

# 中学生物学科“智慧学伴”平台的构建及其应用\*

王健<sup>1</sup>, 王聪<sup>2</sup>, 陈博杰<sup>3</sup>, 乔文军<sup>4</sup>, 刘颖<sup>5</sup>

(1.北京师范大学 生命科学学院, 北京 100875; 2.北京师范大学 化学学院, 北京 100875; 3.北京市通州区运河中学, 北京 101100; 4.北京教育科学研究院, 北京 100036; 5.北京市通州区教师研修中心, 北京 101100)

**摘要:** 培养学生的核心素养是中学生物学教育的重要目标。信息技术与传统教学的整合是达成这一目标的有效途径之一。基于“生物学科核心素养—生物学科能力—生物学科知识图谱”三维模型所开发的“智慧学伴”平台, 以学习表现指标为单位, 开发了相应的微测试和微资源, 提出了整合“智慧学伴”的教学模式, 在课前、课上和课下可以灵活地运用平台上的资源。一方面, 教师可以诊断学生不同学科能力或核心素养维度的发展, 基于诊断结果为学生进行精准的学习资源推荐。另一方面, 教师可以通过多种方式将“智慧学伴”与传统教学整合, 从而促进学生生物学科核心素养的发展。该教学模式的实践教学, 取得了一定的成效, 学生的学业成就有了一定程度的提高。

**关键词:** 智慧学伴; 精准教学; 生物学科能力; 学科核心素养; 知识图谱

**中图分类号:** G434      **文献标识码:** A

在教育教学中, 学生在课堂中的各种真实学习行为表现通常具有隐性特点, 往往难以直接观察和记录<sup>[1]</sup>。精准教学是一种高效、面向知识的教学方法<sup>[2]</sup>, 将信息技术引入教育教学, 从教学准确度方面实现精准教学, 避免由于累积效应导致准确度的衰减。精准教学从目标定位、活动设计、评价和数据决策等方面循环推进, 确保教学各个环节的精准性<sup>[3]</sup>。由此可以看出, 精准教学可以记录学生的多种学习表现, 为教学和学习的改进提供有力的证据支持, 从而激发教学的活力。现有的精准教学, 大都是通过计算机辅助教学单方面地收集学生的作业表现, 缺乏对学科特有属性和学生学科能力模型的支持, 仅能对学生的作业表现提供分数或等级的反馈, 难以对学生在不同能力维度上的表现提供精细的反馈, 也缺乏相应学习资源的支持, 不利于开展适应学生个性化发展需求的教育<sup>[4]</sup>。

近年来, 信息技术快速发展, 并在教育中得到广泛应用, 如何有效地促进教育形态的转变与教育质量的提升, 需要开展深入的研究<sup>[5]</sup>。在当前大数据和“互联网+”的社会背景下, 将信息技术引入

精准教学, 基于生物学科的特有属性和生物学科核心素养, 设计信息技术支持的精准教学模式, 收集学生学习表现的过程性数据, 对学生的学习进行精细化、科学化的综合评价, 是当前教学改进的重要课题<sup>[6]</sup>。

## 一、“智慧学伴”学科系统的开发理念模型

学科知识图谱、学科能力和生物学科核心素养是学生生物学科学习的重要组成部分, 也是其终身发展的重要基石, 通过整合这三个部分, 形成生物学科的学习表现指标系统(如下页图1所示), 这是“智慧学伴”生物学科系统开发的重要依据, 其最终目标是发展学生的生物学科核心素养。这一理念与当前我国基础教育生物学课程的发展趋势是完全一致的, 能够对国家课程的有效实施提供强有力的支持。

(一)生物学科核心素养是平台开发的重要指导思想

生物学科核心素养是生物学科育人价值的集中体现, 是学生通过生物学科的学习逐渐形成的正确

\* 本文系北京师范大学未来教育高精尖创新中心项目“中学生物学科诊断分析工具开发与应用研究”(项目编号:BJAICFE2016SR-004)阶段性研究成果。

价值观念、必备品格和关键能力。生物学科核心素养包括生命观念、科学思维、科学探究和社会责任四个方面<sup>[7]</sup>。

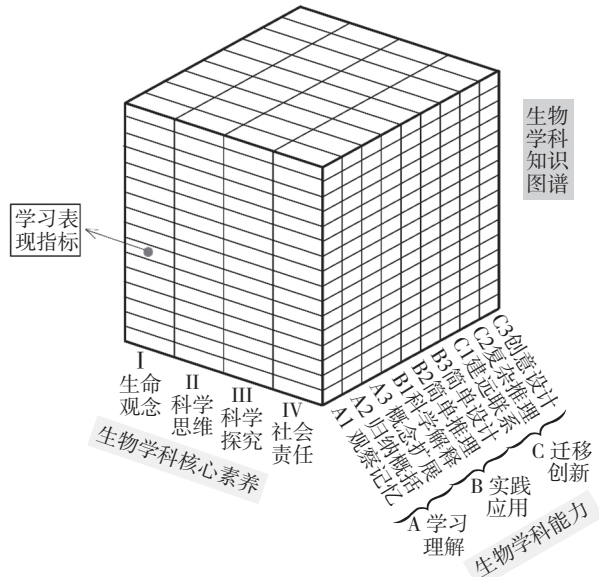


图1 “智慧学伴”生物学科系统的开发理念模型

“智慧学伴”生物学科系统的设计以发展学生的生物学科核心素养为根本宗旨，着眼于学生适应未来社会发展和个人生活需要。“智慧学伴”主要通过收集学生在生物学科学习过程中的各种表现数据，对学生的学进行精准的体检和诊断，从而刻画学生在不同阶段的发展状态。

(二)生物学科能力是平台开发的内在主线

生物学科能力指学生在学习生物学课程过程中所形成的稳定的心理特征，主要包括科学思维方式和解决生物学问题的基本能力<sup>[8]</sup>。其内涵是系统化和结构化的生物学科知识技能及核心学科活动经验图式(稳定的学科经验结构)对活动的定向调节和执行调节机制。

根据学习的信息加工模型和情境学习理论，生物学科能力可以划分为学习理解、实践应用和迁移创新三个水平，每个能力水平又包含三个能力要素。学习理解作为能力基础，它是学生信息输入的过程，对应的情境是学习过程中的原型情境。实践应用是应用水平，是从认知结构中提取有效信息用于初步解决问题的过程，因此，实践应用主要是信息和经验结构的初级输出过程，对应的情境与学习过程中的原型情境相似，学生相对较为熟悉。迁移创新能力则主要是学生对已有知识和能力的高级应用，是信息或经验结构的高级输出过程，通常应用于相对陌生的情境或解决复杂问题过程中<sup>[9]</sup>。

从以上分析可以看出，生物学科能力可以体

现学生的学科能力发展水平和阶段，“智慧学伴”作为对学生学习进行在线体检和精准诊断的平台，需要深入到学生生物学科能力发展的不同水平，因此，生物学科能力体系是开发“智慧学伴”生物学科系统的内在主线。

(三)生物学科知识图谱是平台开发的知识载体 知识是学科属性的重要体现，“智慧学伴”生物学科系统的开发以生物学科的知识作为载体。生物学科知识图谱的构建需要从生命本质的角度出发，对中学生物学课程内容进行梳理。构建知识图谱遵循以下原则：

具有统整性，涵盖生物学科在不同学段的核心知识。

能够体现生命的本质。

体现生物的运作机制，如生命的结构基础、内驱力和信息调节。

根据以上原则，将生命的结构层次、生命系统的物质与能量变化、生命系统的信息传递与变化作为3个一级维度构建生物学科的知识图谱。每个一级维度又包含两个二级维度，分别从个体和群体的水平阐释生命的本质。每个二级维度又包含相应的核心概念。在生物学科知识图谱中主要包括3个一级维度，6个二级维度，16个核心概念，如图2所示。

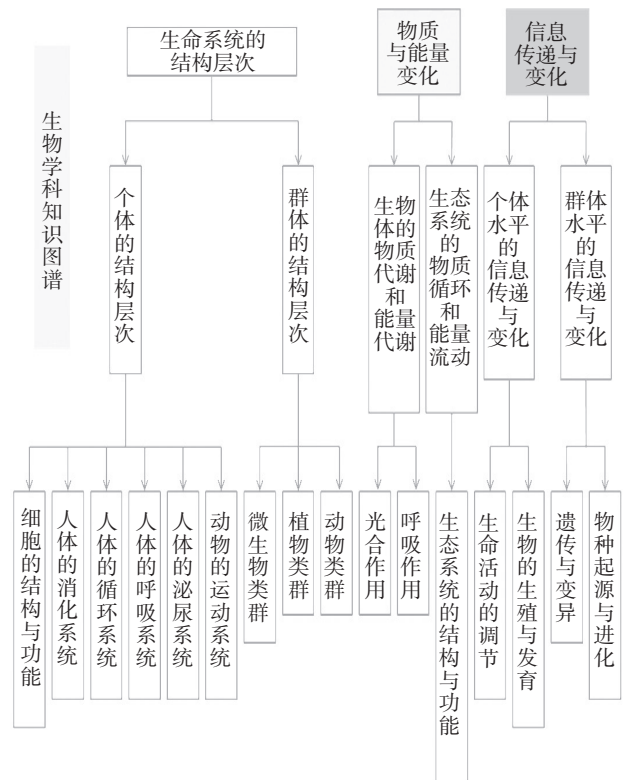


图2 生物学科知识图谱

(四)学习表现指标是平台开发的基元

学习表现指标是对学生知道什么和能做什么的陈述,既是设计测评工具的依据,也是制定教学目标和学习目标的重要参照。以学生发展的视角作为基本立场,考量学生在经历生物学科的学习后应当具备哪些核心知识,完成哪些能力活动,从而构建基于核心素养的学习表现指标。

在“智慧学伴”生物学科系统的开发模型中,学生在学科知识、学科能力、学科核心素养三个维度上的表现构成了立体模型中的具体单元。

以核心概念“细胞的结构与功能”为例,可以从不同的侧面表征学生的学习表现,部分学习表现指标如表1所示。

表1 “细胞的结构与功能”的学习表现指标示例

一级能力	能力要素	学习表现指标	核心素养
学习理解	观察记忆	识别细胞的结构,并说出细胞各部分结构的功能	生命观念
	归纳概括	结合不同类型细胞实例,归纳出细胞结构和功能方面的共性与差异,形成结构与功能相适应的观点	科学思维
	概念扩展	阐明细胞的生活依赖于各结构的分工合作,具有完整性	生命观念
实践应用	科学解释	运用细胞结构与功能相适应的观点,解释生物体不同类型的细胞形态和结构特点	生命观念
		运用细胞完整性的概念,解释受损细胞功能异常的现象	生命观念
	简单推理	运用细胞结构与功能相适应的观点,根据同种生物不同类型细胞形态和结构特点推测其功能,或根据同种生物不同类型细胞的功能推测其形态和结构	科学思维
	简单设计	利用给定的材料和器具,设计简单实验,研究单细胞生物能够独立地完成各项生命活动,如草履虫摄食、应激性等	科学探究
迁移创新	复杂推理	综合运用细胞结构与功能相适应的观点,以及细胞结构完整性的概念,解释不同类型生物特化细胞共性的原因	科学思维
	建远联系	运用细胞的结构与功能、细胞代谢的相关知识,综合解释细胞的生存需要一定的条件	生命观念
	创意设计	设计探究单细胞生物结构完整性是维持正常生命活动的前提条件的实验方案,或评判和完善实验方案	科学探究

在图1中,“细胞的结构与功能”核心概念与“生命观念”素养,以及“观察记忆”学科能力三者共同投射的学习表现指标之一是“识别细胞的结构,并说出细胞各部分结构的功能”,这就是表1中的具体学习表现指标。针对初中生物学课程的知识图谱,其学习表现指标共有435项。

二、“智慧学伴”的构成要素及其对精准教学的支持

基于发展学生生物学科核心素养的开发理念,以学生的学习表现指标为平台开发基元,设计针对特定学习表现指标的测试题和微资源(如微课、任

务解析等),同时平台根据学生的自我诊断,自动生成诊断报告,然后基于诊断结果进行精准的资源推送。“智慧学伴”主要由学习表现指标系统、微测诊断系统和学习资源系统构成,它们之间的关系如图3所示。

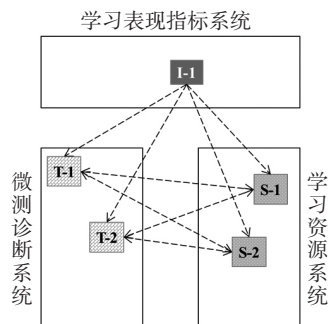


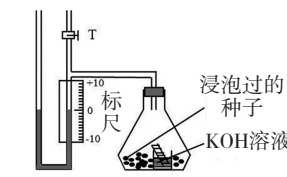
图3 “智慧学伴”生物学科系统的结构模型

(一)利用微测诊断系统对学生的自我诊断进行精准的在线诊断

在“智慧学伴”平台中,针对每个学习表现指标,有多个微测题与之相匹配,这样可以保证学生在不同的自我诊断轮次中回答针对同一指标的不同微测题。在微测题的设计方面,题型既包括客观题(如选择题、填空题),也包括主观题(如简答题等)。在微测题的管理方面,主要通过题目属性表(如表2所示)的方式对每个题目进行属性标定,从而使其与相应的学习表现指标进行匹配。

表2 题目属性表样例

题目描述	参考答案或评分标准	学习表现指标	学科能力	学科核心素养
某同学用下图所示的装置开展实验,研究种子萌发过程中锥形瓶内气体体积的变化。锥形瓶中放置正在萌发的种子,这些种子在萌发前用适当浓度的消毒剂清洗(不影响种子生命力)。实验开始时U形管左侧与右侧液面相平,每隔半小时测量一次右侧管内的液面高度	2分:实验装置中放等量的煮熟的种子 1分:只有对照思想,但不具体,没有提“等量”的具体内涵 0分:其他作答或未作答	B3-2	对于给定的呼吸作用相关实验方案,评价其是否能达到研究目的	简单设计 科学探究



有同学认为本实验测得的数据不能准确反映真实情况,需要补充一组实验。请说明新补充的实验装置设计思路

在具体的教学过程中,教师可以根据教学需求,选择特定的微测题,对学生的学习成果进行多方面的在线诊断,获得学生在核心概念、学科核心素养、一级学科能力、二级学科能力、具体学习表

现指标等方面的表现情况,进而可以在线生成针对学生个人、班级、学校或区域的诊断报告。

诊断结果一方面可以帮助学生进行自我评估,另一方面,还可以帮助教师了解学生存在的问题和不足,诊断出学生的学习优势,从而为教师的教学设计提供强有力的参考。

(二)基于学生学科能力水平提供精准的学习资源推送

课程资源是课程建设和学生学习效果的重要保证,采用知识管理理念统整基于大数据的资源架构是课程资源的发展趋势<sup>[10]</sup>。在“智慧学伴”的微资源建设过程中,就是基于这一发展特点进行设计和开发的。

在微资源的设计方面,依据学习表现指标的具体要求,从问题切入,为学生设疑,然后创设有意义的问题情境进行探索,最后提出问题的解决思路,帮助学生形成科学概念,并构建科学的思维路径和认识方式。

针对每一项学习表现指标,开发多个相应的微资源,一方面可以保证学生能够获取丰富的微资源,另一方面也可以保证平台能够随机为学生进行推送相应的微资源,避免同一资源的重复出现。从图3可以看出,针对学习表现指标I-1,至少有两个微测题T-1和T-2与之对应,也至少有两个微资源S-1和S-2与之匹配。在实际的使用过程中,如果学生所选做的微测题为T-1,若表现未达标,系统将从S-1或S-2中随机选择一个微资源,精准地推送给学生学习。在检验学习效果时,学生可以选择T-2进行自我诊断。

### 三、基于“智慧学伴”促进学生发展的教学模式

#### (一)理论基础

在教学中,教师要发现学生学习的最近发展区,然后以此为基础开展教学。最近发展区是指学生的实际发展水平与潜在发展水平之间的差距<sup>[11]</sup>。前者由学生独立解决问题的能力而定,后者则是在专业人员的指导下或与能力较强的同伴合作时,学生所表现出来的解决问题的能力。通过学生自学就可以获得的知识和经验,可以安排在课前预习阶段完成。通过学生自学无法达成的水平要求,则需要教师或同伴在课堂上给予必要的支持和指导,这是维果茨基所提出的最近发展区理论中核心思想的重要体现。

“智慧学伴”为生物学课堂教学提供丰富的测试和学习资源,因此,教学中需要在尊重学生的学习规律和认知特点的前提下,根据学生的最近发展

区选择恰当的教学资源,充分利用这些资源作为支架开展教学活动,提高课堂教学效率。

#### (二)教学模式构建

根据最近发展区理论,结合“智慧学伴”的特点,从课前、课中和课后三个不同阶段灵活使用“智慧学伴”中的微测和微资源,使其与教学过程进行有机整合,从而构建有效的教学模式(如图4所示)。

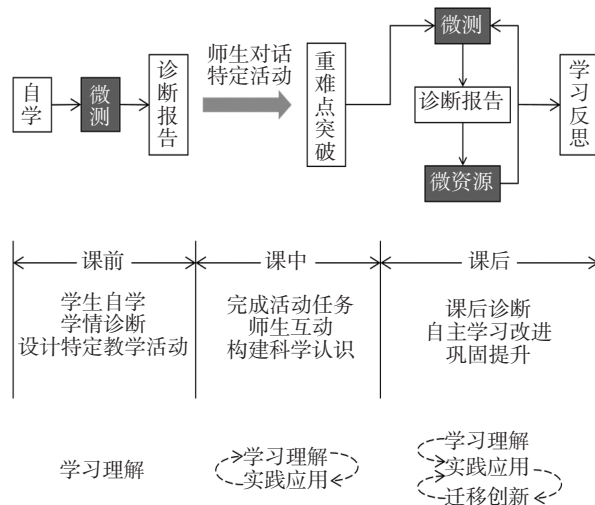


图4 整合“智慧学伴”的教学模式

在课前环节,主要是由教师布置任务,由学生利用教科书进行预习和自学。由于以测辅学是精准教学的核心机制,所以教师可以根据本节课的教学内容,针对学习理解水平的学习表现指标,选择典型的微测题,通过“智慧学伴”平台推送给学生,由学生在线完成微测。然后,教师可以根据平台自动生成的诊断报告,对学生的作答情况进行分析,即进行学情诊断。接下来再根据诊断报告,进一步设计特定的教学活动,以帮助学生转变认识。

在课堂教学环节,主要是针对学生存在的错误概念或认识偏差,实施教学活动。在这一过程中,需要学生独立或以小组为单位完成教师设定的活动任务,通过同伴间的讨论和交流,以及教师适时和必要的引导,在多重互动的支持下,帮助学生完成概念转变或形成科学的思维路径。一方面,对于观察记忆和归纳概括类的学科能力目标,学生大都在课前可以通过自学达成要求,这部分内容就不需要再占用课堂的有限教学时间。另一方面,针对无法通过自学突破的内容或思维方式,活动任务的设计需考虑情境性和复杂性,以确保学生通过参与特定的活动任务,突破本节教学内容的重难点,促进生物学科能力和生物学科核心素养的发展。

在课后环节,针对实践应用能力的学习表现指标,教师选择相应的微测题,布置课后作业诊断学

生的学习效果。“智慧学伴”平台将根据学生的自我诊断结果,针对相应的学习表现指标,精准推送相应的微资源,供学生进一步的学习和改进。如果学生的作答情况未达到要求,系统将继续推送相关的微资源,学生通过学习微资源,再通过微测进行自我诊断,依次循环往复,帮助学生在自我反思的过程中改进学习效果,进而巩固提高。

在学科能力发展方面,在学生课前自学阶段,需要初步达到“学习理解”的水平要求。在课中主要进行重难点的突破,从而实现从学习理解向实践应用能力的过渡。在课后诊断阶段,学生根据智慧学伴平台的反馈报告和自动化学习资源的推送学习,不断实现生物学科能力的螺旋提升。

### (三)教学模式的应用案例

通过运用图4所示教学模式,通州某中学陈老师于2018年4月在初一的一个班开展“呼吸作用”一节的教学实践活动。下面主要从课前、课中和课后三个阶段呈现简要的教学思路。

课前自学阶段:教师根据教学内容分析,为学生布置针对观察记忆、概念扩展和科学解释方面学习表现指标的微测题。学生根据要求,首先自学教科书中关于“呼吸作用”一节的内容,然后完成教师布置的微测题。课前诊断结果显示,学生在观察记忆、概念扩展方面的表现良好,但是在科学解释相关学习指标上的表现不佳。

下面是关于“运用呼吸作用的原理解释日常生活中与细胞呼吸有关的现象”这一指标的微测题以及学生的具体作答结果。

下列关于动植物呼吸作用的叙述,正确的是:

- A. 只有动物才进行呼吸作用 (29%)
- B. 动物睡眠时不进行呼吸作用 (12%)
- C. 植物只在晚上才进行呼吸作用 (41%)
- D. 植物在白天也进行呼吸作用 (18%, 正确选项)

从以上作答情况可以看出,有41%的学生认为植物只有在晚上才进行呼吸作用,这说明学生针对呼吸作用存在错误概念,不能运用呼吸作用针对生活中的现象进行科学解释。因此,课堂教学中将针对这一情况设计相应的学习活动,进行重难点突破。

课上的主要活动任务:根据课前诊断的结果,教师为学生准备了多种植物材料,放入不同的锥形瓶中一段时间。然后分配给不同的小组,让他们首先预测各瓶中蜡烛的燃烧情况以及是否能够使澄清的石灰水变浑浊,然后再进行实验检验,将观察结果记录在表3中。

表3 植物呼吸作用实验记录

瓶中的材料	蜡烛燃烧情况(检验O <sub>2</sub> )		澄清石灰水变浑浊与否(检验CO <sub>2</sub> )	
	预期结果	观察结果	预期结果	观察结果
根	蜡烛熄灭	蜡烛熄灭	变浑浊	变浑浊
茎	蜡烛熄灭	蜡烛熄灭	变浑浊	变浑浊
叶	蜡烛熄灭	蜡烛燃烧	变浑浊	未变浑浊
花	蜡烛熄灭	蜡烛燃烧	变浑浊	未变浑浊
果实	蜡烛熄灭	蜡烛熄灭	变浑浊	变浑浊
种子(干燥)	蜡烛燃烧	蜡烛燃烧	未变浑浊	未变浑浊
种子(萌发)	蜡烛熄灭	蜡烛熄灭	变浑浊	变浑浊
种子(煮熟)	蜡烛燃烧	蜡烛燃烧	未变浑浊	未变浑浊
神秘瓶		蜡烛燃烧		变浑浊

根据对实验预期和观察结果的比对,在教师的引导下,组织学生讨论,最终总结归纳植物的根、茎、叶、花、果实、种子六大器官均可进行呼吸作用,进而帮助学生构建关于呼吸作用的科学认识,转变学生的错误概念,提升其运用呼吸作用原理解释生活中生物学现象的能力。

课后巩固提高:教师选择关于归纳概括、科学解释、简单推理、简单设计方面的微测题,为学生布置课后作业。

下面是关于“运用呼吸作用的原理,解释发酵技术制作食品的相关操作方法和发生的现象”这一指标的微测题以及学生的具体作答结果。

馒头、面包膨大松软,里面有很多小孔,这是因为在制作过程中加入了酵母菌,它的功能是:

- A. 分解面粉中的有机物,产生了二氧化碳 (91%, 正确选项)
- B. 分解面粉中的有机物,产生了酒精 (0%)
- C. 分解面粉中的有机物,产生了氧气 (9%)
- D. 分解面粉中的有机物,产生了乳酸 (0%)

从以上作答情况可以看出,有91%的学生能够将呼吸作用原理与发酵联系在一起,这说明根据诊断结果设计的教学内容,能够针对性解决学生暴露问题并使具有一定解释生活现象的能力。但也有9%的学生认为分解有机物产生氧气,说明学生并不能理解发酵的实质是进行呼吸作用,因此“智慧学伴”系统为这部分学生自动推送相匹配微课资源对应学习表现指标的微资源,例如标题为“馒头中为什么会有大量的空洞呢?”的微资源,供学生进一步学习,加深对相应概念的理解,达到这一学习表现指标的要求。

## 四、结语

经过为期两年半的开发和建设,初中生物学科的“智慧学伴”平台现已包含了微测题218套(1962

题)、微资源798套(7182项),涵盖了初中生物学课程中的所有16个核心概念及其对应的435项学习表现指标。这些资源既可以辅助学生的学习,也可以为教师基于实证数据的教学提供必要的工具和资源支持,进而为其精准教学提供强有力的支撑作用。在运用“智慧学伴”开展教学的过程中,教师针对微测题和微资源的使用方式开展了深入的研究,探索智慧学伴与常规教学的关系,例如在常规教学中嵌入式运用智慧学伴,或者在常规教学中翻转式运用智慧学伴等多种不同的方式。通过挖掘多重数据的内在关联,建构学习表现指标之间的网络结构,以实现精准学习和教学,提高平台的智能性和适应性,提升教学效果,促进学生的生物学科能力和学科核心素养的发展。

#### 参考文献:

- [1] 祝郁.过程性数据改变传统教学评价模式[J].上海教育科研, 2014,(10):19-21.
- [2] 祝智庭,彭红超.信息技术支持的高效知识教学:激发精准教学的活力[J].中国电化教育,2016,(1):17-25.
- [3] 彭红超,祝智庭.以测辅学:智慧教育境域中精准教学的核心机制[J].电化教育研究, 2017,(3):94-103.
- [4] 乔向杰.基于Web和数据挖掘的智能教学系统的研究与开发[D].北京:首都师范大学,2005.
- [5] 权国龙,顾小清.面向智慧教育的教育“信息化”观察[J].中国电化

教育, 2018,(8): 35-44.

- [6] 何怀金,龚春燕等.让数据说话:教育质量评价的重庆经验[J].人民教育,2017,(Z3):100-102.
- [7] 中华人民共和国教育部.普通高中生物学课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018.
- [8] 王健,王聪等.生物学科能力及其表现研究[J].教育学报,2016,(4): 64-72.
- [9] 王健.基于学生核心素养的生物学科能力研究[M].北京:北京师范大学出版社,2018.
- [10] 赵婧.基于大数据的课程资源建设:趋势、价值及路[J].课程·教材·教法,2015,(4):18-23.
- [11] Vygotsky, L.S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes[M]. Massachusetts: Harvard University Press, 1978.

#### 作者简介:

王健: 副教授, 博士, 研究方向为科学教育和生物学教育(wangj@bnu.edu.cn)。

王聪: 在读博士, 研究方向为科学教育(wangcong@mail.bnu.edu.cn)。

陈博杰: 中学二级教师, 研究方向为生物学教育(cbj\_tj@126.com)。

乔文军: 中学高级教师, 研究方向为生物学教育(qiaowenjun@sina.com)。

刘颖: 中学一级教师, 研究方向为生物学教育(932232842@qq.com)。

## The Construction and Application of Online Learning Platform “Smart Learning Partner” in Biology Education

Wang Jian<sup>1</sup>, Wang Cong<sup>2</sup>, Chen Bojie<sup>3</sup>, Qiao Wenjun<sup>4</sup>, Liu Ying<sup>5</sup>

(1. College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2. College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3. Beijing Tongzhou Yunhe Middle School, Beijing 101100; 4. Beijing Academy of Educational Sciences, Beijing 100036; 5. Beijing Tongzhou Teacher's Training Center, Beijing 101100)

**Abstract:** Developing students' biology key competency is an important goal of biology education in middle schools. The integration of information technology and traditional teaching is one of the effective ways to achieve this goal. Based on the three-dimensional model of “biology key competency - biology competency - biology knowledge map”, the biology online learning platform of “Smart Learning Partner” is built for precise instruction. The resources on this platform can be used in different learning stages, such as students self-learning before class, on class learning, and after class assessment. On the one hand, this platform can help teachers and students diagnose students' developmental levels in different cognitive dimensions, and can provide accurate learning resources for students. On the other hand, teachers can integrate the resources on the platform with traditional teaching in various ways to promote the development of students' biology key competency. The results of the pilot study show that the Smart Learning Partner online learning platform can improve students' learning outcomes to some extent.

**Keywords:** Smart Learning Partner; Precise Instruction; Biology Key Competency; Knowledge Map

收稿日期: 2018年10月20日

责任编辑: 邢西深 赵云建