38(10): 90-94.
- [4] 张景中, 葛强, 彭翕成. 教育技术研究要深入学科[J]. 电化教育研究, 2010, 31(2): 8-13.
- [5] 袁智强. 整合技术的学科教学知识研究综述[J]. 数学教育学报, 2012, 21(6): 13-18.
- [6] 袁智强, 李士铸. 数学师范生整合技术的学科教学知识 (TPACK) 发展研究——以“正态分布”为例[J]. 电化教育研究, 2013, 34(3): 107-113.
- [7] MILNER-BOLOTIN M. Promoting deliberate pedagogical thinking with technology in physics teacher education: A teacher educator's journey [M] // MACMEOD K, RYAN T. The physics educator: Tacit praxes and untold stories. Champaign: Common Ground Publishing, 2016: 112-141.
- [8] MILNER-BOLOTIN M. Technology as a catalyst for twenty-first-century STEM teacher education [M] // YU S, NIEMI H, MASON J. Shaping future schools with digital technology: An international handbook. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2019: 179-199.
- [9] MILNER-BOLOTIN M. Learning physics teaching through collaborative design of conceptual multiple-choice questions [J]. The Canadian Journal of Action Research, 2015, 16(2): 22-41.
- [10] MILNER-BOLOTIN M. Rethinking technology-enhanced physics teacher education: From theory to practice [J]. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 2016, 16(3): 284-295.
- [11] MILNER-BOLOTIN M. Technology-enhanced teacher education for 21st century: Challenges and possibilities [M] //

- GE X, IFENTHALER D, SPECTOR J M. Emerging technologies for STEAM education. Dordrecht: Springer International Publishing, 2015: 137–156.
- [12] MILNER-BOLOTIN M. Making online graduate teacher education courses matter: From theory to successful technology-enhanced practice [M] // RYAN T G, YOUNG D C. Teaching online: Stories from within. Champaign: Common Ground Publishing LLC, 2014: 10–31.
- [13] THIBAUT L, KNIPPRATH H, DEHAENE W, et al. How school context and personal factors relate to teachers' attitudes toward teaching integrated STEM [J]. International Journal of Technology and Design Education, 2018, 28 (3): 631–651.
- [14] 董艳, 孙巍, 徐唱. 信息技术融合下的跨学科学习研究[J]. 电化教育研究, 2019, 40 (11): 70–77.
- [15] 余胜泉, 胡翔. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究, 2015, 21 (4): 13–22.
- [16] 姜美玲. 基于问题的学习: 一种可资借鉴的教学模式[J]. 全球教育展望, 2003, 32 (3): 62–66.
- [17] PEDASTE M, MAEOTS M, SIIMAN L A, et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle [J]. Educational Research Review, 2015, 14 (1): 47–61.
- [18] 朱龙, 饶敏, 张华阳, 等. 美国中小学设计型学习新进展: 案例与启示[J]. 电化教育研究, 2017, 38(12): 114–119.
- [19] LAAL M, LAAL M. Collaborative learning: What is it [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 31 (2): 491–495.
- [20] 任友群, 闫寒冰, 李笑樱. 《师范生信息化教学能力标准》解读[J]. 电化教育研究, 2018, 39 (10): 5–14.
- [21] 苏日娜, 代钦. 信息技术在数学教学中的应用之理论与实践探索——2017 信息技术与数学教学国际研讨会纪要 [J]. 数学教育学报, 2018, 27 (2): 93–95.
- [22] 刘晓斌. 学科互涉视角下的外语教育技术——从创建学科教育技术学之必要性谈起[J]. 外语电化教学, 2013(3): 19–23.
- [23] 李业平, SCHOENFELD A H, DISESSA A A, 等. 论思维和 STEM 教育[J]. 数学教育学报, 2019, 28(3): 70–76.
- [24] 李业平. STEM 教育研究与发展: 一个快速成长的国际化领域[J]. 数学教育学报, 2019, 28 (3): 42–44.
- [25] 李业平, 王科, 肖煜. STEM 教育研究的现状和发展趋势: 综述 2000—2018 年期间发表的论文[J]. 数学教育学报, 2019, 28 (3): 45–52.
- [26] 袁智强. 交叉融合的 STEM 教育: 背景、内涵与展望[J]. 教育研究与评论 (中学教育教学), 2019 (3): 32–37.

### A Study of a TPACK-Based Subject-Specific Educational Technology Course and Its Implications —The Case of “Teaching Mathematics and Science through Technology” Course at The University of British Columbia

YUAN Zhi-qiang<sup>1</sup>, MARINA MILNER-BOLOTIN<sup>2</sup>

(1. School of Mathematics and Statistics, Hunan Normal University, Hunan Changsha 410081, China;

2. Faculty of Education, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada)

**Abstract:** Subject-specific educational technology course was an important tool for developing teachers' competencies in implementing in-depth integration of modern information technologies into the teaching of specific STEM subjects. In order to investigate how to develop a subject-specific educational technology course, content analysis and in-depth interview were used to analyze the course “Teaching Mathematics and Science through Technology” in the online Master of Education Program at The University of British Columbia. Research findings showed that this course was guided by the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Deliberate Pedagogical Thinking with Technology (DPTwT) frameworks. It was integration-oriented, problem-centered, inquiry-based, and product-focused. It required collaboration and cooperative. The course perfectly embodied the five key features of integrated STEM education: integration of STEM content, problem-centered learning, inquiry-based learning, design-based learning, and cooperative learning. Research implications for such a course include: (1) developing teachers' information and communication technology teaching competencies enhanced by subject-specific educational technology; (2) developing teachers' interdisciplinary teaching competencies guided by interdisciplinary integration; (3) fostering teachers' and students' openness for innovation and creativity required by society that was facilitated by information technology-supported interdisciplinary education.

**Key words:** subject-specific educational technology; STEM education; TPACK; deliberate pedagogical thinking with technology; online Master of Education program

[责任编辑: 周学智、陈隽]