



教育信息化背景下的生物化学实验改革探索

樊佳, 郑冬超, 阎臻, 李佛生, 熊莉*

(四川大学生物科学国家级实验教学示范中心, 成都 610065)

摘要: 实验教学是生物化学教学中的重要环节, 如何借助信息技术提高生物化学实验的教学质量是教育信息化时代对教师提出的新挑战。在分析生物化学实验课程的特点和总结实验教学中存在的问题基础上, 从优化实验教学内容、建设数字化教学资源、改进实验教学方法和完善实验评价体系等几个方面, 探索了基于信息化的实验教学改革的有效途径和方法。教学实践表明, 基于信息化技术的实验教学改革激发了学生的学习兴趣, 提升了学生的自主学习探究能力, 提高了人才培养质量。

关键词: 教学信息化; 数字化教学资源; 生物化学实验; 教学改革

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220084

Exploration on the Reform of Biochemical Experiment in the Context of Educational Informatization

FAN Jia, ZHENG Dongchao, YAN Zhen, LI Fosheng, XIONG Li*

(National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Scientific experiments are indispensable parts of biochemistry teaching. In this era of educational information, how to improve the teaching quality of biochemistry experiments by using the information technology has become a new challenge for teachers. Through analyzing and summarizing the characteristics and problems of biochemical experiment teaching, effective reform methods based on informatization are explored from the aspects of optimizing experiment teaching content, constructing digital learning resources, improving teaching methods, and perfecting teaching evaluation systems. These reform initiatives enhance the interest in study, independent learning ability, and inquiry skills of students, thus obviously promoting talent cultivation.

Key words: educational informatization; digital learning resources; biochemistry experiments; teaching reform

生物化学是运用化学的方法研究生命物质的学科, 是生命科学各专业的基础必修课, 其主要任务是了解生物的化学组成、结构及生命过程中各种大分子的化学变化^[1-3]。生物化学实验课作为生物学专业学生的一门专业基础课, 能够促进理论知识与实践的融合, 有效地锻炼学生的基本实验技能, 同时又为后续专业课的学习打下坚实的基础。现代生命科学的飞速发展使得生命科学人才培养面临着巨大的机遇与挑战, 也对本科的生物化学实验课程提出了更高的要求。为了适应社会发展的新需求, 生物化学实验教学应设立更加

多元化的培养目标, 即在实验技能训练的基础上, 提升学生的科学素养和创新意识^[4-5]。

近年来, 信息技术的迅速发展已经在教育领域产生了深刻的影响, 传统教育观念和教学模式也发生了重大的变革。“互联网教育”已经成为我国推动教育高质量发展的重要发展方向, 如何借助信息技术辅助实验教学, 提高人才培养质量是目前高等教育教学改革的重点^[6-8]。为实现信息技术与生物化学实验课程的深度融合, 推动实验教学内涵式发展, 我们进行了一系列的改革与探索。本文分析了传统实验教学中的短板和弊病,

收稿日期: 2022-02-23; 修回日期: 2023-05-30

基金项目: 四川省高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2021-117); 四川大学实验技术项目(SCU201047); 四川大学新世纪高等教育教学改革项目(SCU9138); 教育部产学研合作协同育人项目(202101237051)。

作者简介: 樊佳(1988-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事生物化学实验与分子生物学实验的教学工作。

*通信作者: 熊莉(1986-), 女, 博士, 高级实验师, 主要从事医学细胞生物学相关实验的教学工作。E-mail: xiongli@scu.edu.cn

结合本院学生的学习现状及教学团队丰富的实验教学经验,从优化生物化学实验教学内容、建设与应用数字化教学资源、创新实验教学方法和丰富课程评价体系入手,进行了一系列的教学改革实践,构建了基于信息化的新型实验教学模式,旨在进一步提高人才培养质量,为实现“双一流”人才培养目标提供有力的支撑。

1 课程改革前存在的问题

1.1 以教师为中心的知识传授型教学方式不利于学生发挥主观能动性

传统的实验课以教师讲授为主,通常采用课前学生按照实验教材预习,课堂上老师讲授重点难点环节,之后学生按照实验步骤做实验的教学形式^[8]。在预习环节,教师无法了解学生的真实学习效果;在课堂教学环节,老师只能快速讲解重点内容,而这个教学环节往往是教师单向传授,在20~30分钟的时间里学生是否真正掌握教学重点和难点有很大的不确定性。以教师为主导的教学方式,学生对教师的依赖性较强,面对问题时往往不愿意主动思考,而是等待教师直接给出答案;做实验只是按照实验指导“照方抓药”,课堂参与度与积极性不强。

1.2 实验教学内容落后于学科发展,与实际应用相脱节

长期以来,实验教学中验证性实验占主导地位,综合性、设计性实验占比偏低,且实验内容更新速度过慢,实验技术方法相对落后,已很难适应现阶段高校创新型、应用型人才培养需求^[1,8]。以酶学实验为例,温度对酶活力的影响实验仍停留在定性实验水平,即利用唾液淀粉酶对蔗糖和淀粉的特异性分解作用观察不同温度下试管的颜色变化,并没有涉及当前酶学性质研究的热点问题,如生物酶生态修复重金属污染、有机物污染等。陈旧的教学内容无法充分锻炼学生的综合能力,也不能激发学生的学习兴趣和创新思维。同时,实验教学内容通常多采用单一技术,实验之间没有相关性,且缺乏与其他学科的融合。

1.3 实验课时和实验条件等客观因素限制了部分综合性实验的开设

在当前本科教育的培养方案不断调整,实验课学时普遍精简的背景下,部分综合性实验因操作繁琐、时间长且环环相扣,学生无法在有限的

课时内连续完成实验操作。综合性实验用到的实验设备普遍价格昂贵,很多高校都存在着台套数不足的情况。这些客观因素都限制了综合性实验项目的开设。

2 教学改革具体措施及效果评价

通过整合与优化传统经典生物化学实验,增加适应学科发展的新技术和方法,设计与开发适合本专业的特色数字化教学资源,提高实验教学的信息化水平等措施,在确保学生充分掌握基本技能和提高科学素养的基础上,拓展实验内容的深度和广度,最大限度的激发学生的学习兴趣,提高实验教学效果。

2.1 优化和更新实验教学内容

2.1.1 整合优化经典实验,加强基本实验技能训练

为了夯实学生实验基础,提高其基本实验技能,课程组在保留和拓展的基础上,对经典实验进行了合理的优化。整合优化后的实验教学内容涵盖了多种生物化学领域最基本、最常用的实验技术(如生物大分子提取技术、电泳技术、滴定技术、分光光度分析技术等),涉及多种常见仪器设备的使用(如离心机、垂直电泳系统、分光光度计等),有针对性地帮助学生强化实验技能训练。在规范实验操作的同时,着重培养学生的科研素养。具体措施为以实验操作考核、课前小测验的形式检验学生是否规范操作实验仪器;批阅实验报告时对认真观察实验现象、规范记录实验原始数据、科学处理实验数据和分析实验结果的学生进行加分;部分学生如果实验失败,积极引导其认真反思失败实验原因;对没有按照要求处置实验废弃物的学生扣除一定的实验操作分数等。以上措施为学生将来进入科研实验室打下坚实的基础^[8-10]。

2.1.2 增加综合性实验项目,提升学生的综合素质

综合性实验能够把多项基础知识和实验技能融合形成一个相互渗透、支撑的知识体系,更好地发挥学生的主观能动性,提高学生综合运用生物化学知识分析、解决现实问题的能力^[8]。改革前实验课程中综合设计性实验占比约为41%,改革后的生物化学实验课程中综合设计性实验占比为71.4%,改革前后实验教学内容对比,如表1所示。

表 1 改革前后实验教学内容对比

改革前			改革后		
课次	实验内容	类型	课次	实验内容	类型
1	生物化学实验原理和方法	验证型	1	①生物化学实验原理和方法②生物化学常用试剂配置	验证型
2	3,5-二硝基水杨酸法定量测定还原糖	验证型	2	3,5-二硝基水杨酸法定量测定还原糖(考核)	验证型
3	蛋白质含量的测定——Folin-酚法	验证型	3	蛋白质综合性实验(I)	综合型
4	蛋白质含量的测定——考马斯亮蓝结合法	验证型	4	蛋白质综合性实验(II)	综合型
5	聚丙烯酰胺凝胶电泳鉴定胰岛素纯度	综合型	5	蛋白质综合性实验(III)	综合型
6	核酸的定量测定-定磷法	验证型	6	蛋白质综合性实验(IV)	综合型
7	RNA的定量测定	验证型	7	核酸的定量测定-定磷法	验证型
8	温度、PH对酶促反应的影响	设计型	8	RNA的定量测定	验证型
9	①激活剂、抑制剂对酶的影响②维生素C的定量测定	设计型	9	酶学设计性实验(I)(考核)	设计型
10	谷丙转氨酶活力的测定	验证型	10	酶学设计性实验(II)(考核)	设计型
11	生物化学常用试剂配置及考核	设计型	11	酶学设计性实验(III)(考核)	设计型
			12	谷丙转氨酶活力的测定	设计型
			13	①漆酶的异源表达及固定化漆酶在苯酚废水处理中的应用②放射性同位素标记抗体(虚拟仿真实验)	综合型
			14	酪氨酸酶型时间温度指示器的研制(选做实验)	综合型

我们围绕酪氨酸酶设计了“由浅入深，由研究至应用”的综合性实验项目——酪氨酸酶型时间温度指示器的研制，其内容包括酪氨酸酶的提取、酶活测定和酶型时间温度指示器的研制三大部分，涵盖了酶的提取、酶活测定、酶学性质研究和酶的固定化及应用等知识点和技能点。在教学互动环节上，我们进行了精心的设计。

1) 在前一周上课时，教师先抛出一个生活问题“目前我国均以保质期指示食品保鲜程度，但是食品在运输、储存过程中曾处于什么温度均不清楚，而对于一些直接生食的高端水产品或者鲜度要求极高的食品而言，用简单准确的方法判断食品鲜度十分重要，能不能利用所学的酶学知识研发一种‘时间-温度’指示器，快速指示食品所经历的温度和时间”。并给学生一周时间设计实验方案，以小组为单位完成实验设计。教师可以提示学生重点关注“实验材料的选择”“酶的活力测定方法选择”“小组成员如何配合操作才能使实验数据更加准确”“酶的固定化材料选择”“如何筛选最佳固定方法”等实验关键环节。

2) 网络平台上分享和讨论各个小组的实验方案，师生共同探讨实验方法和实验流程的可行性，有哪些漏洞，鼓励学生互评实验方案，最终讨论得出最佳实验方案。以上两个环节都是在课外完成。

3) 在实验过程中，强调团队合作精神，实验结果与预期不一致时，鼓励小组成员相互讨论，找出实验的错误环节，培养学生的自主探究能力。

4) 实验完成后，教师进一步提出问题：本次实验出现哪些问题？实验方案有哪些可以改进的地方？制备出来的酶型时间温度指示器在哪些生产实践中可以用到？

通过两个学期的教学实践证明，该综合性实验项目既有利于学生建立系统的生物化学知识框架，又能培养学生缜密的科研思维，提高学生的综合素质。

2.2 数字化教学资源的建设与应用

教学资源是提高教学质量的重要因素。传统的实验教学资源形式过于单一，不能满足教学需求。在国家不断推动信息技术与高校实验教学深度融合的形式下，建设适应信息社会发展的新型数字化教学资源已迫在眉睫。生物化学实验课程组从录制微课视频、建立实验考核测试题库、自主研发虚拟仿真实验等方面建设数字化教学资源，并在教学活动中引导学生充分利用这些教学资源完成自主探究式学习，实现线上教学资源与线下实验教学的有机融合^[9-11]。

2.2.1 录制微课视频

教师将实验课程中的经典实验、重要仪器设备的使用方法、实验操作易错环节制作成微课视

频,视频拍摄时采用动态、静态、近景、远景等手法,将每个实验细化剪辑成不同的微视频,上传到网络学习平台。微课视频能够帮助学生掌握生物化学实验的操作要领,纠正一些不良的操作习惯,加强实验操作训练的规范性。学生在实验课之前,可以通过网络学习平台观看微视频,完成预习任务,也可在课后进一步复习实验内容,巩固所学知识,满足学生的个性化学习需求。学生调查问卷结果显示,改革前学生课前预习率为47%,改革后学生课前预习率提高到91%;83%的同学认为视频直观地展示了实验各个环节,有助于课前预习和课后复习巩固。

2.2.2 建立实验考核测试题库

依托信息化平台建立的实验测试题库,能够有效提升教师检验学生学习效果的效率,同时实现对学生的自学能力的即时评价。测试题包含实验原理、常见实验操作误区、实验设计、失败实验结果原因分析等内容。学生可以按照章节进行测试练习,也可以在课程学习结束后完成一套试题,测试完成后有详细的成绩分析及薄弱知识点的分析,为学生进一步学习提供参考意见,同时有利于实现实验教学的全过程考核。

2.2.3 开发虚拟仿真实验

虚拟仿真实验是基于计算机仿真技术创建的一个集视觉、听觉及触觉等为一体的虚拟实验空间,具有高沉浸、高交互、高感知的特点,在实验教学中发挥着的积极作用,是教育信息化的重要组成部分^[12-13]。结合本院实验教学的具体情况,课程组自主研发了“放射性同位素标记抗体技术”和“漆酶的异源表达及固定化漆酶在苯酚废水处理中的应用”两个虚拟仿真实验教学项目,将生物化学实验和信息技术深度融合,通过“以虚补实”的形式使学生完成难以实做的实验,为课堂实验教学做出了重要补充。以“漆酶的异源表达及固定化漆酶在苯酚废水处理中的应用”为例,在传统生物化学实验中,没有开设基因工程和酶工程相关实验,为了进一步拓展实验教学内容的深度和广度,实验中心自主开发了虚拟仿真实验,内容涵盖了漆酶的基因克隆与异源表达、漆酶的发酵生产、漆酶的固定化技术和固定化漆酶在苯酚废水处理中的应用。该虚拟实验有效地解决了酶的环境治理综合性实验设备昂贵,操作复杂,部分实验试剂毒性大,实验周期长,学生

在有限的课时条件下无法完成整套的实验流程等难题,帮助学生掌握工程菌的制造、工业化生产和应用等知识。利用虚拟仿真软件,学生可以自主设计实验方案,充分利用网络资源完成综合性实验的有效训练,深入了解酶学原理与酶工程的微观发生机制。整个实验过程中都有相应的人机交互的学习指导和测验考核,引导学生自主学习。学生调查问卷结果显示,虚拟仿真实验能够创造一个效果良好的教学环境,给学生带来了全新的学习体验,有90%的学生表示该实验提升了自己的自主学习能力,84%的学生表示该实验涉及知识面广,交互性强,对自身的知识体系有帮助。

2.3 引入多维互动的实验教学方法

传统的教师讲授知识式的教学方法不利于学生发挥其主观能动性,为了充分激发和调动学生的学习积极性,教师在课堂上引入引导式、讨论式、探究式等多维互动的教学方法。在实验课上,教师采用引导式教学方法,在讲解实验的背景知识和原理时引入生活实例,结合生物化学基本知识进行分析,激发学生的好奇心和求知欲;用联想、比较的教学方法串联之前的实验内容,帮助学生理解新知识点;采用让学生当小老师,为同学们讲解实验内容的方式,提高学生的学习兴趣,同时检验学生的预习效果。在实验的关键环节设置一些开放性问题,引导学生独立思考、自主思维;采用讨论、探究的方法引导学生讨论实验操作中的难点和易错环节,增强学生分析解决问题的能力。教学结果表明,多维互动的教学方法不仅提高了师生间的互动效率,同时培养了学生的课堂参与意识。

2.4 搭建多维度、全方位的实验评价体系

实验考核是教学内容的重要组成部分,能够有效地激励学生高质量地完成实验教学任务。多维度、全方位的实验评价体系能更全面地反映学生的学习效果和教师的教学效果。教师在对教学内容和教学方法进行改革的基础上,对原来的以成绩为导向的考核方式进行改革,借助信息化手段,搭建以创新思维、探究能力为导向的新型实验教学评价体系。评价体系如表2所示,采用平时成绩、实验操作、实验报告相结合的形式。平时成绩包括课前预习、上课考勤、基本实验素质等内容;操作考核主要针对仪器操作规范性,实

验操作易错点、实验注意事项、实验现象的观察与记录等进行考核；在实验报告评分时降低实验目的、方法等要素的评分比例，增加实验现象的观察与描述、讨论部分的权重，鼓励学生在讨论

部分提出实验过程的见解和想法、实验方法改进建议等。通过考核方式的改革，促使学生养成实事求是的科学精神，锻炼学生的科学思维能力，提高学生的学习积极性。

表 2 实验评价体系

评价内容	评价项目	评价标准	分值/分
平时成绩(20分)	课前预习	观看实验操作示教视频、完成课前测试题	0~10
	实验纪律	考勤、积极参与实验	0~5
	实验基本素质	动手操作能力、团队合作能力、分析和解决问题能力	0~5
实验操作(30分)	仪器操作	规范使用实验设备	0~5
	实验难点	实验易错点、注意事项	0~5
	实验过程	认真观察实验现象，真实记录实验结果，与小组成员积极讨论实验结果	0~10
	期末考查	正确使用实验设备，实验操作规范，能解决实验遇到的一般问题	0~10
	实验报告规范性	实验报告包含摘要、关键词、材料、方法、结果等	0~25
实验报告(50分)	标准曲线	标准曲线规范	0~5
	实验数据	有原始数据，有计算过程；数据合理，系统误差小	0~10
	参考文献	参考了其他文献	0~5
	思考题	思考题回答正确	0~5

3 结束语

生物化学实验课程组全面贯彻“以学生为中心”的教学理念，不断地改革与探索信息化技术与实验教学的有机融合。本文介绍了基于信息化技术的生物化学实验课程改革与实践经验，从优化和更新传统实验内容，数字化教学资源的建设与应用，引入多维互动的实验教学方法，搭建多维度、全方位的实验评价体系等方面，全面构建了新型实验教学模式，重点探讨了综合性实验项目的开发与应用，以及数字化教学资源在生物化学实验教学中的应用情况。教学实践表明，基于数字化教学资源的新型实验教学模式，打破了实验教学的时空限制，有效地提高了学生的自主探究能力，为打造一流实验课程奠定了坚实的基础。

参考文献

- [1] 吴远双, 宋玉竹, 韩芹芹, 等. 本科生物化学与分子生物学实验改革研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 18(6): 56-60.
- [2] 史影, 章曦, 应颖慧. 分层次生物化学实验课程体系构建与实现[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(11): 178-180.
- [3] 钟卫干, 封毅, 韦玉兰, 等. 基于分析思维能力培养的生物化学实验教学方法初探[J]. 教育教学论坛期刊, 2020(4): 389-390.
- [4] 张丽娟, 古同男, 鄢雯. 基于“互联网+教育”的生物化学实验教学模式研究[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(9): 181-183.
- [5] 刘颖, 张春晶, 李淑艳, 等. 生物化学与分子生物学实验教学的设计与思考[J]. 中国继续医学教育期刊, 2020, 12(13): 68-70.
- [6] 高东锋. 信息化时代高校实验教学改革的要求、思路与路径[J]. 中国高教研究, 2018(4): 93-96.
- [7] 王宏宇, 刘会霞, 王春艳. 基于“互联网+”的混合式实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(5): 74-79.
- [8] 伍明, 胡晶晶. 提升学生核心素养的化学开放实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(2): 111-115.
- [9] 林蕙青. 推动信息技术与教育教学深度融合实现高等教育高质量内涵式发展[J]. 中国大学教学, 2018(1): 4-6.
- [10] 赵洪洋. 多元化实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(2): 123-127.
- [11] 罗晓东, 戴庆伟, 尹立孟, 等. 互联网+实践教学模式探讨[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(1): 197-199.
- [12] 刘亚丰, 杨祥良, 朱艳红, 等. 虚实融合, 自主设计、研究型实验教学模式研究[J]. 实验科学与技术, 2020, 18(6): 61-65.
- [13] 常亮, 刘慧君, 孙学军, 等. 高校组织建设虚拟仿真实验教学项目的思考—以河北大学为例[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12): 29-32.