

## BOPPPS教学模式在教学研究型高校生物化学课程中的探索与实践 ——以“聚合酶链式反应(PCR)”为例

朱丹<sup>1,\*</sup>, 苏邵<sup>2</sup>, 晁洁<sup>3</sup>

<sup>1</sup>南京邮电大学材料科学与工程学院, 南京 210023

<sup>2</sup>南京邮电大学化学与生命科学学院, 南京 210023

<sup>3</sup>南京邮电大学波特兰学院, 南京 210023

**摘要:** 为了提高生物化学课程的教学效果, 立足于南京邮电大学建设教学研究性高校过程中对创新型和综合应用型人才的培养要求, 本文以“聚合酶链式反应(PCR)”内容为例, 应用BOPPPS教学模式对生物化学课程进行教学设计和实践。研究表明, BOPPPS教学模式能够有效提高学生的课堂参与度, 培养学生主动学习和科研探索的兴趣, 并提高其分析问题及解决问题的能力。

**关键词:** 生物化学; 聚合酶链式反应(PCR); BOPPPS教学模式

**中图分类号:** G64; O6

## Exploration and Implementation of the BOPPPS Teaching Model in Biochemical Courses at Teaching and Research-Oriented Universities: A Case Study of Polymerase Chain Reaction (PCR)

Dan Zhu<sup>1,\*</sup>, Shao Su<sup>2</sup>, Jie Chao<sup>3</sup>

<sup>1</sup> School of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China.

<sup>2</sup> School of Chemistry and Life Sciences, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China.

<sup>3</sup> Portland Institute, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China.

**Abstract:** In order to enhance the effectiveness of biochemistry courses, this study focuses on the application of the BOPPPS teaching model to the topic of Polymerase Chain Reaction (PCR) at Nanjing University of Posts and Telecommunications. This initiative aligns with the university's commitment to nurturing innovative and integrative talents as part of its transition into a teaching and research-oriented institution. The research findings indicate that the BOPPPS teaching model effectively enhances students' engagement in the classroom, fosters their enthusiasm for active learning and scientific exploration, and improves their analytical and problem-solving abilities.

**Key Words:** Biochemistry; Polymerase chain reaction (PCR); BOPPPS teaching model

### 1 引言

随着中国高等学府科研规模的扩大和教师队伍水平的提高, 当前正发生着高校由教学型向教学研究型转变的变革。鉴于经济社会发展的需求和人才培养目标, 亟需进行基础学科教学内容和课程体系的优化重构, 加强整体设计, 将高水平的课程思政融入高校教学, 有助于构建更高层次的人才

收稿: 2024-01-08; 录用: 2024-02-21; 网络发表: 2024-03-22

\*通讯作者, Email: iamdzhu@njupt.edu.cn

基金资助: 江苏省“青蓝工程”优秀青年骨干教师资助项目; 南京邮电大学教学改革研究项目(JG03021JX44)

培养体系,提升教育效果<sup>[1-4]</sup>。我校材料科学与工程学院是南京邮电大学重点建设的教学研究型学院,依托有机电子与信息显示国家重点实验室以及江苏省生物传感材料与技术重点实验室建设,聚焦于原始创新,在柔性电子、生物电子、先进能源、智能材料、智慧诊疗等领域开展人才培养、科学研究和学科建设工作。生物化学课程是我校重要的专业基础课程,也是我校生物电子学、材料化学等多个专业学生重要的必修课程。该课程的教学目的是使学生了解化学与生命科学的关系,用化学的观点和理论来探讨生命过程中的化学问题,理解和掌握生物分子的结构、性质和功能之间的关系,以及遗传信息的贮存、传递与表达和常用的分子生物学技术。通过课程学习,培养学生的学术研究兴趣,并为将来从事生物电子学、生物医学工程等学科研究打下基础。然而,在以往的教学过程中,由于教学方式较为固定,课程学习主要依靠课堂授课进行,学生的参与度和积极性普遍不高,处于被动接受知识的状态。另外,由于课程专业性较强,授课形式和教学效果评价形式相对单一,难以激发学生的学习热情和科学研究兴趣,不利于实现生物化学课程的教学目标。因此,必须结合先进的教学模式,加强对生物课程的教学改革和思政建设,使学生成为教学主体,发挥其主观能动性和创造性<sup>[5-7]</sup>。

BOPPPS教学模式是由加拿大教师技能讲座提出的一种新型教学模式,它以教育目标为导向,以学生为中心,包括六个教学环节:课程导入(bridge, B)、学习目标(objective, O)、前测(pre-assessment, P)、参与式学习(participatory learning, P)、后测(post-assessment, P)和总结(summary, S)。该模型的特点是流程化设计,以提高学生参与度和互动反馈,有助于学生达到预期目标并确保学习效果<sup>[8-10]</sup>。本文以生物化学课程中“聚合酶链式反应(PCR)”为例,探讨了BOPPPS教学模式在课程设计中的应用,旨在为教学研究型高校的生物化学或相关课程的教学改革和课程思政建设提供可操作的借鉴。

## 2 教学内容和学情分析

### 2.1 教学内容分析

“聚合酶链式反应(PCR)”选自生物化学课程“常用的分子生物学技术”章节,指DNA的体外复制技术,内容包含PCR的发展史、反应原理、荧光定量PCR技术及其应用。这部分内容是继基础生物化学理论知识(如核酸、蛋白质、脂类)后的章节,与前面学习的核酸化学和DNA体内复制原理密切相关。由于PCR是现代分子生物学中重要的里程碑式的分子生物学技术,与现代科学研究进展和实验室实践密切相关,因此在本校课程中常作为重点内容进行讲授,要求学生重点掌握其基本原理及应用。然而,这部分内容主要是关于概念、原理和反应过程的陈述性知识。传统的授课方式可能只让学生了解到一个相对抽象的分子生物学技术,而难以真正理解其背后的科学含义。因此,很难培养学生对科学研究的兴趣和探索热情。

### 2.2 学情分析

本节内容所教授的教学对象是材料化学专业大学三年级本科生及生物电子学专业的一年级硕士研究生。学生基本为化学背景,对于生物学相关知识储备较少。在学习本章节之前,学生已学习过分析化学、生物化学中核酸化学的基本理论知识,如核酸结构的特点和理化性质,对于核酸在体内复制原理有一定的了解和基础。因此,在教师引导和帮助下,学生能够将已掌握的核酸复制原理和方法迁移到新知识的学习中,但如何做好关联和比较是教师教学设计中需要关注的内容。

## 3 教学策略

针对教学内容和学情分析中存在的主要问题,笔者结合PCR在日常生活应用和科技发展前沿的角度对教学内容进行了优化和重构。近几年全世界范围内流行的新型冠状病毒肺炎(简称“新冠”),使核酸检测成为全民熟知的疫情防控方式,而PCR正是核酸检测的核心技术。通过新冠核酸检测的应用例子引入课程,使学生认识到PCR就发生在自己身边,从而容易吸引学生的关注度,激发学习兴趣和求知欲。其次,在教学手段上,通过实物和图片演示,使学生对于PCR有更为直观的认识;

通过实例讲解、歌曲鉴赏等多种方式的结合,提高学习过程中的趣味性,使学生了解PCR的意义和应用,学以致用。在教学过程中,通过设置高阶性问题,如“基于PCR的核酸扩增是否可以无止境地循环下去?解释原因”等,帮助学生更深刻地理解反应原理,更综合辩证地考虑问题。在课程后测中,针对知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观等方面设置问题,改变传统教学中仅考察分数的单一评价方式,多维度地对教学效果进行评估。

在课程思政设计上,从新冠核酸检测的社会热点应用出发,激发学生学习生物化学的兴趣;通过了解我国新冠疫情防控中应用PCR取得的发展和成绩,培养学生的民族自豪感和责任感;通过学习华裔科学家在PCR发展过程中的重要贡献,学习科学家求实创新的科学探索精神,培养学生严谨理性的思维;通过聚合酶链式反应的核酸扩增需要控制在一定的反应次数范围的案例,体现老子《道德经》中“适可而止”的思政理念;通过歌曲《PCR Song》与课程内容的有机结合,让学生鉴赏科学美与艺术美。

#### 4 BOPPPS教学模式设计

以生物化学专业基础课生物化学中的“聚合酶链式反应(PCR)”为例,对其进行BOPPPS教学模式设计,具体内容列于表1中。

表1 生物化学中“聚合酶链式反应(PCR)”内容的BOPPPS教学设计

阶段	时间/min	教师活动	学生活动
导入	3	通过近几年的社会热点案例“新冠疫情”导入,并引导学生思考核酸扩增在核酸检测中的作用	听讲,互动,引起兴趣
学习目标	5	PPT展示本节教学目标,并进行解读	跟读目标,把握重点
前测	5	在学习通平台发布三道前测试题,并对答题情况进行总结讲解	在学习通平台作答,并核对答案
参与式学习	30	1) 讲授PCR的发展史 2) 讲授PCR的原理,引导学生将其与体外DNA复制进行比较;图片及实物展示 3) 情景模拟“如果使用不耐热的DNA聚合酶,该如何完成PCR反应?” 4) 组织学生分组讨论“基于PCR的核酸扩增是否可以无止境地循环下去?并思考原因。” 5) 讲授荧光定量PCR原理和应用,引导学生思考核酸扩增结果如何可视化呈现	听讲,思考,讨论,交流,情景模拟
后测	15	1) 在学习通平台发布五道后测试题,组织学生作答 2) 听歌曲《PCR Song》;组织小组讨论	在学习通平台进行测试,核对答案,小组讨论
总结	5	总结本节内容	听讲,思考

##### 4.1 课程导入

课程导入作为课程开始的重要环节,需要精心设计,以达到激发学生的情感共鸣和兴趣的目的。本节课程通过近几年的社会热点案例“新冠疫情”导入,该案例与学生生活经历密切相关,可以快速吸引学生关注,在此过程中设置问题“在疫情防控期间,为了发现新冠感染人群,需要通过什么手段进行及时的监控?”之后,请学生描述新冠核酸检测的采样流程,提出问题“所采的样本量极少,需要通过什么方法进行处理,使这些少量的核酸变成大量的核酸?”从而引出课程内容“核酸的体外扩增方法——PCR”。

## 4.2 学习目标

学习目标是BOPPPS课程模式的重要部分, 需要根据教学内容和学情进行指定, 并通过PPT在课程中向学生清晰地传达, 使学生有目标地学习, 并帮助学生监督、检查目标的达成度, 从而及时进行学习过程和进度的调整。因此, 根据本部分的教学内容和学情分析, 从三个维度制定以下学习目标:

(1) 知识与技能: 掌握PCR的原理和反应过程; 掌握荧光定量PCR的原理; 了解PCR的发展史和应用;

(2) 过程与方法: 通过PCR在新冠疫情中应用的实际生活案例引入课程, 在教师的引导下, 结合之前核酸体内扩增的原理, 理解PCR技术的原理; 通过实物、图片演示和情景模拟, 了解PCR的过程; 通过实例讲解、歌曲鉴赏、小组讨论了解PCR的意义和应用, 使学生学以致用。

(3) 情感态度和价值观: 培养学生的民族自豪感和责任感; 引导学生学习科学家求实创新的科学探索精神, 培养严谨理性的思维; 激发学生学习生物化学的兴趣和对科学艺术美的鉴赏兴趣。

## 4.3 前测

前测主要通过问答的方式, 检测学生对已经学习过的概念、原理的掌握程度, 从而充分利用已经习得的知识, 为即将学习的知识做好准备。本节设置了三道单选题, 要求学生们在学习通平台上作答。测试结果表明, 选择题“DNA在体内复制所需要的原料”准确率为94.3%(班级学生总人数为35人), “体内复制可以解开DNA双链的酶”准确率为100%, “DNA在体内复制的过程”准确率为68.6%, 提示教师在教学中需要针对DNA体内复制过程等基础知识做一定的补充讲解。

## 4.4 参与式学习

参与式学习是BOPPPS教学模式中最核心的环节, 在此过程中教师需要组织多种形式的活动、设计相应的学习流程, 使学生主动参与问题的解决过程, 从而完成知识的建构。我们采用了设置问题引导学生思考、小组讨论、图片展示、实物互动、情景模拟等多种形式进行参与式学习过程的设计。例如, 设置如下三个问题, 引导学生在课堂中进行主动思考。问题1: 比较DNA体外复制所使用的原料、解链方式、复制过程与体内复制的异同点; 问题2: 如何结合DNA和酶的性质通过可检测的方式对核酸扩增的结果进行呈现? 问题3: PCR是扩增DNA的技术, 如何扩增新冠病毒的RNA? 其中, 问题1设置在PCR原理学习之后, 让学生结合前测中设置的内容, 从学生已经复习巩固的DNA体内复制过程入手, 由学生对比、思考、总结; 问题2设置在学习荧光定量PCR的原理时, 通过教师的引导, 让学生认识到Taq DNA聚合酶具有的外切酶活性, 结合荧光标记探针的性质, 引导学生思考如何通过结构的设计完成荧光定量PCR过程; 问题3设置在介绍荧光定量PCR应用时, 引导学生结合之前学过的逆转录相关知识进行回答, 使学生主动掌握逆转录-PCR技术。通过以上问题的思考, 避免了学生对于内容的死记硬背, 从而达到灵活运用已学知识主动地寻求解决问题的目的。

高阶性问题是能够引领学生深度思考的问题, 能够帮助学生进行知识内化和深度反思。在PCR原理学习之后, 设置高阶性问题“基于PCR的核酸扩增是否可以无止境地循环下去? 并思考原因。”并组织学生分组讨论问题。将班级每4-5人分成一个小组, 教师提示学生结合核酸扩增的原料、扩增特点等进行综合思考, 由学生讨论后, 每小组代表进行依次发言, 教师针对学生回答的要点进行评价。在此问题的讨论中, 得出PCR需要控制在一定的反应次数范围的结论, 引导学生体会老子《道德经》中“适可而止”的思政理念。

此外, 通过图片展示、实物互动及情景模拟等方式, 提高学生参与课程的热情和积极性。例如, 通过笔者课题组PCR仪的图片展示及PCR管的实物展示, 让学生直观认识到PCR的反应容器和环境, 将抽象的概念具象化, 拉近学生与课本间的距离。在讲解PCR反应过程时, 让学生情景模拟“如果使用不耐热的DNA聚合酶, 你该如何完成PCR反应?”教师在黑板上画出三个不同温度的水浴锅(95 °C, 55 °C, 37 °C), 让学生持PCR管模拟样本放入“水浴锅”中进行PCR操作。教师提示学生DNA聚合酶不耐热, 每经历一次高温反应就会失活。因此, 学生需要在每次高温解链后, 开管加入新的

“DNA聚合酶”，以保证反应进行。通过繁琐的操作，让学生直观地认识到耐热Taq DNA聚合酶的发现及PCR仪的发明对于PCR技术发展的重要性。通过介绍华裔女科学家钱嘉韵在耐热Taq DNA聚合酶的发现中所做出的贡献，学习科学家求实创新的科学探索精神，培养学生严谨理性的思维。在此环节中，学生通过脑、眼、手、口的多角度参与学习，提高了学习效率和认知水平。

#### 4.5 后测

在后测环节，主要目的是评估学习效果，检查目标达成度。因此，针对知识与技能目标，笔者设计了5个选择题(表2)，并在学习通平台发布问题，要求学生在规定时间内进行作答。测试结果表明，选择题的准确率均在85%以上，说明学生基本可以掌握本节课主要知识内容。

表2 BOPPPS教学设计中后测部分设置的题目及学生回答的正确率

序号	题目	正确率
1	在PCR反应过程中，控制DNA的解聚与结合主要利用了DNA的什么特性？	100%
2	PCR过程与体内DNA复制过程的不同点是	97.1%
3	DNA复制过程需要引物的原因是	85.7%
4	PCR变性、复性、延伸的三个过程需要的温度是	88.5%
5	以下关于荧光定量PCR反应描述不正确的是	91.4%

针对过程与方法、情感态度和价值观目标，在后测环节播放歌曲《PCR Song》，设计小组讨论环节“歌曲中提到了哪些我们今天学过的知识？提到了PCR在哪些领域的应用？你觉得PCR技术还有哪些缺点和需要改进的地方？”将班级每4-5人分成一个小组，先独立听歌曲，写下答案后，进行小组内发言和讨论，教师点评。教师在此过程中随时关注学生的讨论进展，可以给予学生一定的提示，比如“PCR反应需要什么样的实施条件？”“PCR反应需要多长时间？”等。通过歌曲鉴赏，激发学生学习生物化学的兴趣和对科学艺术美的鉴赏兴趣；通过对于PCR技术的辩证性思考，培养学生严谨理性的思维。

#### 4.6 总结

在BOPPPS教学模式的总结模块中，教师引导学生总结本节课内容的主要知识点及其之间的逻辑关系，总结PCR过程与体内DNA复制过程的不同点、PCR所需原料和作用、荧光定量PCR技术的原理和应用。通过讲解我国在疫情期间利用PCR技术完成的核酸检测量和检测速度，及时在非常时期遏制了疫情的发展，最大程度地保障了人民的生命健康，培养学生的民族自豪感和责任感。随着生物技术的快速发展，核酸检测和PCR技术不仅在疫情防控中发挥了关键作用，而且在促进精准医疗、提高疾病诊断准确率和治疗效果等方面也展现出巨大的潜力和价值。例如，利用PCR技术可以进行遗传疾病的诊断、癌症的早期发现以及传染病的监测等，从而指导医生选择合适的药物治疗方案。因此，引导学生认识到加强对PCR等生物技术的研究和应用，对于推动医学科学的进步和改善人类健康具有重要意义。

### 5 课后作业设计

课后作业在课程设计中可以起到巩固所学知识、延伸知识范围的作用。本次课后，要求学生在“学习通”平台自学视频《新冠病毒核酸检测试剂盒及操作》，总结操作步骤，使学生学习如何在实验室进行PCR实验操作，学以致用。此外，查阅资料，并回答问题“为什么新冠病毒的核酸检测比抗原试纸条检测更灵敏？”使学生主动接触科技前沿问题，帮助学生更深刻、更综合辩证地考虑问题，激发学生对科学研究探索的兴趣。

## 6 结语

笔者通过BOPPPS教学模式对生物化学授课内容进行了教学设计,并在“聚合酶链式反应(PCR)”教学中进行了实践。前测设计有效地帮助学生进行新旧知识的整合和联系;参与式学习有效地提高了学生的课堂参与度,并拓展了课程内容的广度和深度,使学生主动学习、主动思考;后测、总结和课后讨论使学生能够辩证地思考问题。在课程设计中,恰到好处地融入课程思政有助于培养学生正确的人生观和价值观,增强学生的社会责任感。

在课程成效方面,通过该课程的课堂反馈和课后反馈来看,学生对于课堂内容的掌握程度良好,解决问题和分析问题的能力有所提高,并有效地激发了学生对科学研究探索的兴趣。目前,已有多名学生在课程学习后主动联系笔者,表达了对相关方向的研究学习兴趣。其中,两名学生加入笔者课题组后开展了病毒核酸快速诊断项目研究,获得了第十三届“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛全国银奖、第十二届“挑战杯”江苏省大学生创业计划竞赛金奖、江苏省第八届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛一等奖等奖项,人才培养成果显著。因此,在教学设计中引入创新的教学模式,可有效实现教学与科研相互结合、相互促进的效果,也可促进教学研究型高校相关方向创新创业人才的培养,使学生成长为具有专业素养的综合应用性人才。

## 参 考 文 献

- [1] 王宇, 陈刚, 王艳芳, 张兴文, 徐平. 大学化学, **2021**, *36* (11), 2108059.
- [2] 安娜, 武慧敏, 郑晓珂, 马利刚, 赵乐. 教育现代化, **2019**, *6* (22), 72.
- [3] 李永军, 王玉枝, 张晓兵, 范媛吉, 蔡焱, 陈淑云, 吴英鹏. 大学化学, **2021**, *36* (5), 2008022.
- [4] 邵桂芳, 杨帆, 王颖, 刘墩东, 文玉华. 高教学刊, **2024**, *10* (1), 47.
- [5] 丁烽, 张兴丽, 孟武, 李丕武. 教育教学论坛, **2023**, *44*, 70.
- [6] 周卫红, 苗志伟. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2011025.
- [7] 林佳, 曹蕾, 何冰, 贺宝玲, 王莉. 高教学刊, **2023**, *9* (9), 77.
- [8] 王晴, 张兴桃, 钱玉梅, 王维维, 徐礼生, 袁维凤, 王文婷. 大学化学, **2018**, *33* (10), 68.
- [9] 胡莉, 李思强, 李恩中. 中国生物化学与分子生物学报, **2022**, *38* (10), 1426.
- [10] 赵海燕, 孙华. 化学教育(中英文), **2023**, *44* (12), 27.