

学科能力发展评学教系统的 建设与应用模式研究*

王 磊^{1,2}, 周冬冬^{1,2}, 支 瑶³, 黄燕宁⁴, 胡久华², 陈 颖³

(1.北京师范大学 未来教育高精尖创新中心, 北京 100875; 2.北京师范大学 化学学院, 北京 100875;
3.北京市海淀区教师进修学校, 北京 100195; 4.首都师范大学 首都基础教育发展研究院, 北京 100048)

摘要: 新兴信息技术和学科教学的深度融合以促进学生学科能力和素养的发展, 成为基础教育研究的热点之一。该文探讨“智慧学伴”中学科能力发展评学教系统建设的理论框架, 从学科能力发展目标的精准确定、学科能力表现的在线诊断与分析、学科能力发展资源的精准和个性化推荐三个方面论述“智慧学伴”对促进学生学科能力发展的教与学具有支撑作用。通过教学实践, 提出基于“智慧学伴”促进学生学科能力发展的自主学习和课堂教学应用模式。初三化学“质量守恒定律”新授课教学实践案例研究表明, 该课堂教学应用模式能够有效促进学生学科能力的发展, 实现学科能力评学教一体化。

关键词: 学科能力; 智慧学伴; 应用模式; 评学教一体化

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

学科教学的核心目标是促进学生的学科能力和素养的发展, 倡导评学教一体化^[1-6]。目前学科教学面临着系列挑战, 需融合知识学习和能力素养发展, 结合基础知识学习和高阶思维能力发展, 贯通新授课教学和复习课教学, 兼顾个性化学习和群体性学习, 统整形成性和终结性的全学习过程数据采集等。这一系列挑战需要新兴信息技术的支撑, 而已有大量研究致力于探索利用信息技术与学科教学的融合, 变革传统学科教学的学习方式、教学模式、教学环境和课堂教学结构等^[7-13]。探索利用大数据、云计算、泛在网络、人工智能等新兴信息技术, 促进学生的个性发展, 辅助教师更精准地“教”, 指导学生更精益地“学”^[14-16], 缺少系统的学科能力和素养发展的理论基础、顶层设计和应用模式。

因此, 为了解决学科能力和素养发展教学所面临的挑战, 充分利用新兴信息技术的优势, 实现学生学科能力和素养发展的全学习过程大数据采集, 实现学科知识、能力和素养结构的建模, 实现学生学科能力和素养的表现诊断和问题分析, 促进学生学科能力和素养的全面发展。本文主要围绕“智慧

学伴”中学科能力发展评学教系统是如何建设、如何支撑促进学生学科能力发展的教学、如何应用于促进学生学科能力发展的自主学习和课堂教学等问题进行了系统研究。

一、“智慧学伴”中学科能力发展评学教系统建设的理论框架

(一)学科能力理论框架

学科能力是指个体能够顺利地、稳定地完成特定的学科认识活动和问题解决任务的稳定的心理调节机制, 学科能力表现是学生完成相应学科认识活动和问题解决活动的表现^[17]。其中, 学科知识经验是学科能力的基础, 学科认识方式是知识转化为学科能力的核心机制, 学科能力活动是知识转化为素养的途径和表现, 从而构建了学科能力活动表现、知识经验基础、学科认识方式内涵实质及其发展水平的多维整合模型(如下页图1所示)。该模型既是学科能力表现的测评和诊断框架, 也是学科能力培养和发展之路径^{[18][19]}。因此, 本研究以该模型作为建设“智慧学伴”中学科能力发展评学教系统的理论框架。

* 本文系北京师范大学未来教育高精尖创新中心项目“中学化学智能分析工具开发与应用研究”(项目编号:BJAICFE2016SR-009)阶段性研究成果。

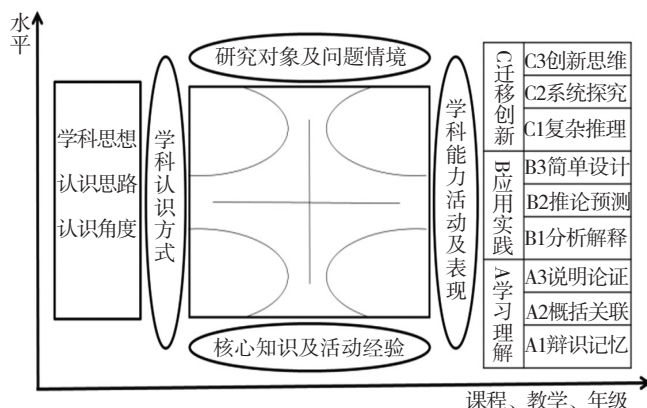


图1 学科能力构成模型(A1-C3以化学学科二级能力要素为例)

(二)建设思路及要素

“智慧学伴”中学学科能力发展评学教系统以学科能力构成模型为基础，选取具有学科能力发展价值的核心知识和活动经验构建学科知识图谱，研发核心知识和活动经验的学科能力表现指标体系，开发系列测评工具和微课资源，并从核心概念、学科能力指标体系、认识方式、学科核心素养和问题情境等多个维度编码，在“智慧学伴”中建设了包含学科知识图谱、学科能力指标体系、测评工具、微课资源四要素的学科能力发展评学教系统，如图2所示。基于此，能够在学生学习的不同阶段全面精准诊断和分析学生学科能力表现、推送学习资源、设计和实施教学等，实现学科能力评学教一体化、精准化和个性化，促进学生学科能力发展。

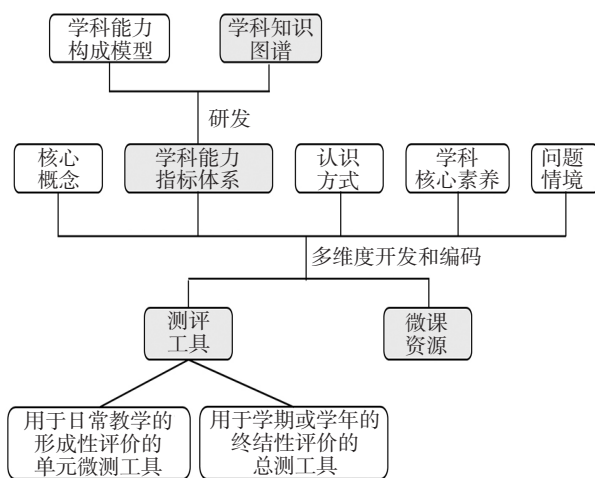


图2 “智慧学伴”中学学科能力发展评学教系统的建设思路及要素

二、“智慧学伴”对促进学生学科能力发展教学的支撑作用

促进学生学科能力发展的教学，需选取具有学科能力发展价值的核心概念，系统分析该核心概

念的学科能力发展目标，准确诊断学生的学科能力表现。对于课堂教学，教师需基于核心教学内容的学科能力发展目标和学生学科能力表现诊断，精准分析学情，明确教学的具体学科能力发展目标，精确、有梯度地设计教学环节和学生活动任务，基于学科能力水平和进阶合理选取和使用原型变式及综合复杂陌生的任务情境，基于学科能力要素的高级思维内涵及素养要求进行有效设问、追问、评价、示范、总结^[20]；对于学生自学，学生需学习基于学科能力表现诊断精准推送的、促进学生学科能力发展的学习资源。“智慧学伴”中学学科能力评学教系统为促进学生学科能力发展的教学奠定了基础，能够有效地支持学科能力发展目标的精准确定、学科能力表现在线诊断与分析、学科能力发展资源的精准和个性化推荐。

(一)支持学科知识图谱和学科能力发展目标的精准确定

各学科依据课程标准的内容要求，基于学科本体视角和学生学习视角分析课程内容，建立了本学科的一级主题、二级主题、核心概念三级的知识图谱。基于核心概念，结合学科能力要素和认识方式，构建了基于核心概念的学科能力、一级学科能力要素、二级学科能力要素和学科能力表现指标的四级学科能力发展目标树，如图3所示。基于学科能力表现指标体系，有助于教师精准分析教学内容、设定教学目标，有助于学生明确学习内容和发展目标。

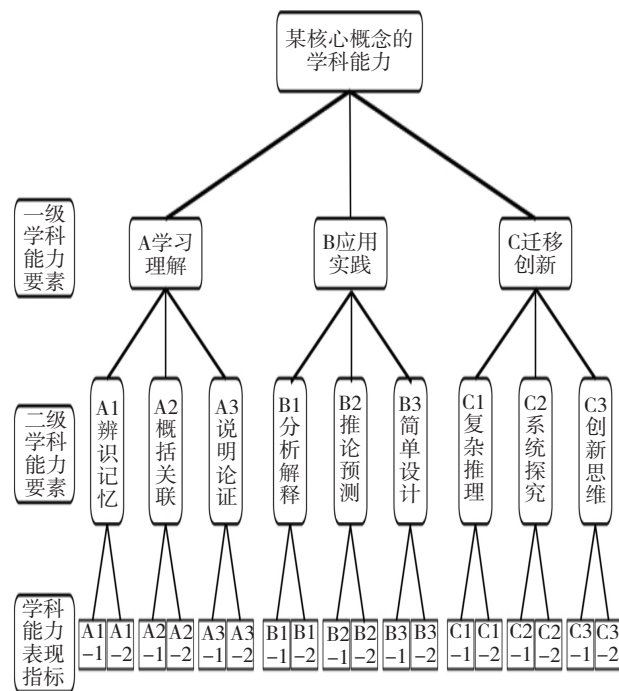


图3 学科能力发展目标树(A1-C3以化学学科二级能力要素为例)

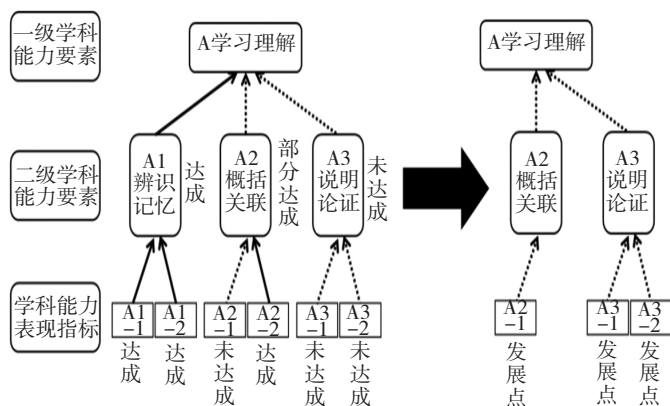


图5 基于学科能力表现测评发现学生的问题和优势

学生某学科能力指标表现弱，直接推荐对应的学科能力表现指标的学习资源是一种思路。同时，不同概念、不同学科能力表现指标之间也存在关联，学生的学科能力指标X(简称“指标X”)表现弱，可能是指标X本身表现弱，也可能是其相关联的学科能力指标Y(简称“指标Y”)表现弱，或者指标X和Y两者均表现弱。因此，存在3种推荐学习路径，如图6所示。路径1说明学生指标X表现弱不是由于指标Y导致的，是指标X本身未达成，需推荐指标X的微课资源学习；路径2说明学生指标X表现弱是由于指标Y导致的，需先达成指标Y，就能完成指标X；路径3说明学生指标X表现弱与指标X和Y均有关联，需先突破指标Y，再突破指标X。对于指标X表现弱的学生，不同的学生可根据其学科能力表现的差异通过不同的路径来达成学科能力指标X，在“智慧学伴”上，依据学生学科能力表现来调适其学习内容，基于数据驱动与学习分析持续改善学习路径，实现学科能力的达成。

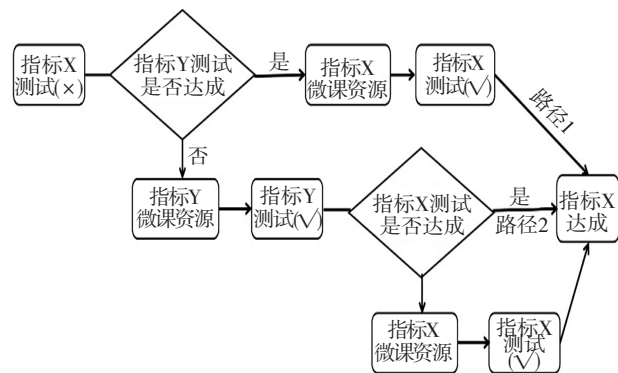


图6 适应性学习的测试和资源推送

(二)基于“智慧学伴”促进学生学科能力发展的课堂教学模式

基于学科知识图谱和学科能力表现指标体系，教师能够更明确教学知识内容结构及其学科能力发展目标，从而精准设计和选取教学目标、活动任

务、情景素材，同时外显教学的思路方法和优化教学行为。基于测评工具和诊断报告，教师能够基于学生表现证据了解学生学科能力发展的问题和优势，明确教学的重难点，精准设计和实施教学；基于微课资源，教师能够深度理解学科能力表现指标和问题解决的思路方法，反思并改进教学。因此，引导教师从“具体知识落实为本”的教学转变为“学科能力发展为本”的教学，帮助教师明确核心教学内容对学科能力发展的功能价值，辅助教师在教学的不同环节中设计丰富多样且有梯度的学科能力活动任务，促进教师的教学行为更加指向学生学科能力培养，从而帮助学生建立核心的认识角度，形成认识思路，实现学生学科能力的发展。基于“智慧学伴”促进学生学科能力发展的教学模式如图7所示。

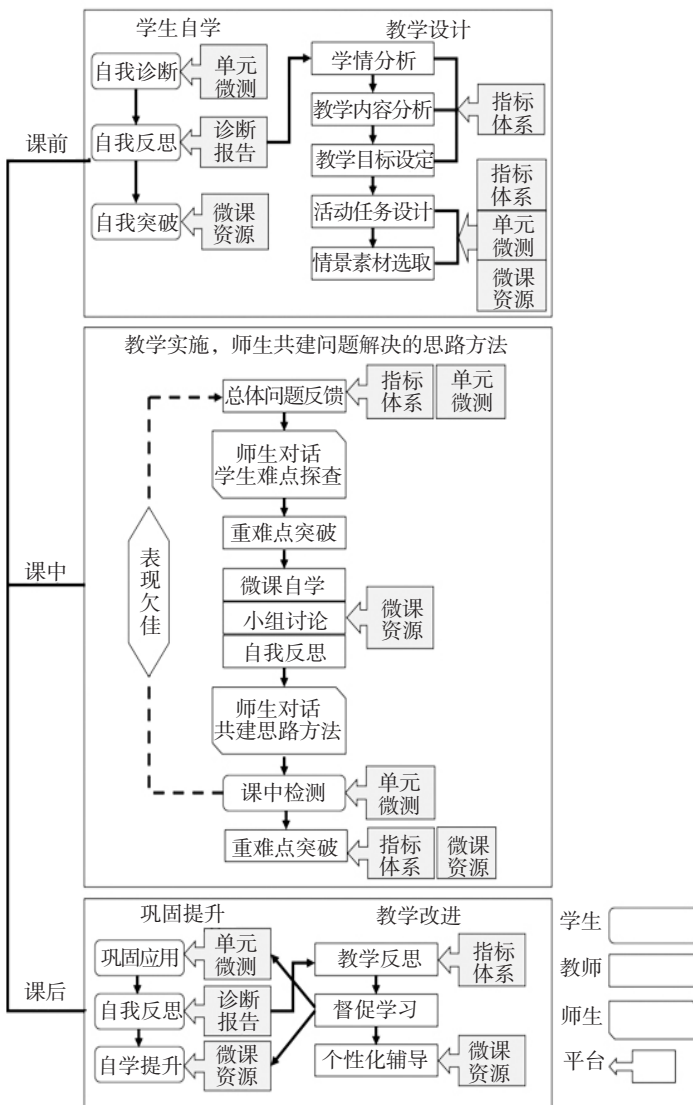


图7 基于“智慧学伴”促进学生学科能力发展的课堂教学模式

课前：教师向学生发布学科能力导向的单元微测，学生在平台上完成学科能力表现自我诊断，推送给学生学科能力表现的诊断报告，学生可以根据个体诊断报告开展自主学习；教师基于班级诊断报告精准分析学情，结合学科能力表现指标体系明确教学目标，进而精准设计“证据为本—问题导向—能力发展”的教学，利用指标体系、单元微测和微课资源合理设计丰富多样情境和有梯度的学科能力活动任务。

课中：教师基于学生学科能力表现诊断结果，利用具体活动任务与学生深度对话，帮助学生建立认识角度和思路；利用微课资源促进学生反思和小组讨论，深化认识角度和思路，促进学生学科能力的发展。同时，教师可利用单元微测及时诊断和反馈学生的学科能力发展情况，保证课堂活动的生成性。

课后：教师向学生发布学科能力导向的单元微测，学生在平台上完成学科能力表现自我诊断，学科能力表现短板可利用微课资源进一步自主学习。同时，教师可根据学生个体的学科能力诊断报告个性化督促学生学习，根据班级的学科能力诊断报告反思教学。

四、基于“智慧学伴”促进学科能力发展的课堂教学案例及效果

基于图7所示的课堂教学模式，开展了基于“智慧学伴”的翻转课堂式和嵌入式的新授课和复习课系列教学实践。基于“智慧学伴”的翻转课堂式和嵌入式课堂教学模式的主要区别在于学生课前是否需要自主学习；嵌入式课堂教学应用模式，学生只需完成教学前测诊断，不需要自主学习教师发布的学习任务和微课资源。由于“智慧学伴”内提供了丰富的学科能力导向的指标体系、测评工具和微课资源，更有利于实现“证据为本—问题导向—能力发展”的翻转课堂式教学应用模式，实现评学教一体化。以北京市通州区某示范校A班开展基于“智慧学伴”的翻转课堂式的初三化学“质量守恒定律”新授课(1课时)教学实践为例，为促进学生学科能力发展的课堂教学提供借鉴，并探讨该课堂教学模式的应用效果。

(一)应用案例

在初中阶段，对于“化学变化”来说，主要帮助学生建立宏观质量和微粒数目两个方面的定量认识^[23]。“质量守恒定律”是“物质的化学变化”主题的核心内容之一，需帮助学生建立宏观上的质量关系：参加反应的各物质的质量总和等于反应后生成的各物质的质量总和，化学反应中各物质之间存在着固定的质量比例关系；建立微观上的粒子数目关系：元素守恒即反应前后各原子的种类、数目均不变；化学反应中各种物质微粒数目存在着固定的

比例关系；并能够利用质量守恒定律解决问题。

结合基于“智慧学伴”促进学生学科能力发展的课堂教学模式，开展“质量守恒定律”新授课的具体实施流程如下：

课前自学：教师发布学习任务 and 微课资源，学生自学，主要发展基础性知识的辨识记忆能力；利用微测试题探查学生学科能力发展的已知点、困难点和突破点。学生自主学习“智慧学伴”上“质量守恒定律”的学习理解能力相关的微课资源，进行学科能力表现诊断，结果显示：学生“A1-1知道化学反应前后物质的总质量不变”能力指标的得分率为83.9%，“A2-1能基于实验数据分析概括化学反应前后物质总质量关系并能对某一具体的化学反应进行描述”能力指标的得分率为21.0%，“A3-1能用微粒的观点对质量守恒定律做出解释”能力指标的得分率为16.9%。这些得分率表明，学生经过课前微课资源自学，已基本知道化学反应前后物质的总质量是相等的，但是并不清楚质量守恒定律中到底是什么质量相等和为什么相等。因此，本节课的学科能力发展目标是帮助学生建立概括关联和说明论证的深度理解能力，并在此基础上发展学生将知识转化为分析、预测、推论、设计的应用实践能力。具体化为：A2-1能基于实验数据分析概括化学反应前后物质总质量关系并能对某一具体的化学反应进行描述；A3-1能用微粒的观点对质量守恒定律做出解释；A3-4能结合实验事实论证质量守恒定律；B1-1能根据质量守恒定律解释实际现象；B2-3能直接应用质量守恒定律计算某反应物或生成物质量；B3-2能设计简单实验验证质量守恒定律。

课中突破：设计概括关联、说明论证等学科能力活动任务，基于学科能力诊断报告进行师生对话，促进学生深度理解能力的提升；同时设计简单的应用实践活动促使学生将知识转化为应用能力。通过学生描述质量守恒定律和教师展示“智慧学伴”上的班级诊断报告，师生共同分析学生对质量守恒定律认识的薄弱点，明确本节课的学习目标。以“为什么化学反应前后质量守恒？”问题驱动，设置具体教学活动1“从微观角度论证质量守恒定律”和活动2“分组设计实验验证质量守恒定律，并分析数据说明该实验如何验证质量守恒”，反思对于有气体参加或有气体生成的化学反应，质量守恒定律是否适用，观看“智慧学伴”上的“设计简单实验验证质量守恒定律”的微课视频，促进学生概括关联、说明论证等深度理解能力和简单设计能力的发展。以“你能利用质量守恒定律解决问题吗？”驱动，设置具体活动3“利用质量守恒定律解释实际现象”和活动4“利用质量守恒定律预测生成

物的质量”，促进学生分析解释和推论预测等应用实践能力的发展。师生共同总结后，教师布置反思活动“10g氢气和10g氧气反应，请你预测生成水的质量是多少”，启发学生思考应用化学变化中的固定比例关系解决复杂问题，并为化学方程式学习做铺垫。

课后反思：学生完成相应的单元微测，反思学习微课资源，进一步发展高阶学科能力。教师布置任务，完成质量守恒定律的单元微测，关注测评结果；与前测诊断报告对比，自我反思；若有不足之处，借助微课资源自学巩固，并进一步学习发展复杂推理等高阶学科能力的微课资源，全面促进学生学科能力的发展。

(二)数据分析与讨论

研究者在该校选取A班及与A班同年级、未使用“智慧学伴”开展教学的B班，并分别在教学前和教学后对A班和B班的学生进行诊断。通过A班学生教学前后测试的表现(如图8所示)说明：A班学生的学科能力表现明显提升，特别是概括关联、说明论证、推论预测、简单设计和复杂推理能力。A班与B班的前测结果显示学生学科能力表现无明显差异，通过A班与B班的学科能力发展情况(如图9所示)，说明：A班学生学科能力发展更优，特别是概括关联、说明论证和复杂推理能力。

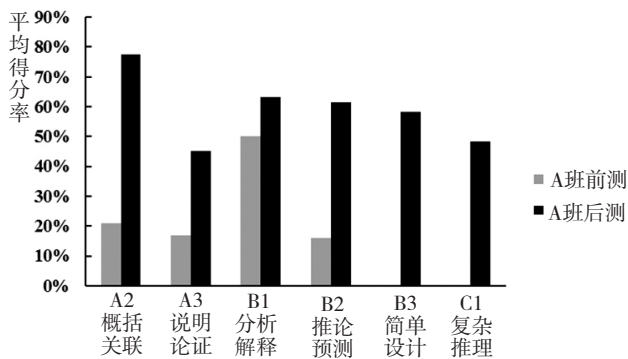


图8 A班学生教学前后的学科能力要素得分率

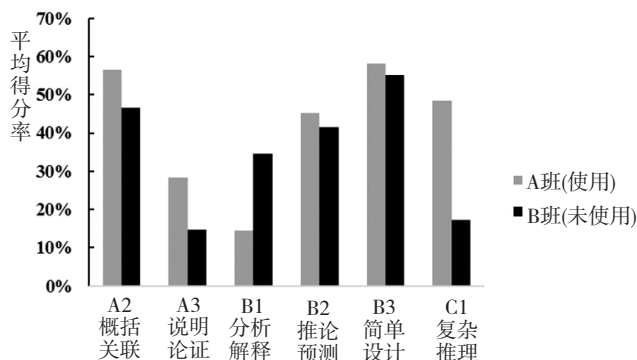


图9 A班(使用)与B班(未使用)学科能力要素后测-前测得分率增值情况
由此可见，基于“智慧学伴”开展课堂教学

有利于促进学生学科能力发展。课前，通过“智慧学伴”支持的微课自学、自我诊断，学生能够知道质量守恒定律的具体内容；教师能够根据“智慧学伴”反馈的诊断报告及学生典型表现，能够精准分析学情和确定本节课的教学目标而且能够基于学生表现证据、单元微测试题、微课资源等精准设计教学活动和选取情景素材。课中，通过“智慧学伴”提供的诊断报告和学生在“画出氢气在氧气中燃烧的微观示意图”微测试题中的典型表现，辅助师生对话，探查学生的困难点，共同明确本节课的学习目标，发展学生概括关联、说明论证等深度理解能力；通过观看“智慧学伴”内的微课资源“设计简单实验验证质量守恒定律”促使学生反思，形成问题解决的思路。课后，通过自我诊断、微课自学及时巩固课上学习不足之处，并通过指向提升复杂推理等高阶能力发展的微课资源进一步学习，发展学生的高阶思维能力。基于“智慧学伴”开展课堂教学转变学生的学习方式；实现学科能力导向的教学目标与评价目标、学习任务和评价任务的一体化设计，促进学生学科能力发展。

五、总结

“智慧学伴”中学科能力发展评学教系统建设了丰富系统的学科知识图谱、学科能力表现指标体系、测评工具和微课资源，支持学生学科能力发展的个性化、精准化、高效化的学习；基于核心概念采集学生全学习过程的学科能力和素养发展的关键数据，精准诊断和分析学生学科能力和素养表现；以测辅学，精准推送学习资源，教师可以基于平台对学生提供个性化指导，也可根据群体学科能力表现诊断精准设计和实施教学；促进教师学科能力导向的教学理念、从“教师的教”到“学生的学”再到“学生的实际发展”，实现学生学科能力和素养的发展。

参考文献：

- [1] 教育部.普通高中课程方案(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2017.
- [2] 教育部.普通高中化学课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2017.
- [3][19][20] 王磊等.基于学生核心素养的化学学科能力研究[M].北京:北京师范大学出版社,2017.
- [4] International Association for the Evaluation of Educational Achievement.TIMSS 2015 Assessment Frameworks[EB/OL]. http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/downloads/T15_Frameworks_Full_Book.pdf, 2015-10-20.
- [5] Organization for Economic Co-operation and Development. PISA 2015 Draft Science Framework[EB/OL]. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20>

- Framework%20.pdf, 2015-10-20.
- [6] National Assessment Governing Board. Science Framework for the 2015 National Assessment of Educational Progress[EB/OL]. <https://nagb.gov/content/nagb/assets/documents/publications/frameworks/science/2015-science-framework.pdf>, 2018-1-20.
- [7] 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): 88-92.
- [8] 樊敏生, 武法提等. 基于电子书包的混合学习模式研究[J]. 中国电化教育, 2017, (10): 109-117.
- [9] 翟小铭, 项华等. 基于S-WebQuest的主题探究模式教学实践研究——例谈信息技术与物理学科教学深度融合[J]. 中国电化教育, 2015, (5): 130-134.
- [10] 李卫东, 王屏萍等. “互联网+”背景下“双课堂”理论与实践研究——以高中语文专题教学中的实践应用为例[J]. 中国电化教育, 2017, (12): 103-108.
- [11] 庞敬文, 王梦雪等. 电子书包环境下小学英语智慧课堂构建及案例研究[J]. 中国电化教育, 2015, (9): 63-70.
- [12] Chang H Y, Hsu Y S, Hung J Y. Adapting and Customizing Web-based Inquiry Science Environments to Promote Taiwanese Students' Learning of Science[A]. Science Education Research and Practice in Asia[C]. Singapore: Springer, 2016.
- [13] Liou W K, Bhagat K K, Chang C Y. Beyond the Flipped Classroom: A Highly Interactive Cloud-Classroom (HIC) Embedded into Basic Materials Science Courses[J]. Journal of Science Education & Technology, 2016, 25(3): 460-473.
- [14] 余胜泉, 李晓庆. 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, 2017, 38(7): 5-12.
- [15] 武法提, 牟智佳. 电子书包中基于大数据的学生个性化分析模型构建与实现路径[J]. 中国电化教育, 2014, (3): 63-69.
- [16] 杨现民, 田雪松等. 中国基础教育大数据2016-2017: 走向数据驱动精准教学[M]. 北京: 科学教育出版社, 2018.
- [17][18] 王磊. 学科能力构成及其表现研究——基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型[J]. 教育研究, 2016, 37(9): 83-92.
- [21] (美)诺尔曼·E. 格朗伦德. 学业成就测评(第七版)[M]. 南京: 江苏教育出版社, 2008.
- [22] 彭红超, 祝智庭. 以测辅学: 智慧教育领域中精准教学的核心机制[J]. 电化教育研究, 2017, 38(3): 94-103.
- [23] 罗滨. 初中化学教学关键问题指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.

作者简介:

王磊: 教授, 博士生导师, 研究方向为化学课程与教学论、信息化教学(wangleibnu@126.com)。

周冬冬: 在读博士, 研究方向为化学课程与教学论、信息化教学(ch.lc.zhoudongdong@163.com)。

支瑶: 中学高级教师, 博士, 研究方向为化学课程与教学论(zhi.yao@263.net)。

黄燕宁: 副教授, 硕士生导师, 研究方向为化学课程与教学论(yanningh@126.com)。

胡久华: 教授, 博士生导师, 研究方向为化学课程与教学论(hujiuhua69@126.com)。

陈颖: 中学高级教师, 博士, 研究方向为化学课程与教学论(chenyng2004864@126.com)。

The Construction and Application Model of an Integration System for the Improvement of Disciplinary Competence in Smart Learning Partner

Wang Lei^{1,2}, Zhou Dongdong^{1,2}, Zhi Yao³, Huang Yanning⁴, Hu Jiuhua², Chen Ying³

(1. Beijing Advanced Innovation Center for Future Education, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2. College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3. Beijing Haidian Teachers Training College, Beijing 100195; 4. Capital Institute of Basic Education Development and Research, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract: Basic education has focused on the research topic integrating advanced information technology into discipline teaching efficiently to improve students' disciplinary competence. This paper discussed the theoretical framework of integration system which could improve students' disciplinary competence in Smart Learning Partner. Smart Learning Partner could support teaching and learning to improve disciplinary competence by identifying the goals of disciplinary competence precisely, diagnosing and analyzing the performance of disciplinary competence online, and recommending related micro-lesson personally. Through teaching practice, this paper put forward the application model of object-orientated learning and classroom teaching. The study on the teaching practice of “law of mass conservation” had shown that the application model of classroom teaching can effectively improve students' disciplinary competence and achieve the integration of assessment, learning and teaching.

Keywords: Disciplinary Competence; Smart Learning Partner; Object-orientated Learning Model; Classroom Teaching Model; Integration System of Assessment; Learning and Teaching

收稿日期: 2018年10月20日

责任编辑: 邢西深 赵云建