

融入课程思政的 PBL 和 BOPPPS 交叉式教学法探析

——以药物化学的绪论为例

张菊凌¹, 骆芳琳², 吴海刚³

(1. 华南师范大学教师发展中心, 广东 广州 510631)

(2. 华南师范大学马克思主义学院, 广东 广州 510631)

(3. 河南大学生命科学院, 河南 开封 475000)

[摘要] 高等药物化学是药学领域重要的带头学科,也是为社会培养药学领域新人才的重要基础学科。在立德树人使命的召唤下,将思政教育融入高等药物化学课堂已是大势所趋。本文将 PBL 教学模式与 BOPPPS 教学模式巧妙融合,精心设计教学过程,充分挖掘所选课程章节中的思政元素,将其融入课堂,收获了明显优于传统教学模式的教学效果和思政融入效果,在提升专业教学效果的同时实现了德育同行。该教学模式的设计有利于学生全方面与全方位地了解高等药物化学的学科特色,树立科学的价值观。

[关键词] BOPPPS 教学模式, PBL 教学模式, 药物化学, 课程思政

[中图分类号] G64 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2024)01-0086-07

The Exploration of the Teaching Method at the Intersection of PBL and BOPPPS for Medicinal Chemistry Integrated with Ideological and Political Teaching

Zhang Juling¹, Luo Fanglin², Wu Haigang³

(1. Center for Faculty Development, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(2. School of Marxism, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(3. School of Life Sciences, Henan University, Kaifeng 475000, China)

Abstract: Advanced Medicinal Chemistry is an important leading subject in the field of pharmacy and a significant basic subject for cultivating new talents in the field of pharmacy for the society. Under the call of the mission of establishing moral education, it has been a great trend to put the ideological education into Advanced Medicinal Chemistry teaching. In this paper, the modes of the PBL and the BOPPPS teaching are skillfully integrated, and the teaching process is carefully designed, in addition, the ideological and political elements in the selected course chapters are fully explored and integrated into teaching, which makes the effect of the professional teaching and that of the ideological and political integration obviously superior to the traditional teaching model and realizes the moral education peer while improving the professional teaching effect. The design of this teaching mode is helpful for students to comprehensively understand the characteristics of the subject and establish scientific values.

Key words: BOPPPS teaching model, PBL teaching model, medicinal chemistry, ideological and political teaching

2022 年 10 月 16 日,习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会上指出,“我们要办好人民满意的教育,全面贯彻党的教育方针,落实立德树人的根本任务,培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人,加快建设高质量教育体系,发展素质教育,促进教育公平”^[1]。这段表述再次呼应、强调了十

收稿日期:2023-03-03.

基金项目:河南省中原英才计划项目(育才系列)(ZYQR201810168)、河南省科技攻关项目(202102310110)。

通讯作者:张菊凌,助教,研究方向:教师发展及化学教学法等。E-mail:zhangjul@scnu.edu.cn

八大以来党中央和教育部多次指出的人才培养方向,把德育放在重要突出地位。生产力与生产关系的矛盾运动,始终是人类社会存在和发展的源泉和动力。而人才是科技创新发展的重要载体,也是人力资源中最为重要的部分,是实现科技创新的主力军,人才对经济社会的突出贡献和突出作用决定了人才成为了最活跃、最先进的生产力^[2]。高校培养高素质人才不仅要重视人才专业技术能力的提升,同时也要重视人才思想道德建设,引导各专业领域人才为社会发展服务、为社会主义事业服务,充分发挥人才作为第一资源的作用,在努力实现第二个百年奋斗目标新征程中,推动生产力的不断发展与生产关系的持续变革。

药物化学是建立在化学和生物学基础上,对药物结构和活性进行研究,发现与发明新药、合成化学药物、阐明药物化学性质、研究药物分子与机体细胞之间相互作用规律的综合性学科,是药学领域重要的带头学科。药物化学是一门历史悠久的经典科学,具有坚实的发展基础,积累了丰富的内容,为人类的健康做出了重要的贡献。药物化学课程是药物化学、药学和制药工程等相关专业本科生的一门必修课。在提高学生专业能力的同时,将思政元素渗入其中,使该学科课程承担起培养学生严谨负责的科学态度、辩证的思维方式、强烈的家国情怀的责任,显得尤为重要。在以教师为主导的传统教学模式中,学生往往是处于被动地位的知识容器,知识传授与思政融入的最终效果都较为受限。PBL教学模式与BOPPPS教学模式凭借其不同于传统的教学理念实现了教学方式的巧妙创新,若将两种教学模式合理融合,更能激发出一加一大于二的课堂效果,在提升学生专业学习积极性的同时,润物细无声地实现德育的同向同行。

1 PBL 教学模式与 BOPPPS 教学模式结合下的课程教学

1.1 教学模式概念梳理

PBL(problem-based learning)教学模式即基于问题的教学模式,是一种由教师指导的以问题为基础导向的小组教学模式^[3]。在实际操作中,由教师在课前针对教学目标设计出难度适宜的问题,让学生以小组的形式进行自主探究学习,并在课堂上汇报学习成果,由其他小组点评、补充及提出质疑,并由教师纠正和引导^[4-10]。这种教学模式打破了教学中教师全程输出、学生全程接收,最终学习成果因人而异的局面,代之以一种传统教学的逆向思维;以根据教学目标设立的问题为课程导向和驱动力,在教学过程中以学生为中心、以教师为引导,在课程评估中兼顾过程评估与最终成绩,充分发挥学生在学习中的主观能动性,激发学生思维创新,促进学生的自主深度思考。

BOPPPS教学模型^[11-18]最初由ISW-加拿大教师技能培训工作坊针对教师的资格认证而创建,近年来才在我国逐渐推广应用^[11]。BOPPPS教学模式是一种强调学生学习主动性、参与度的导学互动式教学模式。根据BOPPPS教学模式,教学课堂被分为六个部分,即课堂引入(B)、教学目标(O)、课堂前测(P)、参与式学习(P)、课堂后测(P)、课堂总结(S),这六个部分相互联结、依次递进,为教学目标的实现构建了一个完整的教学流程,作为一种颠覆传统理念的教学模式,突出强调了学生的课堂参与度,因此参与式学习便成为BOPPPS教学模式的核心环节。

1.2 PBL 教学模式与 BOPPPS 教学模式融合的必要性

长久以来,药物化学的课程教学主要采取传统的以教师为主导的教学模式,在这种教学模式下,教师根据规定的培养目标、教学计划、教学大纲进行常规备课、单向授课。由于当前的专业课不同程度地存在教学内容与实际需要相脱节、内容综合性强、教师教学手段单一、课堂交互性差等问题,导致学生对专业课的学习兴趣淡漠^[19]。同时,为了兼顾德育,将思政教育融入专业课程之中已是大势所趋。但药物化学具备明显的强专业性、理论性的特点,在传统教学模式下,实际教学过程中实在难以生动,这使得如何有效融入课程思政成为教学的痛点。在传统单向教学模式框架内采取手段改善教学,虽能在一定程度上使学生上课的积极性有所提高,但仍无法撼动教师在课堂中的主导地位,学生差异性所导致的学习效果差异也无法得到解决,始终是治标不治本。因此,在药物化学课程中实施教学改革,打破传统教学现状,是培养专业素养与思想素养俱佳的新时代人才的必要途径。

在理想状态下,PBL与BOPPPS教学模式在教学效果方面都明显优于传统教学模式,但其理想教学效果的实现往往受多方面的限制。PBL教学模式以问题为主线展开教学,打破了专业课教材的原有知识体系和思路框架,着力于调动学生通过积极思考攻克问题,从而达到教学目标,这对于基础知识掌握欠缺、自觉学习能力较差的学生来说很难适应,同时也容易将注意力全部放在问题的探索上,从而忽略细枝末节的

知识点. BOPPPS 教学模式具有很强的兼容性,可应用于不同学科,同时也可与其他教学模式混合使用,以此来提高学生的成绩,增强学生解决问题的能力,激发学生的学习兴趣^[12]. BOPPPS 将教学过程规划为由六个阶段组成的完整闭环,强调学习的过程性,始终将学生置于中心地位,立足于课前学生知识掌握程度开展后续教学,但在核心环节即参与式学习中,学生的参与度能否实现高度依赖于参与式学习实行方式的选择. 因此在实际教学过程中,若仅采用一种教学模式,无论是 PBL 还是 BOPPPS 都不可避免地存在短板. PBL 教学模式与 BOPPPS 教学模式在教学实施上虽各有侧重,但二者的教学理念存在本质上的相通——都注重从根本上调动学生学习的主观能动性,同时,由于这两种教学模式融合的效果与药物化学课程传递具有较高专业性知识的需求相吻合,因此 PBL 与 BOPPPS 相融合的教学模式在药物化学的教学中的应用是可行且值得施行的. 若将二者合理调整融合,相得益彰,在药物化学课堂上实现问题导向与学生参与齐头并进,便能够将被动的专业学习转换为积极的探索,将刻板的思政教育转换为深刻的思考,与此同时,也将收获更显著的专业教学成果,并取得更好的思政融入效果.

1.3 PBL 与 BOPPPS 结合的教学模式下融入思政的教学设计

习近平总书记指出,“当代青年要树立与这个时代主题同心同向的理想信念,勇于担当这个时代赋予的历史责任”^[20]. 在“立德树人”教育理念的指导下,PBL 与 BOPPPS 融合下的药物化学课程教学设计,不仅要通过新教学模式的运用达到较为理想的专业教学效果,也要充分挖掘课程中的思政元素,将其合理贯穿于新的教学设计之中,使之成为思政教育借以融入的载体.

1.3.1 教学内容

选取高等药物化学的绪论章节.

1.3.2 挖掘思政元素

一般认为,课程思政的关键和核心是根据学科的不同和课程的差异,准确找到专业技能知识与思政教育的融合点,以无缝对接和有机融合的方式生成内在契合关系,以对大学生进行潜移默化的思想政治教育^[21]. 为在本次药物化学教学设计中充分融入思政元素,在保证专业课教学能够完整、顺利进行的前提下,对教学内容中的思政元素做了充分提取,具体如表 1 所示.

表 1 从绪论中提炼出的思政元素
Table 1 Elements of ideological and political distilled from the introductory essay

章节	相关思政元素	
引入环节	药物化学课是一门主要运用化学的原理、技术和方法,发现确证和开发药物,从分子水平上研究药物在体内的作用方式和作用机理的一门学科;药物化学不仅仅只是大学的一门必修课程,其关乎人类的生命与健康,每一位未来从事相关行业的同学,肩膀上都背负着光荣的使命与庄严的责任;此处适合引用药物化学届的名人伟人如谢毓元同志的事迹,使学生认识到药物化学的意义,引发学生对这门课程的重视与兴趣	
第一节 药物化学的定义和范围	药物、化学以及药物化学的定义	对基础定义的把握不能模棱两可,一定要有严谨科学的态度,这是深入学习药物化学的前提和基础
	药物化学具有两类范畴	不要将眼光仅仅局限于某个具体方面,要用全面的、联系的、发展的眼光看待事物
	漫长的新药研发历程	事物的发展不会一帆风顺,也并非一蹴而就,而是要经过从低级向高级、由简单到复杂的演化,经过螺旋式上升和波浪式前进,经历否定之否定的辩证过程;人类对客观事物的认识也随着从实践到认识、再从认识到实践不断深入的过程逐步深入;要正视事物发展的曲折性,重视实践的重要性,勤于动手、思考
第二节 药物发展的简要回顾	20 世纪 60 年代“反应停”事件“海豹肢”	凡事都有两面性,要辩证看待;人类发明的化学药物,既能给人类带来巨大的裨益,也能对人类造成意想不到的伤害;要树立高度的社会责任感和使命感,深刻认识到化学药物的两面性,科学合理地研发药物,不可滥用或盲目依赖,更不能受利益驱使背弃原则
	基因组学 蛋白组学	实践推动了认识的发生,并不断推动认识成为现实;掌握了正确的理论之后,还必须发挥创新精神和实践精神,不断将已学知识应用于现实,才能推动药物化学永恒不竭的突破与发展
第三节 药物化学与其他学科的关系	药物化学与化学、生物学、药理学、毒理学和药代动力学以及生物学和微生物学都有着密切的关联	世界处于普遍的联系之中,要用普遍联系的、全面的眼光看待事物,防止用孤立的、片面的眼光看待事物;药物化学课程各个章节之间、药物化学与其他多种学科之间,都存在着密切的关联,学习药物化学要拓宽视野,不可仅仅将眼光局限在药物化学之中,在学习药物化学的过程中也不可孤立地看待每个章节

1.3.3 课程模式构建

为了充分发挥 PBL 教学模式与 BOPPPS 教学模式结合的专业课程效果与思政效果,两种教学模式的融合应当能够发挥出二者的原本优势. 如图 1 所示,本研究将教学过程分为课前、课中、课后三大阶段,将

BOPPPS 模式的各个环节适当调整融入各个教学阶段,并将 PBL 的问题导向贯穿全程. 课前阶段,通过微信平台提前发布学习任务及相关学习视频,让学生展开自主预习,并通过问卷让学生完成课前测试,教师则根据教学目标和学生前测结果设计出具有专业导向及思政导向的问题. 课前阶段环节将 BOPPPS 教学模式中的教学目标与前测两部分很好地融合,并根据教学目标与接收到的前测反馈设计出课程问题,以备后续 PBL 教学的开展. 正式课堂中,教师主要采取 PBL 模式进行师生互动式教学,在简单引入课堂后,将提前准备好的问题交给学生,学生分小组讨论,得出统一答案并进行小组间的交流甚至争论,这一阶段完成了 BOPPPS 教学模式中的课堂导入,并采用 PBL 教学来开展参与式学习,能够保证 BOPPPS 教学模式实施过程中有较高的学生参与度. 同时,该阶段也是整个教学过程的关键所在,归纳与演绎、分析与综合、抽象与具体等都是重要的辩证思维方法,学生自主解决问题的过程就是对专业知识进行分析、综合、归纳、演绎的过程,这将有利于学生辩证思维的培养与知识的深入学习,教师在整个过程中起到了辅助和引导的作用,并将思政元素适时融入其中. 正式课程结束后,教师留出一定时间通过课堂随机问答形式了解学生对知识的掌握情况,即课堂后测,并对课堂做出总结.

由于两种教学模式的结合,课堂在突出学生主体地位的同时,又具有明显的阶段性,使教师既能给予学生充分的课堂自主权,又能把握整体的课堂节奏.

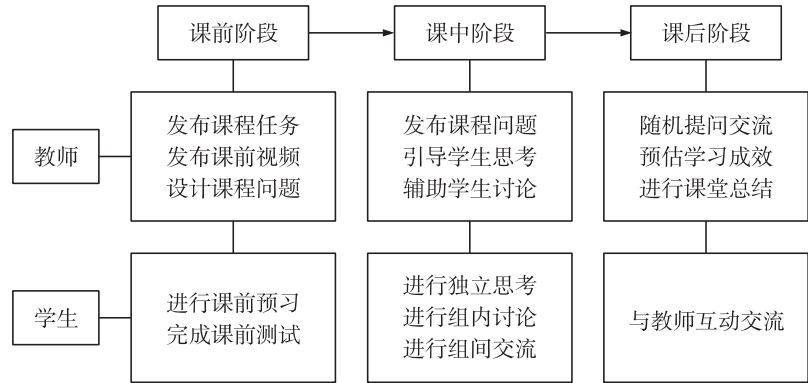


图 1 课程模式构建

Fig. 1 Construction of the curriculum model

2 PBL 与 BOPPPS 结合下融入思政的药物化学课程实施

2.1 课前阶段

上课前学生需要做好预习、查阅相关资料并思考相关问题. 教师通过 UMU 或砺儒云课堂学习平台上传课程任务目标(O)、引入环节(B)、视频及课程前测(P)思考问题. 为了能有效完成课前任务,将班级学生分为 3 小组,每小组成员 8-10 人,以小组为单位查阅药物化学与其他学科关联性、药物学的发展历程、药物化学分类、药物化学定义及用途及其相关案例分析的相关文献和资料,以 PPT、Word 或截图的方式上传至 UMU 或砺儒云学习平台线上课程讨论区. 要求学生观看表 2 所列视频,并思考相关问题.

表 2 相关视频及思考问题

Table 2 Related videos and questions to ponder

视频内容及序号	主要渠道	相关知识点	思考问题
1.药物化学的定义和范围	秒懂百科及中国大学MOOC(网络资源及 APP)	培养学生要用全面的、联系的、发展的眼光看待事物	药物化学与四大化学的区别与联系
2.药物发展的简要回顾与发展历程	自创	凡事都有两面性,要辩证看待,事物的发展不会一帆风顺,也并非一蹴而就	药物发展是否还有可提升的空间和发展宽度
3.药物化学与其他学科的关系	秒懂百科及中国大学MOOC(网络资源及 APP)	世界处于普遍的联系之中,要用普遍联系的、全面的眼光看待事物,防止用孤立的、片面的眼光看待事物	药物化学与物理学科、生物学科、计算机学科有哪些衔接点;在现实生活中如何体现

2.2 正式课堂阶段

正式课堂部分可以采用 PBL 与 BOPPPS 两种教学模式,即参与式学习(P)和课堂 BOPPPS. 一部分知

识点采用参与式学习(P)的模式,大多数以 PBL(问题式)的形式展现,例如药物化学的认识、发展历程;一部分知识点采用课堂 BOPPPS 的模式,例如药物化学的定义、特点、分类、与其他学科的关联性. 首先,分好组的学生在教师的指引下,进行课堂的 BOPPPS 模式,先从课程目标开始,引入对药物化学课程的认识、定义、分类及其与其他学科关联的重要性. 在掌握认知的基础上,采用 PBL 模式,以小组相互合作的形式对药物化学融合思政元素进行探究与分析. 药物化学绪论部分分为两学时(80 min),其中 20 min 为思政元素融入的分析与讲解(表 3 所示为思政元素融合药物化学的具体步骤),60 min 为课程专业知识的探讨.

表 3 思政元素融合药物化学的具体步骤
Table 3 Specific steps for integrating ideological and political elements into medicinal chemistry

项目内容	时间/min	相关内容	评价	备注
课前有关思政元素的目标任务反馈	8	1.点评与分析上传的相关资料与文献信息 2.药物化学的定义、分类及特点与思政元素的融合 3.药物化学与其他学科之间的关联性	UMU 平台进行任务点统分,并根据上传在砺儒云平台讨论区的文件材料进行评分	导入思政主题
详细分析与解释药物发展历程	10	凡事都有两面性,要辩证看待,事物的发展不会一帆风顺,也并非一蹴而就	通过课后作业来检测融入思政的结果	思政元素融入专业理论知识主题
布置课后作业并要求及时完成并上传	2	如何分析药物化学理论的发展与其他学科之间的应用	学生之间相互评价	思政主题的深度理解

2.3 课后阶段

课堂内容分析与讲解之后,每个小组都会提交课程任务与课堂提出的问题,并派一位代表发言,详细讲述该小组解决问题的思路、具体的逻辑分析及整体的学习感悟. 课后作业要求学生制作思政元素融入药物发展历程的思维导图,将课堂上的知识点加深理解及巩固,真正做到现学现用.

3 PBL 与 BOPPPS 融合教学模式下的药物化学教学效果

为检验本次课程的效果,本研究采取调查问卷形式获取学生反馈. 在高等药物化学课程中运用 PBL 与 BOPPPS 相结合的教学模式,目的在于更大程度地激发学生学习的主动性,收获更好的专业教学效果,促进学生多方面能力的提升,同时优化德育的实现路径,为思政元素的融入提供更好的载体. 图 2 所

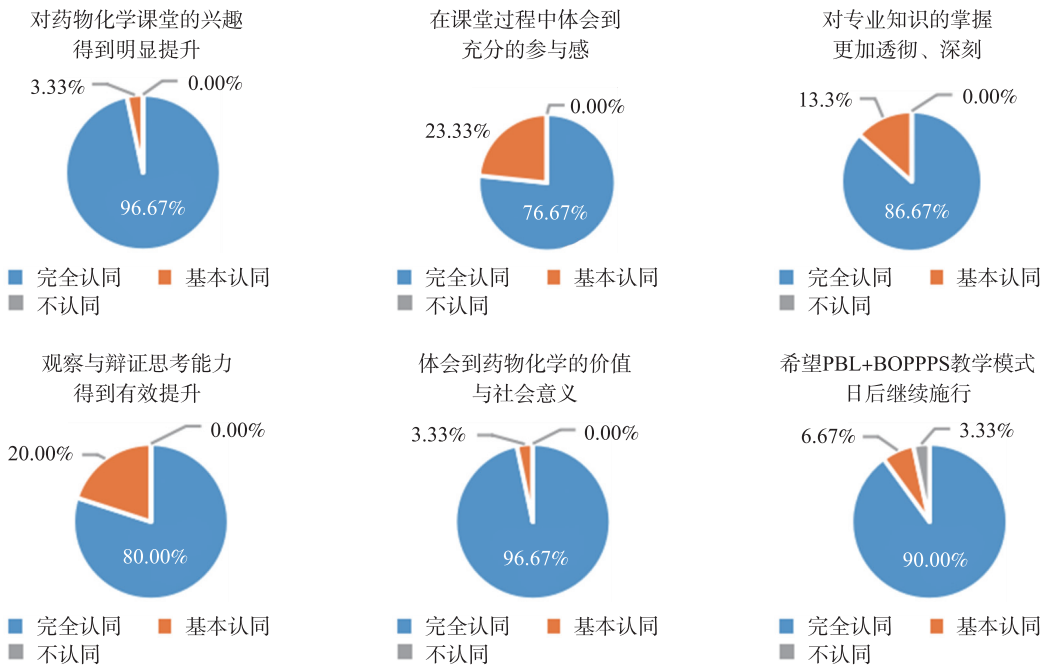


图 2 基于 PBL+BOPPPS 教学模式的教学认同度反馈

Fig. 2 Feedback on recognition of teaching effectiveness based on the PBL+BOPPPS teaching model

示为学生对PBL+BOPPPS教学模式下的教学满意度问卷调查数据。

问卷结果表明,在PBL+BOPPPS教学模式下,学生认为自己对药物化学课堂的兴趣得到明显提升的占100%(其中完全认同的为80%,基本认同的为20%),认为自己在课堂学习过程中体会到充分的参与感的占100%(其中完全认同的为76.67%,基本认同的为23.33%),说明本堂课对PBL+BOPPPS教学模式的运用提升了整体学生的课堂兴趣,同时保证了大部分学生充分的课堂参与度,虽然有小部分学生未能完全参与课堂,但基本上都可融入其中;认为自己对专业知识的掌握更加透彻、深刻的占100%(其中完全认同的为86.67%,基本认同的为13.33%),认为自身的观察与辩证思考能力得到有效提升的占比为100%(其中完全认同的为80%,基本认同的为20%),认为自己体会到药物化学的价值与社会意义的占100%(其中完全认同的占96.67%,基本认同的占3.33%),说明此次教学过程收获了明显不错的专业教学效果与思政融入效果,同时对学生的辩证思考能力实现了有效调动与提升;最后,希望PBL+BOPPPS教学模式日后继续施行的占比为96.67%(其中完全认同的为90%,基本认同的为6.67%),不希望PBL+BOPPPS教学模式继续施行的占3.33%,可以看出,学生对此次新教学模式的施行表现出较高的认可度。

4 结论

由于绪论章节难度相对较低,较适用于让学生初步适应PBL+BOPPPS教学模式。需要注意的是,在课堂活动中,学生参与课堂互动往往受学生课前自学效果、性格和学习能力强弱的影响,难以达到理想状态或深度的课堂互动^[22]。因此,鉴于学生间的个体差异,不能要求所有学生都能在短时间内完全适应新的教学模式,在后续教学开展过程中应循序渐进、适当引导。同时,本章教学内容属于纯理论性教学,在药物化学日后的教学中,随着章节推进、难度提升以及试验的加入,不可一味地套用原有的PBL+BOPPPS教学模式,而需在坚持教学理念、把握教学节奏的前提下,做到具体问题具体分析,根据教学需要对模式进行适当调整。总体而言,PBL+BOPPPS教学模式在未来药物化学课堂的应用有较好的前景。

[参考文献](References)

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[N]. 人民日报,2022-10-26(1).
- [2] 孙安宁. 马克思主义人才观的传承与创新[J]. 人民论坛,2012(17):182-183.
- [3] 陈巍,陈国军,郁汉琪. 建构主义理论的项目式教学体系构建[J]. 实验室研究与探索,2018,37(2):183-187.
- [4] 张霞,韩义德,王锦霞,等. 结合PBL课例的无机化学线下对分课堂教学设计与实践[J]. 化学教育(中英文),2022,43(2):40-44.
- [5] 刘强,赵万祥,郑采星,等. 基于问题式学习的数据驱动混合式教学模式构建与实证研究——有机化学[J]. 化学教育(中英文),2023,44(8):55-60.
- [6] 王彩荣,苏静,梁亚琴,等. 基于PBL教学模式的有机化学实验教学设计——以“安息香缩合反应”为例[J]. 大学化学,2023,38(10):185-193.
- [7] 吴侗珩,王林涛,戚小强,等. 基于PBL教学模式的微课+翻转课堂在生物化学教学中的应用[J]. 生命的化学,2022,42(12):2300-2304.
- [8] 杨金凤,马彦梅,刘红,等. 基于PBL导学案的实验化学翻转课堂教学研究与实践[J]. 化学教育(中英文),2018,39(16):40-44.
- [9] 魏光月,刘松艳,王萌,等. PBL教学法在无机化学概念性知识中的应用[J]. 化学教育(中英文),2021,42(20):41-46.
- [10] 赵培,王素英,张宏宇,等. 适于工程教育的生物化学PBL教学案例设计[J]. 生物工程学报,2022,38(12):4779-4788.
- [11] 罗宇,付绍静,李曦. 从BOPPPS教学模型看课堂教学改革[J]. 计算机教育,2015(6):16-18.
- [12] 蒋变玲,赵亮,陈琼,等. 基于超星学习通的“生物统计学”BOPPPS教学模式的改革与实践[J]. 农产品加工,2019(9):118-120.
- [13] 姚婉清,余能芳. BOPPPS教学模式的教学设计要素分析及案例设计[J]. 化学教育(中英文),2022,43(18):51-57.
- [14] 赵锋,齐晓丹. BOPPPS教学模式在“药剂学实验”中的应用[J]. 实验技术与管理,2018,35(12):184-186.
- [15] 董黎明,陈艳,喻桂朋,等. 混合式教学在《高分子化学》课程中的应用与实践[J]. 高分子通报,2019(12):52-59.
- [16] 胡莉,李思强,李恩中. 基于BOPPPS的混合式教学模式在生物化学中的应用[J]. 中国生物化学与分子生物学报,

- 2022,38(10):1426-1434.
- [17] 宋龙,李惠,倪梁红,等. 基于BOPPPS教学模式在生药学课程的设计和实现[J]. 时珍国医国药,2022,33(12):3032-3033.
- [18] 吕军城,王清华,王素珍,等. 医学统计学课程优化及BOPPPS教改实践初探[J]. 中国卫生统计,2022,39(2):296-298.
- [19] 邓朝晖. 如何提高学生对专业课的兴趣[J]. 中国科教创新导刊,2007(8):22.
- [20] 习近平. 为全面依法治国培养更多优秀人才[N]. 人民日报,2017-05-05(2).
- [21] 刘清生. 新时代高校教师“课程思政”能力的理性审视[J]. 江苏高教,2018(12):91-93.
- [22] 郑少华,肖春明. 高等教育翻转课堂模式“本土化”的反思[J]. 创新创业理论与实践,2021,4(10):22-24.

[责任编辑:严海琳]

(上接第79页)

- [29] 吴晓东,孔繁翔,张晓峰,等. 太湖与巢湖水华蓝藻越冬和春季复苏的比较研究[J]. 环境科学,2008,29(5):1313-1318.
- [30] BAULCH H M, STANLEY E H, BERNHARDT E S. Can algal uptake stop NO_3^- pollution? [J]. Nature, 2011, 472:86-89.
- [31] 朱梦圆,朱广伟,王永平. 太湖蓝藻水华衰亡对沉积物氮、磷释放的影响[J]. 环境科学,2011,32(2):409-415.
- [32] 林伟,李玉中,李昱佳,等. 氮循环过程的微生物驱动机制研究进展[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(6):1146-1155.
- [33] 韩菲尔,赵中华,李大鹏,等. 利用稳定同位素(^{15}N)示踪技术研究浮游藻类氮素吸收速率特征[J]. 海洋与湖沼,2019,50(4):811-821.
- [34] 李安定. 海河干流水华暴发特征及对DOM和重金属生物有效性的影响[D]. 北京:北京科技大学,2021.
- [35] SINGH Y P, ARORA S, MISHRA V K, et al. Plant and soil responses to the combined application of organic amendments and inorganic fertilizers in degraded sodic soils of indo-gangetic plains[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2019, 50(19/20/21/22):2640-2654.

[责任编辑:严海琳]