

智慧课堂赋能生物学实验教学的构建

——以“探究酵母菌细胞呼吸的方式”为例

孙志龙¹, 杨凯霞¹, 邹卫阳², 傅悦¹, 方响亮^{1*}

¹黄冈师范学院生物与农业资源学院, 湖北 黄冈

²麻城市实验高级中学, 湖北 黄冈

收稿日期: 2026年8月7日; 录用日期: 2026年9月8日; 发布日期: 2026年9月15日

摘要

以“探究酵母菌细胞呼吸的方式”为例, 构建“课前虚拟预演-课中数据探究-课后反思共享”三阶策略的智慧课堂虚拟仿真实验, 可缓解传统实验教学面临操作难度大、科学探究深度不足等困境。实践表明, 该策略能有效提升实验教学效果, 促进学生从“验证性操作”走向“探究性建构”, 实现科学探究素养的阶梯式发展。

关键词

智慧课堂, 高中生物学, 实验教学, 科学探究

Construction of Biology Experiment Teaching Empowered by Smart Classroom

—Taking “Exploring the Mode of Yeast Cellular Respiration” as an Example

Zhilong Sun¹, Kaixia Yang¹, Weiyang Zou², Yue Fu¹, Xiangliang Fang^{1*}

¹College of Biology and Agricultural Resources, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

²Macheng Experimental Senior High School, Huanggang Hubei

Received: August 7, 2026; accepted: September 8, 2026; published: September 15, 2026

Abstract

Taking “Exploring the mode of yeast cellular respiration” as an example, this paper constructs a

*通讯作者。

文章引用: 孙志龙, 杨凯霞, 邹卫阳, 傅悦, 方响亮. 智慧课堂赋能生物学实验教学的构建[J]. 教育进展, 2026, 16(9): 1011-1015. DOI: 10.12677/ae.2026.1691991

smart classroom virtual simulation experiment based on a three-stage strategy of “pre-class virtual preview - in-class data inquiry - after-class reflection and sharing”. This approach alleviates the difficulties of traditional experimental teaching, such as high operational complexity and insufficient depth of scientific inquiry. Practice shows that this strategy effectively improves the effectiveness of experimental teaching, promotes students’ transition from “confirmatory operation” to “exploratory construction”, and enables the gradual development of scientific inquiry literacy.

Keywords

Smart Classroom, High School Biology, Experimental Teaching, Scientific Inquiry

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生物学实验教学是落实科学探究育人目标的重要途径，课程标准将科学探究界定为发现问题、设计实验、交流结果的能力，强调学生在亲历提出问题、寻找证据、检验假设的过程中习得知识、养成科学思维与态度[1]。

“探究酵母菌细胞呼吸的方式”是 2025 年人教版普通高中生物学必修 1 第 5 章第 3 节《细胞呼吸的原理和应用》中的“探究·实验”栏目，是培育科学探究素养的经典素材[2]。该实验涉及有氧与无氧条件的控制、产物检测、变量控制等多个探究要点，在传统教学中，该实验面临三重困境：其一，操作难度大与课时矛盾[3]。其二，数据获取滞后与探究过程断裂的矛盾。其三，探究深度不足与素养培育目标有落差。

智慧课堂以其虚拟仿真、实时数据采集、云端协作等技术优势，为生物学实验教学的重构创造了可能。王丽融合 3D 打印自制培养箱，并借助手机 APP 与 O₂ 传感器实现光照与产氧速率的精准调控与实时检测[4]。曾昆姣将 VR 模拟与创新教具引入发酵实验教学，使抽象产物检测直观化[5]。已有研究侧重于技术改进的实验效果验证，较少从学习机制层面阐释技术赋能的深层原理。基于此，本文以“探究酵母菌细胞呼吸的方式”为例，探索智慧课堂环境下生物学实验教学的流程构建，旨在破解传统实验教学的素养培育难题，丰富智慧课堂生物学实验教学案例。

2. 智慧课堂赋能实验教学的优势

智慧课堂是在信息化时代下建立的新型课堂，是科学技术不断发展的新型产物，是教师依托“互联网+”及云技术等手段构建的富有智能化特色的现代化课堂。智慧课堂的技术特性与生物学实验教学的素养目标之间具有内在的契合性，其优势可归纳为以下四个方面：

其一，突破时空限制，实现实验流程的弹性重构。沈续丰等的研究表明，虚拟仿真实验能够将实验中抽象、虚拟的现象直观地表现出来，方便学生理解，加深学生的认识[6]。将虚拟仿真置于课前作为预演环节，则能在发挥其直观性优势的同时，将操作负荷前置至课前处理，释放课中的工作记忆容量，使学生得以将认知资源集中于变量关系分析与方案论证等深层探究。

其二，提升数据精准度，实现探究过程的深度展开。建构主义学习观认为，理解的深化源于学习者主动与环境交互并对反馈做出解释。李双龙、赵欣指出数字化实验教学能通过时空延展性重构教学场域、数据驱动优化认知路径[7]。传感器技术的引入使 CO₂ 浓度变化以实时曲线呈现，学生可直观对比有氧与

无氧条件下 CO_2 产生速率的差异,从而加深对细胞呼吸概念的理解。其价值在于将传统终点判断转为动态追踪,学生在观察曲线变化中不断将预测与证据比对,获得即时验证与修正的机会。

其三,强化协作探究,实现学习共同体的云端建构。智慧平台支持多终端数据同步与方案共享,各小组可将实验设计、操作视频上传至云端,互相观摩、实时讨论。当某组遇到问题时,其他小组可通过平台提供建议,共同探讨原因。分布式认知理论认为,认知不只存于个体头脑,还分布于工具与群体互动之中。云端共享使各小组的方案与数据由“私有”转为“集体共享的资源”,局部想法在更大范围内被审视与质疑,个体思考汇入集体讨论,又在新话语碰撞中催生新的认识。

其四,降低安全风险,实现高危实验的可视化操作。如酸性重铬酸钾作为传统酒精检测试剂,具有较强的腐蚀性与毒性。借助智慧课堂的资源整合能力,教师可以引导学生探索更安全的替代方案,既保障实验安全,又不影响探究效果。

3. “三阶贯通”的智慧实验教学策略构建

李同同、吴南中构建了以 PSST 框架为基础的智慧学习空间模型,指出智慧学习空间需通过促进学习者深度参与的整体设计、服务教师实时指导的数据支持等途径实现深度学习[8]。本研究在此基础上,聚焦生物学实验教学的学科特性,构建了“课前虚拟预演-课中数据探究-课后反思共享”的三阶策略,将技术嵌入点从通用学习空间设计细化至实验探究的认知瓶颈处。课前虚拟预演针对操作负荷过重问题,课中数据探究针对反馈滞后问题,课后反思共享针对探究体验难以转化为深层理解的问题,使三阶策略与实验教学的核心困境形成精准对应,为学生的科学探究素养发展提供阶梯式支撑。

课前阶段:虚拟预演与问题驱动。利用虚拟仿真平台推送实验预习资源,让学生在模拟环境中熟悉实验流程、掌握操作规范,降低课堂认知负荷;同时发布探究性问题,引导学生带着思考进入课堂。

课中阶段:技术支持与协作探究。学生分组开展实验,借助信息技术手段实时采集、记录关键数据,数据同步至智慧平台实现可视化呈现。智慧课堂的数据采集与分析功能,使教师能够更实时监控各组进展,准确地把握每位学生的学习情况,从而给予有针对性的支持和帮助[9]。基于云端的实验现象和数据结果,通过组间互评、集中研讨等方式,对实验现象进行归因分析与科学论证。

课后阶段:反思深化与成果辐射。学生提交数字化实验报告,平台支持多维评价,促进自我反思。智慧课堂背景下,作业设计应体现选择性与个性化,为学生综合运用知识、展现个人天赋提供机会[10]。优秀成果以云端展板形式分享,实现学习共同体的知识共建与辐射。

4. 智慧课堂赋能的“探究酵母菌细胞呼吸的方式”教学设计

以“探究酵母菌细胞呼吸的方式”为例,具体智慧实验教学设计过程如下:

1) 课前环节

(1) 教师行为:制作虚拟仿真实验资源,上传至智慧平台;准备数字化一体反应器(集成 O_2 、 CO_2 传感器、温度传感器)、平板电脑、智慧课堂系统;准备实验器材(注射器、锥形瓶、连通管、气泵、恒温水浴锅、澄清石灰水、溴麝香草酚蓝溶液、酸性重铬酸钾溶液备用、碘液替代方案、酵母菌、葡萄糖溶液等);设计实验记录表格与评价量表,推送至学生平板;通过智慧平台发布课前探究问题链:① 酵母菌代谢类型? 有氧与无氧呼吸产物? ② 如何设计验证实验? 自变量、因变量、无关变量? ③ 有氧装置如何通气? ④ 无氧装置如何密封? ⑤ CO_2 与酒精的检测方法及优缺点?

(2) 预设学生行为:登录智慧平台完成实验预习,熟悉流程;阅读教材“探究·实践”内容,初步了解实验原理;分组并明确分工;思考并回答问题链,将答案与疑问上传至平台,参与线上讨论。

(3) 设计意图:通过虚拟预演和问题驱动,激发学生前概念,降低课中认知负荷,为探究活动做好认

知准备。

2) 课中环节(40 分钟)

(1) 教师行为: 导入环节(3 分钟), PPT 展示馒头、面包、葡萄酒图片, 提问“制作这些食品时都用到了什么微生物? 分别是在什么条件下发酵的?”引出细胞呼吸方式探究, 提问“酵母菌在有氧和无氧条件下分别产生了什么物质? 如何验证?”

实验方案设计环节(10 分钟), 组织小组讨论如何控制有氧和无氧条件、如何检测 CO_2 和酒精、如何保证无关变量一致; 智慧平台推送“实验设计参考模板”, 引导学生完善方案, 巡视各小组适时点拨(如用 NaOH 溶液去除空气中 CO_2); 请小组分享设计方案, 师生共同点评完善变量控制。

分组实验操作环节(15 分钟), 指导学生登录智慧平台快速回顾虚拟仿真实验流程; 发放实验器材, 强调安全注意事项(重铬酸钾具有腐蚀性, 可使用碘仿反应替代); 学生分组操作, 有氧组连接气泵持续供氧, 无氧组注射器密封或加石蜡油隔绝空气, 数字化传感器实时采集 CO_2 数据, 同步至教师大屏和学生平板; 提醒学生记录关键数据(石灰水变浑浊时间、溴麝香草酚蓝变色情况、 CO_2 曲线、酒精检测结果); 通过平台发起实时讨论话题(如“为什么不同小组 CO_2 产生速率存在差异?”)引导学生跨组交流; 利用平台拍照上传功能, 收集各小组实验装置照片、数据图表, 集中点评操作规范与不足。

数据分析与交流环节(7 分钟), 组织各小组上传实验数据与现象照片至班级云端空间; 调取有代表性小组的 CO_2 曲线对比分析(有氧组 CO_2 产生速率更快、总量更多, 无氧组较慢且有平台期); 提出问题“为什么有些小组的有氧组也检测到了酒精?”引导学生分析可能原因(供氧不足致部分酵母菌无氧呼吸、重铬酸钾被葡萄糖还原产生假阳性); 总结实验结论: 酵母菌有氧呼吸产生大量 CO_2 , 无氧呼吸产生酒精和少量 CO_2 。

总结归纳环节(5 分钟), 引导学生回顾核心内容(产物差异、对照实验设计要素、变量控制原则); 智慧平台推送思维导图, 帮助学生构建知识体系; 布置课后任务(完善实验报告提交至平台, 思考细胞呼吸原理的生活应用)。

(2) 预设学生行为: 导入环节观察图片, 联系生活回答; 产生认知冲突, 思考“同种微生物为何在不同条件下产物不同”; 初步提出假设(有氧产 CO_2 , 无氧产酒精和 CO_2)。实验方案设计环节, 小组讨论设计实验装置图, 明确变量, 相互质疑补充。分组实验操作环节, 分工有序操作, 有氧组连接气泵观察 CO_2 数据, 无氧组密封待氧气耗尽后检测, 遇问题组内讨论或请教, 记录现象并拍照上传。数据分析与交流环节, 观察 CO_2 曲线发现差异, 对有氧组检出酒精现象讨论可能原因, 倾听总结完善结论。总结归纳环节, 跟随教师回顾, 补充收获与困惑, 保存思维导图, 明确任务。

(3) 设计意图: 导入环节从生活实例出发, 激发学习兴趣, 引发认知冲突, 明确探究问题; 实验方案设计环节培养学生科学探究能力, 掌握对照实验设计思路; 分组实验操作环节利用智慧平台实现方案共享与互评, 虚实结合降低操作难度, 传感器数据可视化提升探究深度; 数据分析与交流环节通过异常现象分析培养批判性思维和科学解释能力; 总结归纳环节强化知识建构, 利用智慧平台实现个性化资源推送。

3) 课后环节

(1) 教师行为: 指导学生提交数字化实验报告(含实验方案、数据图表、误差分析、结论等), 支持图片、视频附件上传; 通过平台设置评价量表(实验设计合理性、数据处理准确性、误差分析深度等), 开展批改与点评, 同时组织学生自评与小组互评; 发布拓展探究任务(如“探究温度对酵母菌呼吸速率的影响”), 引导学生利用虚拟实验平台设计方案、开展模拟实验, 并通过平台提交探究成果; 在平台搭建成果展示专区, 精选优秀实验报告、数据图表、探究心得等进行展示; 组织线上分享会, 邀请优秀小组介绍经验, 开展互动问答; 将优秀成果推送至学校公众号, 扩大展示范围; 展示线粒体起源的内共生学说资料, 引导基于证据推理; 提问“线粒体具有独立 DNA 和核糖体, 这一事实支持内共生学说吗? 为什么?”; 简要介绍细胞呼吸原理在工业发酵、食品保鲜、医学中的应用, 鼓励学生课后查阅分享。

(2) 预设学生行为：提交数字化实验报告，参与自评互评，根据反馈修改完善；利用平台数据分析工具处理实验数据，完成拓展探究任务并提交；查阅展示专区优秀成果，参与线上分享会，学习交流；阅读资料，小组讨论，用证据支持或反驳观点；积极回答问题，体验科学推理过程；对细胞呼吸应用产生兴趣，主动查阅资料准备分享。

(3) 设计意图：数字化报告提交与多维评价促进深度反思；拓展探究任务培养数据分析与探究能力；成果展示实现学习共同体知识共建与辐射；线粒体学说训练科学思维；生活应用联系社会实际，增强社会责任意识。

5. 问题与展望

智慧课堂技术快速发展，但推广应用仍面临现实挑战。首先，技术设备的校际差异问题较为突出。舒桃萍、刘静对 55 所高中的调研显示，仅 3.6% 的学校建有虚拟仿真实验室[11]。数字化反应器、传感器等专业设备成本较高，部分学校难以配置，如何开发低成本、易推广的替代方案值得进一步探索。其次，智慧课堂的构建需要教师转变教学观念、善用技术手段，同时也需要学生的积极参与和自主学习[12]。然而，部分教师的信息技术应用能力尚不能满足智慧课堂的构建需求。再次，虚拟实验与真实体验的平衡需持续探索。李双龙、赵欣指出面向基础动手能力与实体仪器感知的培育目标，需保留并优化实际操作环节[7]。过度依赖虚拟仿真可能导致学生动手操作能力弱化，如何在虚实之间找到最佳结合点，是智慧实验教学需要深入研究的课题。

未来高中生物学智慧课堂可从以下方向持续深化。一方面，开发更多实验项目的智慧化资源，形成覆盖必修模块的智慧课堂资源库。另一方面，结合人工智能技术实现实验误差的智能诊断与反馈。

技术的演进永无止境，但不变的是对核心素养培育的追求——让每一个学生在“做科学”的过程中，真正成为知识的建构者与意义的发现者，这正是智慧课堂研究的根本价值所在。

基金项目

本文系黄冈师范学院教研项目(2024CE20)，校级智慧课程项目(2025CK17)的研究成果。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中生物学课程标准日常修订版(2017 年版 2025 年修订) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2025: 6, 56.
- [2] 人民教育出版社课程教材研究所. 普通高中教科书·生物学必修 1: 分子与细胞[M]. 北京: 人民教育出版社, 2025: 90-96.
- [3] 杨光, 李乐峰. 基于学科融合的酵母菌细胞呼吸方式的探究实践[J]. 生物学通报, 2024, 59(9): 57-61.
- [4] 王丽. 信息技术与高中生物学实验教学的融合创新——以“探究环境因素对光合作用强度的影响”为例[J]. 中学生物学, 2024(5): 52-54.
- [5] 曾昆姣. “VR 模拟 + 创新教具”的生物学实验教学策略研究——以“人类对细菌和真菌的利用”为例[J]. 中学生物教学, 2024(8): 66-68.
- [6] 沈续丰, 沈玮琦. 智慧课堂促进中学生物学实验教学信息化[J]. 中学生物学, 2024, 41(6): 110-111.
- [7] 李双龙, 赵欣. 数字化赋能实验教学的三维逻辑、现实困境与路径突破[J]. 高等理科教育, 2026(2): 83-93.
- [8] 李同同, 吴南中. 服务深度学习的智慧空间: 理念、模型建构与实现路径[J]. 现代教育技术, 2024, 34(6): 133-142.
- [9] 顾晨艳. 信息技术支持下高中生物学智慧课堂的构建[J]. 中学生物学, 2023(7): 22-24.
- [10] 葛美芳. 智慧课堂在高中生物学教学的生成与构建路径分析[J]. 现代盐化工, 2024, 51(1): 140-142.
- [11] 舒桃萍, 刘静. 虚拟仿真实验在高中生物学教学中的应用现状及启示[J]. 生物学教学, 2025, 50(7): 48-50.
- [12] 焦雪. 信息化背景下高中生物学智慧课堂构建策略[J]. 中学课程辅导, 2024(23): 111-113.