

基于问题导向学习的混合式教学模式在“基因工程”课程中的应用

赵嫚*, 柳志强, 郑裕国

浙江工业大学 生物工程学院, 浙江 杭州 310014

赵嫚, 柳志强, 郑裕国. 基于问题导向学习的混合式教学模式在“基因工程”课程中的应用[J]. 生物工程学报, 2025, 41(5): 2210-2218.

ZHAO Man, LIU Zhiqiang, ZHENG Yuguo. Application of the problem-based learning model in the blended teaching of Genetic Engineering[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2025, 41(5): 2210-2218.

摘 要: 当代我国的高等工程教育范式已经迈入了从重知识基础、重能力培养阶段向重素质塑造阶段的蜕变之路。如何在新工科的快速发展建设背景下, 培养出既具备扎实专业知识, 又富有创新精神和实践能力的工科人才已成为各类工程专业教育面临的核心议题和亟待破解的难题。本文以生物工程专业课程体系中的一门主干课程“基因工程”为例, 阐释了实施问题导向学习(problem-based learning, PBL)模式, 线上线下混合教学的改革思路。实践证明, 这种思路不仅显著提升了课程的教学质量和学生的学习成效, 更为培养具有创新精神、实践能力和正确价值观念的工科人才提供了可借鉴的模式。

关键词: 问题导向学习模式; 线上线下混合教学; 工科人才; 基因工程

Application of the problem-based learning model in the blended teaching of Genetic Engineering

ZHAO Man*, LIU Zhiqiang, ZHENG Yuguo

College of Biotechnology and Bioengineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, Zhejiang, China

Abstract: The paradigm of higher engineering education in China has transformed from emphasizing knowledge foundation and ability training to emphasizing quality shaping. How to cultivate engineering talents with solid professional knowledge, innovative thinking, and practical

资助项目: 浙江工业大学研究生教学改革重点项目(2022204); 浙江省“十四五”研究生教学改革项目

This work was supported by the Key Projects for Postgraduate Teaching Reform in Zhejiang University of Technology (2022204) and the Postgraduate Teaching Reform Projects in the 14th Five-year Plan of Zhejiang Province.

*Corresponding author. E-mail: mzhao@zjut.edu.cn

Received: 2024-11-14; Accepted: 2025-02-20; Published online: 2025-02-20

ability under the background of emerging engineering education has become a core issue and urgent problem to be solved in the education of various engineering majors. This paper takes Genetic Engineering, a main course in the curriculum system of bioengineering, as an example to explain the reform ideas of implementing the problem-based learning (PBL) model in online-offline blended teaching. Practice has proved that this reform idea not only significantly improves the teaching quality of the course and the learning effect of students but also provides a reference model for cultivating engineering talents with innovative thinking, practical ability, and correct values.

Keywords: problem-based learning (PBL); online-offline blended teaching; engineering talents; Genetic Engineering

随着“卓越工程师教育培养计划 2.0”等一系列推动工程教育发展举措的相继推出,我国的高等工程教育范式已经迈入了从重知识基础、重能力培养阶段向重素质塑造阶段的蜕变之路^[1-2]。这一蜕变不仅是对教育理念的革新,更是适应时代发展需求做出的积极响应。为了满足新工科的快速发展建设需求,相关专业人才培养定位及目标也在持续地发展与变革。浙江工业大学的生物工程专业面向当前和未来产业发展急需,主动对接产业需求、跨越产教边界,将人才定位由“专才”转向了“通才”,将培养目标由原设的培养具有扎实“工程实践能力+问题解决能力”的合格工程人才修订为培养具有“创新精神、实践能力、社会责任感并能引领生物工程产业发展”的精英工程科技人才。生物工程专业在培养方案调研论证过程中,充分考虑当前经济社会发展的人才需求并结合学校整体办学定位,将“创新精神”修订为培养目标中的首要素养,明确了其核心地位。随后,专业办学紧紧围绕“如何培养符合现代社会发展的创新型工程科技人才”这一关键问题,开展了持续不断的教学研究与改革,并经过教学实践的摸索,构建出了基于问题导向学习(problem-based learning, PBL)^[3-6]的线上线下混合式教学模式。本文以“基因工程”课程为例,阐述如何基于 PBL 实施线上线下混合式教学并探讨该教学模式在工科人才创新精神培养中的成效。

1 “基因工程”课程教学现状及改革思路

“基因工程”是生物工程及其相关专业的主干课程,其所涉及的理论与技术亦是与新兴学科合成生物学以及生物制造产业发展密切相关。在科学发现和技术发展的基础上,基因工程的知识与技能也会随之处于持续创新的常态之中,因此在掌握和理解基因工程知识的基础上,不断地实现创新应用已成为新的课程目标^[7-8]。然而现阶段“基因工程”课程教学中仍存在诸多亟待解决的问题:如课堂以教师为中心,教学方法落后,重知识灌输、轻价值引领;学生学习兴趣低沉,参与度低;课程内容的组织设计与创新等高阶思维训练目标的关联尚需加强;评价方式相对单一,重结果轻过程等^[8-10]。为了解决上述痛点问题,实现高质量的课程目标达成,从多个维度综合设计了基于“目标-内容-方法-评价”的“实施-评价-反馈-实施”闭环教学过程(图 1)。在教学过程中以知识、能力、素养全面培养为课程目标,以基础研究项目、解决复杂工程问题所需的知识和创新策略、最新的科技前沿问题为课程内容,以 PBL 结合线上线下混合教学为教学方式,以知识考试、能力考核、素养测评等多元化评价为课程评价方式。

2 “基因工程”课程改革实施过程

2.1 “基因工程”课程目标概述

基于布鲁姆认知领域的 6 个层次递进目

标——识记、理解、运用、分析、综合和评价,我们将课程目标修订为以培养学生知识、能力、素养三位一体的综合能力为核心,使其能够契合新时代工科人才培养的要求,为精准定位培养具有“知识牢、能力实、思维强、素质高”的生物工程领域专业人才,提供强有力的关联支撑^[11-12]。知识目标(记忆、理解)系统地筑牢基因工程的基本概念、发展历程、核心理论和技术基础等知识体系根基。能力目标(运用、分析、综合、评价)包括实验操作能力、问题解决能力、创新能力、自主学习能力等4大核心能力的全面训练。素养目标锁定对学生科学态度、国际化视野、社会责任感等新时代工科人才必备素质的深度塑造。简而言之,“基因工程”课程目标旨在通过深入探讨基因工程的基本原理、先进技术及其在现代科技发展中的应用,使学生全面和深入地理解基因工程原理、生命科学研究的设计思路和基因操作技术平台的应用策略,使学生具备解决复杂生物工程问题所需的逻辑推理能力、批判性思维以及创新思维等高阶思维能力,使学生具有国际视野及跨文化交流能力,使学生养成严谨求实的科学态

度、刻苦钻研的学风作风以及正确的生物伦理认知观。

2.2 “基因工程”课程内容框架

结合新时代生物工科人才培养的发展需求,将基因工程的课程内容框架分为3个部分:核心课程、阅读引导和创新拓展。核心课程包括课程的关键知识:基因工程基本理论、分子克隆与表达、基因重组技术与应用、基因编辑技术与应用、原核真核表达系统、基因表达调控。阅读引导采用PBL项目式教学方式突出学生中心地位,以小组为单位,完成4次关键文献的阅读,并通过小组讨论和分析,以海报的形式重述文献结构、思辨和批判文献设计与内容,反思、发展和重构论文结构。创新拓展,通过与基因工程课程紧密相关的企业和产业学院:博瑞生物(单克隆抗体)、安徽华恒生物科技股份有限公司(合成生物学案例)以及现代生物产业学院,建立第二课堂,理解科学、技术和工程在完整项目执行中的协同配合,明晰科技创新的重大意义,认识“卡脖子”技术的具体表现与突破方向,以及把握未来的发展趋势等(图2)。

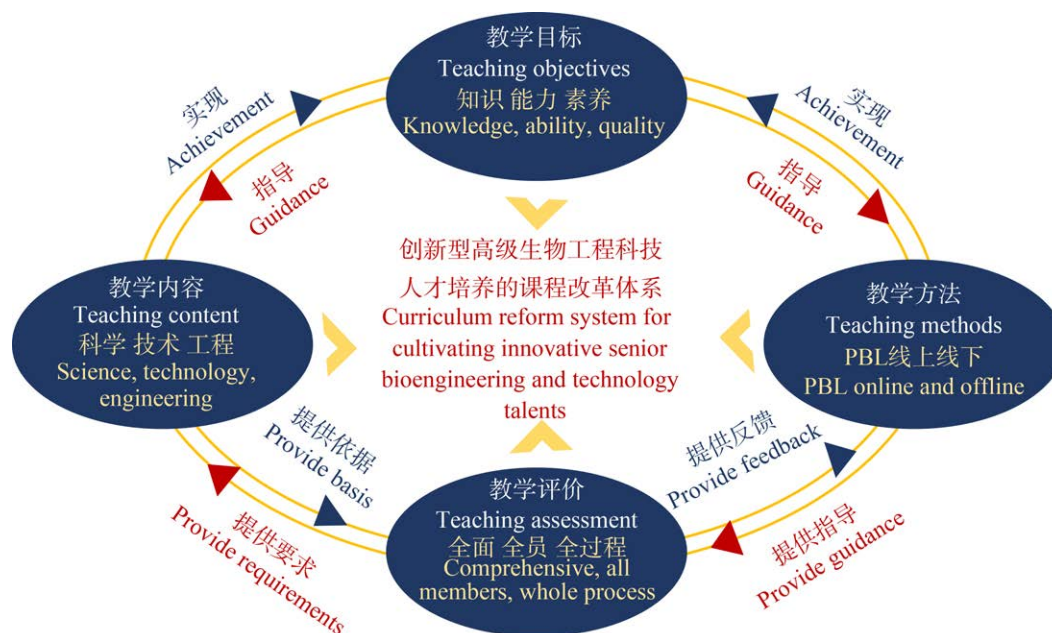


图1 创新型高级生物工程科技人才培养的课程改革体系

Figure 1 The curriculum reform system of innovative senior bioengineering science and technology talents training.

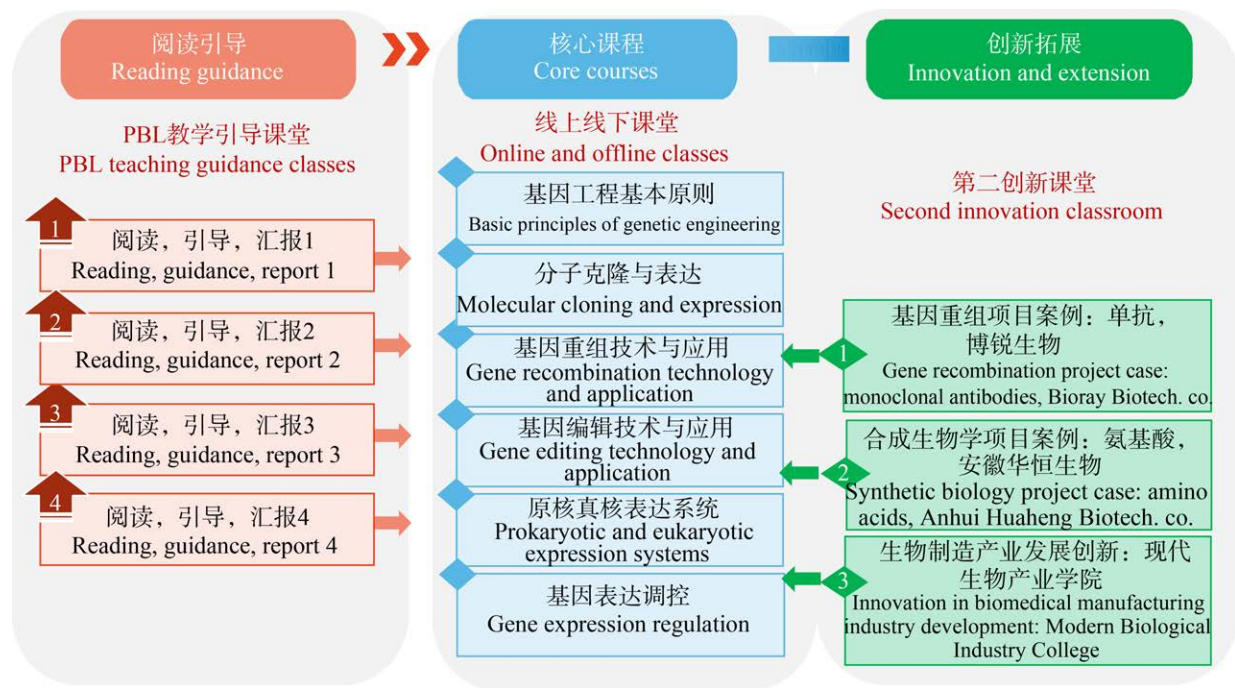


图2 “基因工程”课程内容框架

Figure 2 The content framework of the genetic engineering course.

2.3 “基因工程”课程内容支撑课程目标

课程目标与课程内容之间密切相关,课程目标为教学内容设定了明确的方向和预期成果,是课程内容设计与组织的根本依据;而课程内容则是实现课程目标的具体载体,通过精心选择和编排的知识、技能与活动,直接支撑并服务于课程目标的实现,两者相辅相成,共同构成了有效教学的核心框架。在“基因工程”课程改革研究中,构建了创造型人才培养的“核心课程+阅读引导+创新拓展”的课程内容新谱系,以确保课程内容高度支撑课程目标的达成,使核心课程奠定坚实基础,阅读引导拓展知识视野,创新拓展激发创造潜能,三者协同作用,共同促进学生创造力的全面发展(表1)。具体支撑关联如下:首先,通过“核心课程内容”的学习,实现记忆理解应用和分析等能力。其次,通过“阅读引导”,实现学生阅读水平的提升和正确的科技写作能力的培养;并通过讨论、思辨、批判与比较,在合作中学会合理分工,累积正向的小组讨论和合作经验,真切体会到他

人看待事物的多元视角,逐渐养成深度分析、审慎批判以及自觉反思的良好习惯。最后,通过“创新拓展”了解科技创新发展的过程和前沿,感受个人和自然社会环境发展的关系,从而关怀社会国家,自然和谐发展,进而建立认知,实现课程目标(图3)。

2.4 “基因工程”课程教学方法

在课程实施的过程中,教学团队依据课程内容的3个主体部分,分别选用了相应的教学方法(图4)。核心课程采用线上线下相结合的方法来实现对核心知识的掌握和应用,其中线上使用相关微课、慕课、虚拟仿真等资源^[13-15];阅读引导通过PBL项目式学习,以项目的形式开展,团队自主选题、设计方案、资料搜集、小组研讨、制定方案、形成思维导图和成果展示,项目执行过程与课程教学内容紧密同步,实现教学内容的学与练,通过该过程训练实现学生分析、思辨、交流、展示等能力和素养的建立和养成^[6]。比如在“漆酶改造用于印染工业废水处理”的项目中,项目组7位学生基于基因

表 1 教学内容与学生任务的节选

Table 1 Excerpts of the teaching content and the students' tasks

知识模块 Knowledge module	教学内容 Teaching content	学生任务 Student tasks		
		作业要求 Assignment requirements	自学要求 Self-study requirements	讨论 Discussion
DNA 重组克隆的单元操作 Unit operations of DNA recombination and cloning	(1) DNA 重组的载体 Vectors for DNA recombination	完成虚拟仿真实验 项目训练(线上) Complete virtual simulation (online)	观看教学视频动画, 直观地掌握基因工程常用技术(线上) Watch teaching video animations to intuitively grasp common gene engineering techniques (online)	讨论如何引物设计 保证开放阅读框正确 Discuss how to design primers to ensure the correct open reading frame
	(2) DNA 的体外重组(切与接) <i>In vitro</i> DNA recombination (cutting and ligating)			
大肠杆菌基因工程 Genetic engineering of <i>Escherichia coli</i>	(3) 重组 DNA 分子的转化与扩增(转与增) Transformation and amplification of recombinant DNA molecules (transformation and amplification)			
	(4) 转化子的筛选与重组子的鉴定(检) Screening of transformants and identification of recombinants (identification)			
	(5) 目的基因的克隆 Genes cloning	设计大肠杆菌表达漆酶等酶的详细实验方案(创新拓展) Design detailed experimental schemes for the expression of laccase and other enzymes in <i>E. coli</i> (innovative extension)		
	(1) 外源基因在大肠杆菌中的高效表达原理 Principles of high-efficiency expression of exogenous genes in <i>E. coli</i>			
	(2) 大肠杆菌工程菌的构建策略 Construction strategies of <i>E. coli</i> engineering strains			
	(3) 重组异源蛋白的体外复性活化 <i>In vitro</i> refolding and activation of recombinant heterologous proteins			
	(4) 大肠杆菌工程菌培养的最优化控制 Optimal control of <i>E. coli</i> engineering strain cultivation			
	(5) 基因工程菌的遗传不稳定性及其对策 Genetic instability of engineering strains and strategies			
	(6) 利用重组大肠杆菌生产医用蛋白或多肽 Production of medical proteins or peptides using recombinant <i>E. coli</i>			

(待续)

(续表 1)

知识模块 Knowledge module	教学内容 Teaching content	学生任务 Student tasks		
		作业要求 Assignment requirements	自学要求 Self-study requirements	讨论 Discussion
动物和植物的基因工程 Genetic engineering of animals and plants	(1) 动物转基因技术的基本概念及转基因方法 Basic concepts and methods of animal transgenic technology (2) 转基因动物或细胞的应用 Applications of transgenic animals or cells (3) 高等植物的基因表达系统 Gene expression systems in higher plants (4) 转基因植物的应用 Applications of transgenic plants		自学基因工程的安全性评价 (阅读引导) Self-study the safety evaluation of gene engineering (reading guidance)	讨论转基因农作物的安全性 Discuss the safety of genetically modified crops
第二代基因工程——蛋白质工程 Second-generation genetic engineering—protein engineering	(1) 蛋白质工程的基本概念 Basic concepts of protein engineering (2) 基因的体外定向突变 In vitro directed mutagenesis of genes (3) 基因的体外定向进化 In vitro directed evolution of genes (4) 蛋白质工程的设计思想与应用 Design philosophy and applications of protein engineering		课前预习蛋白质工程的应用实例 (阅读引导) Pre-study application examples of protein engineering (reading guidance)	
第三代基因工程——途径工程 Third-generation genetic engineering—pathway engineering	(1) 途径工程的基本概念 Basic concepts of pathway engineering (2) 途径工程的研究策略 Research strategies for pathway engineering (3) 初级代谢的途径工程 Pathway engineering of primary metabolism (4) 次级代谢的途径工程 Pathway engineering of secondary metabolism	设计代谢改造大肠杆菌生产红景天苷的详细实验方案 (创新拓展) Design detailed experimental schemes for metabolic modification of <i>E. coli</i> to produce salidroside (innovative extension)	课前预习途径工程的应用实例 (阅读引导) Pre-study application examples of pathway engineering (reading guidance)	

工程课程内容设计了“漆酶基因的获取、载体选择、重组子构建、宿主细胞选择和漆酶基因设计改造”这 5 个内容。依据课堂进度，小组课下

完成每个内容的搜集、讨论和整理。如漆酶基因的获取部分，总结漆酶基因的特点，筛选基因和获取基因的原理、方法和结果等。创新拓

展通过课内课外、请进来和走出去的方式,邀请了相关企业开展了关于“单抗药物的选品、研究和产业化”的报告,详细介绍了蛋白质工程药物的整个研发过程。同时邀请相关企业针对合成生物学项目的研发、发酵和生产的关键问题,

以及生物科技领域企业对人才的需求进行了详细介绍。这些结合实际工程项目的实践应用以及创新创业需求的实际案例活动的开展,助力学生养成敢于创新,文化自信,个人、社会与可持续和谐发展的观念。

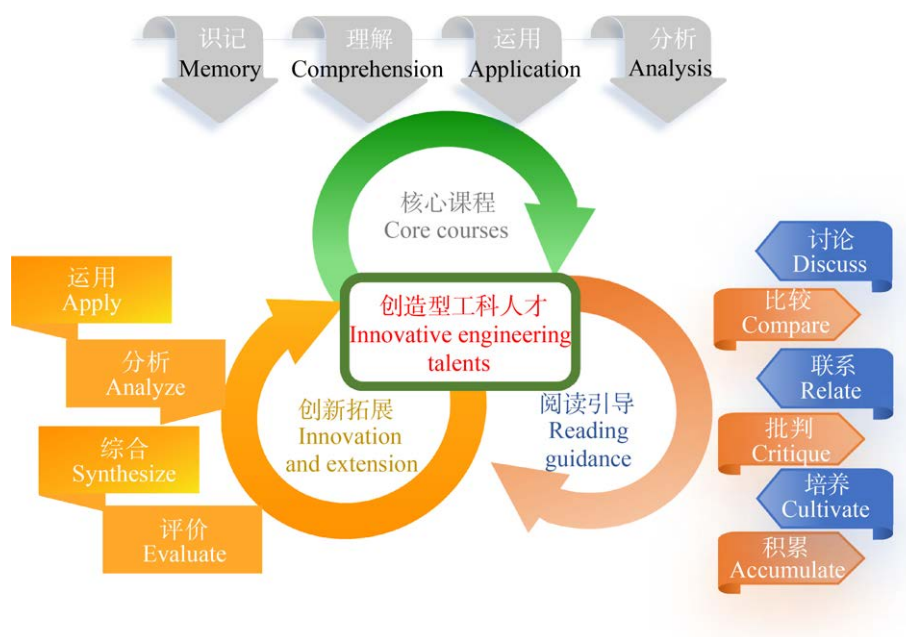


图3 课程目标与课程内容的支撑关联

Figure 3 The supporting relationship between curriculum objectives and curriculum content.



图4 “基因工程”课程内容与教学方法

Figure 4 The teaching methods of the Genetic Engineering course.

2.5 “基因工程”课程评价方式与效果

课程评价作为衡量课程改革成效的核心指标,其科学性与全面性直接关系到教育改革的方向与深度,因此,探索并实施一种高效、公正的教学评价机制显得尤为关键^[16-17]。本轮课程改革在教学评价的设计上,摒弃了传统的一刀切模式,转而采用了一种更为精细、差异化的评价策略,即依据课程范式中各个组成部分的具体内容和目标,分别设定评价标准和方法,确保评价既能独立反映各部分的教学效果,又能相互关联,共同构成对课程改革整体成效的全面评估,使得评价体系实现了既独立又协同。

在这一评价体系中,特别强调了以全员、全过程、全面的评价标准作为教学评价的重要基石。首先,对于核心课程的教学评价,更加注重对学生线上与线下知识掌握及应用能力的综合考量。线上部分通过在线测验、讨论参与度及作业提交情况等多维度数据进行量化评估;线下则通过期末考试、实践操作或项目展示等形式,检验学生的知识深度与广度。其次,在PBL项目式教学过程中,由学生形成学习小组,自主命题、搜集材料、阅读整理材料、讨论完善并进行成果展示。在该部分的教学评价采用组间互评、组内自评和互评、教师评价这3类途径,重点对项目内容专业性、创新性和批判性,项目成员的合作积极性、参与度、责任感,成果展示的专业性、美观度以及汇报的精彩程度这3个方面进行评价。整个过程不仅旨在提升学生的信息素养与批判性思维能力,还考查学生的理解深度与知识整合能力;评价体系中的小组成员互评机制^[18-20],组间成员的交叉评价,确保了评价的多元性和客观性,促使学生在互评中学会欣赏他人长处,反思自身不足,强化了团队合作与相互学习;海报展示的过程也促进了学生视觉表达与创意展现技能的发展。再次,创新拓展课程的评价,则侧重于学生参与创新活动的积极性、问题解决过程中的认知策略,以及通过撰写创新反思报告来

展现的自我成长与思维转变,以此鼓励学生勇于探索未知,培养创新意识和实践能力。

最终,通过3个周期的教学改革,学生对基因工程原理技术的理解、掌握和应用能力从学习前的不足60%,提升到学习后的平均88.3%。20余人参加国际基因工程机器大赛(International Genetically Engineered Machine competition, iGEM)、全国“挑战杯”比赛等,获得金奖、特等奖、三等奖等。在学习主动性方面,通过PBL教学方式的设置,95.8%以上的同学都被调动起来;在学习思维方面,平均46.7%的学生明确受到“启蒙”,学习方式从以前的被动学习开始转变为主动学习,认为这门课的结课并不是学习的结束,而是主动学习的开始。

3 结语

经过3个周期的教学实践,可以清晰地看出“基因工程”课程在多个维度上取得了显著成效,充分彰显了学生的主体地位,并为其营造了一个积极主动、富有探索性的学习氛围。在课程的教学实施中,通过具有挑战性和创新性的学习任务来激发学生的学习兴趣,引导学生主动探索;利用在线教学平台、虚拟仿真实验等现代信息技术手段,营造自主学习的氛围;通过组织学生分组讨论,分享自己的学习心得和研究成果,兼顾培养其自主学习能力、思辨思维、团队协作精神以及口头表达能力。在课程评价中,采用了学生自评、互评、教师评价等多元化的评价方式,全面、客观地反映学生的学习情况和教师的教学效果。未来,将继续秉持以学生为中心的教学理念,不断改进教学方法、优化课程内容和教学设计,从而打造高质量的本科工科人才培养课堂。

作者贡献声明

赵嫚:方案设计、教学实施、数据管理、初稿写作;柳志强:方案设计、稿件润色修改;郑裕国:监督指导、稿件润色修改。

作者利益冲突公开声明

作者声明没有任何可能会影响本文所报告工作的已知经济利益或个人关系。

REFERENCES

- [1] 秦璐, 董羽. 新工科背景下工程教育人才培养模式的创新性研究[J]. 江苏高教, 2022(12): 90-94.
QIN L, DONG Y. Innovative research on the talent training mode of engineering education under the background of new engineering[J]. Jiangsu Higher Education, 2022(12): 90-94 (in Chinese).
- [2] 洪军, 王小华, 王秋旺, 陈立斌. 校企协同、产教融合卓越工程科技人才培养探索[J]. 高等工程教育研究, 2024(3): 37-41.
HONG J, WANG XH, WANG QW, CHEN LB. Exploration of excellent engineering and technology talent training through university-enterprise cooperation and integration of industry and education[J]. Research in Higher Engineering Education, 2024(3): 37-41 (in Chinese).
- [3] BARROWS HS, TAMBLYN RM. The portable patient problem pack: a problem-based learning unit[J]. Journal of Medical Education, 1977, 52(12): 1002-1004.
- [4] MOUST JHC, BERKEL HJMV, SCHMIDT HG. Signs of erosion: reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University[J]. Higher Education, 2005, 50(4): 665-683.
- [5] MARTINEZ-RODRIGO F, HERRERO-DE LUCAS LC, de PABLO S, REY-BOUE AB. Using PBL to improve educational outcomes and student satisfaction in the teaching of DC/DC and DC/AC converters[J]. IEEE Transactions on Education, 2017, 60(3): 229-237.
- [6] BARAK M, YUAN SR. A cultural perspective to project-based learning and the cultivation of innovative thinking[J]. Thinking Skills and Creativity, 2021, 39: 100766.
- [7] 吴丹, 史嘉翊, 宋旭东, 邱羽菲, 张羽飞, 武艳. 基于创新型人才培养的基因工程课程教学实践与思考[J]. 牡丹江医学院学报, 2022, 43(1): 166-167, 165.
WU D, SHI JY, SONG XD, QIU YF, ZHANG YF, WU Y. Teaching practice and reflection of Genetic Engineering courses for innovative talents[J]. Journal of Mudanjiang Medical University, 2022, 43(1): 166-167, 165 (in Chinese).
- [8] 赵志娟. “基因工程”课程的教学现状与教学思考[J]. 教育教学论坛, 2020(24): 279-280.
ZHAO ZJ. Teaching status and reflection of “Gene Engineering” course[J]. Education Teaching Forum, 2020(24): 279-280 (in Chinese).
- [9] 左佳, 高婧. 基于立体施教、聚焦学科前沿的基因工程课程教学改革[J]. 大学教育, 2024, 13(21): 33-36, 51.
ZUO J, GAO J. Teaching reform of Genetic Engineering courses based on three-dimensional teaching and focusing on the forefront of the discipline[J]. University Education, 2024, 13(21): 33-36, 51 (in Chinese).
- [10] ROWE MP, GILLESPIE BM, HARRIS KR, KOETHER SD, SHANNON LJ, ROSE LA. Redesigning a general education science course to promote critical thinking[J]. CBE Life Sciences Education, 2015, 14(3): ar30.
- [11] 冯华朋, 邬丽, 何玉龙, 舒建洪. 基于创新能力提升的基因工程教学改革探讨与实践[J]. 科教导刊, 2021(16): 101-103.
FENG HP, WU L, HE YL, SHU JH. Exploration and practice of Genetic Engineering teaching reform based on innovation ability promotion[J]. The Guide of Science & Education, 2021(16): 101-103 (in Chinese).
- [12] 符丹丹, 宫强, 孙晓菲, 李市场, 邱智军. 混合式教学在新工科背景下“基因工程”教学改革中的应用[J]. 生物化工, 2022, 8(5): 134-136.
FU DD, GONG Q, SUN XF, LI SC, QIU ZJ. Exploration in the mixed teaching reform of Genetic Engineering under the background of new engineering[J]. Biological Chemical Engineering, 2022, 8(5): 134-136 (in Chinese).
- [13] 杨爽, 马枝枝, 张霞, 孙要军. 生物制药专业基因工程虚拟仿真实验教学的构想与建设[J]. 中国医学教育技术, 2024, 38(3): 328-332.
YANG S, MA ZZ, ZHANG X, SUN YJ. Conception and construction of virtual simulation experimental teaching of Genetic Engineering of biopharmaceutical major[J]. China Medical Education Technology, 2024, 38(3): 328-332 (in Chinese).
- [14] 李晓然, 柳陈坚, 杨恩, 罗义勇, 冯阳, 潘卉. 基因工程慕课建设探讨: 以昆明理工大学为例[J]. 衡水学院学报, 2019, 21(1): 90-93.
LI XR, LIU CJ, YANG E, LUO YY, FENG Y, PAN H. Massive open online course construction of Gene Engineering[J]. Journal of Hengshui University, 2019, 21(1): 90-93 (in Chinese).
- [15] 宋运贤, 汪文佳, 陈梦. 基于慕课的基因工程混合式教学改革[J]. 保定学院学报, 2018, 31(4): 113-117.
SONG YX, WANG WJ, CHEN M. Teaching reform on blended instruction of Genetic Engineering based on MOOC[J]. Journal of Baoding University, 2018, 31(4): 113-117 (in Chinese).
- [16] 罗冬艳, 刘晓玲. “基因工程”本科课程线下教学改革与探索[J]. 食品工业, 2022, 43(11): 218-220.
LUO DY, LIU XL. Reform and exploration of offline teaching in the undergraduate course “Genetic Engineering”[J]. The Food Industry, 2022, 43(11): 218-220 (in Chinese).
- [17] 张文峰, 李黄金, 吴凤麟, 邵红伟. 翻转课堂教学模式在“基因工程”课程中的设计与实践[J]. 教育教学论坛, 2021(33): 109-112.
ZHANG WF, LI HJ, SHAO HW. Design and practice of flipped classroom teaching model in “Genetic Engineering” course[J]. Education Teaching Forum, 2021(33): 109-112 (in Chinese).
- [18] BONE K, BONE J, GRIESHABER S, QUINONES G. A peer assisted learning (PAL) approach to pre-service teacher professional experiences in Australia: organisational friendships[J]. Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 2019, 47(4): 347-360.
- [19] BUGAJ TJ, BLOHM M, SCHMID C, KOEHL N, HUBER J, HUHN D, HERZOG W, KRAUTER M, NIKENDEI C. Peer-assisted learning (PAL): skills lab tutors’ experiences and motivation[J]. BMC Medical Education, 2019, 19(1): 353.
- [20] LI Y, LI XM, LIANG H, WEI Q. Revitalizing established teaching and assessment methods in oncological rehabilitation comprehensive laboratory course[J]. Frontiers in Education, 2024, 9: 1371605.