

STEAM 教育理念下“线上+线下”混合教学模式初探：以微生物学实验为例

鲁乐乐, 李林珂, 李文华, 郝越, 董海亭, 汤欣妍, 苏春*

陕西师范大学生命科学院, 陕西 西安 710062

鲁乐乐, 李林珂, 李文华, 郝越, 董海亭, 汤欣妍, 苏春. STEAM 教育理念下“线上+线下”混合教学模式初探: 以微生物学实验为例[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1472-1482

Lu Lele, Li Linke, Li Wenhua, Hao Yue, Dong Haiting, Tang Xinyan, Su Chun. The “online+offline” blended teaching mode under the concept of STEAM education: taking Microbiology Experiment as an example[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1472-1482

摘要: 随着信息化手段的不断丰富, 新型教育理念结合线上学习平台的新信息化教学模式成为高校课堂的改革新趋势。本次教学改革利用科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、艺术(Art)和数学(Mathematics)多学科融合的超学科教育理念(简称 STEAM 教育)对教师教学过程进行了整体设计, 同时借助“线上+线下”教学平台对学生学习过程进行了全面优化。将原本分散的验证型、操作型实验重新整合串联成以多角度“项目式”任务为主线、以 Blackboard 线上平台为辅线的自主研究型实验项目。新型教学模式以学生为主体, 给学生提供更多自我展示和讨论互动的平台。从学生的课堂表现、知识测验、课后反馈、实验操作及实验报告 4 个方面对新型模式下的教学效果进行了分析和评价。结果表明, 此模式不仅提高了学生在微生物学实验中的学习质量, 增强了其学习主观能动性, 而且有利于培养和提升学生的问题探究及实践创新能力。这一新型教学模式对其他生物学科实验课程的教学具有一定的借鉴意义。

关键词: STEAM 教育理念; 微生物学实验; Blackboard 线上平台; 混合教学模式

基金项目: 陕西师范大学 2020 “教师教学模式创新与实践研究”专项基金(JSJ2020Z22)

Supported by: Teachers Teaching Mode Innovation and Practice Research Special Fund Project of Shaanxi Normal University in 2020 (JSJ2020Z22)

*Corresponding author: E-mail: suchun@snnu.edu.cn

Received: 2022-01-03; **Accepted:** 2022-02-17; **Published online:** 2022-02-26

The “online+offline” blended teaching mode under the concept of STEAM education: taking Microbiology Experiment as an example

LU Lele, LI Linke, LI Wenhua, HAO Yue, DONG Haiting, TANG Xinyan, SU Chun*

College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China

Abstract: With the continuous enrichment of information technology, the e-education guided by new education concept and combined with online learning platform has become a novel trend of teaching reform in colleges and universities. We introduced science, technology, engineering, art and mathematics (abbreviated to STEAM) education concept to design the overall teaching process and comprehensively optimized the students' learning process by introducing the “online+offline” teaching platform. The original scattered verification and operation experiments were re-integrated into an independent research-based experiment project with multiple tasks as the main line and Blackboard online platform as the auxiliary line. In the novel teaching mode, we taught in a student-centered manner and provided students with more platforms for self-presentation and discussion. Then, we analyzed and evaluated the teaching quality from four aspects: students' performance, knowledge test, after-class feedback, and experimental operation and report. The results indicated that this teaching mode not only improved students' learning quality and subjective initiative in Microbiology Experiments but also cultivated students' ability of problem solving and innovation in practice. This new teaching mode has reference significance for the teaching of experiment courses in other biological disciplines.

Keywords: STEAM education concept; Microbiology Experiment; Blackboard online platform; blended teaching mode

微生物学是生物科学专业的一门重要的专业课程,其实践性强、可视化要求高,在高校生物科学专业教学计划中占有重要地位^[1]。微生物学实验课程既是对微生物学相关理论知识的验证与巩固,也是培养学生无菌意识、操作能力及提高学生实践创新能力的重要环节^[2]。传统微生物学实验运用“教师讲、学生跟着学”的教学方式,虽然注重对前人科学研究结果及方法的验证与模仿,但往往忽视了学生自主创新意识与实践能力的培养,从而导致学生缺乏解决实际问题的能力。此外,由于实验教学时间有限、实验任务繁重和实验原理具有一定难度等原因,导致学生对微生物实验的理解度偏低,最终影响课堂效率

及教学效果。其次,在传统实验教学中,实验报告撰写和课堂实验操作往往成为实验成绩评判的主要依据,这样难以客观有效地评价学生的实际实验水平,从而在某种程度上导致学生的学习积极性不高。

随着信息化手段的不断丰富,“线上+线下”混合式教学模式成为教育教学的研究热点^[3],其通过对网络资源的有效使用,成功提高了学生学习的自主性与课堂效率^[4]。然而,因为缺乏科学的标准和系统的规划,很容易出现对网络资源的盲目使用、忽视课堂学习、线上与线下分离等问题^[5]。STEAM 教育是融合科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、艺术(Art)和数

学(Mathematics)的超学科教育, STEAM 是所涉学科首字母的缩写^[6]。其引导学生以项目任务为驱动,通过联系不同学科间的知识来解决实际问题^[7]。将 STEAM 教育理念融入微生物学实验混合教学模式中,不仅可以给学生指明课前预习的方向、高效利用线上资源开展课堂实践;而且可以引导学生将多学科知识与项目任务串联起来,帮助学生深刻理解实验原理,从而提升其自主学习、问题探究、分析与解决实际问题等各方面的能力。基于此背景,我们构建了一种基于 STEAM 理念的“线上+线下”混合教学模式,并以微生物学实验课程为例对其教学效果和存在的问题进行探讨。

1 教学设计

结合陕西师范大学生命科学学院的教学实际情况,借助 Blackboard 线上教学平台,构建以 STEAM 教育理念为指导的新型“线上+线下”混合教学模式。依据 STEAM 教育理念进行教学设计,可以从“方案设计”“实验成果”和“操作创新”3个角度设计具体的“项目式”学习任务。其中,“设计方案”角度下的预习任务要求学生在查阅资料后以小组为单位拟定具体的实验操作方案,并在课上通过组间讨论和教师指导对方案进行完善。“实验成果”角度下的预习任务为学生提供了实验理论知识和具体操作所需的资料,要求学生预测可能的实验结果并给出相应的解决方案。“操作创新”角度下的预习任务要求学生在知道实验原理的基础上完善实验步骤,并结合所学知识对原有步骤进行创新;同时,可以借助教师课前在 Blackboard 教学平台线上发布的“项目式”学习任务和学习资源包对教学的各个阶段进行优化。学生在课前完成线上任务,带着预习成果和问题进入课堂学习;课上学生以小组为单位

展示预习成果,教师基于 STEAM 教育的跨学科理念加以引导即指导纠错,随后各小组在教师监督下独立进行实验操作;课后学生通过线上平台进行组内互评与师生互动解疑,并完成简易型实验报告。新型混合教学模式下的教学过程包括课前、课中、课后和成绩评价4个阶段(图1),教师根据学生的预习成果、课堂表现、实验报告和组内互评4个方面对学生进行综合评价。

2 教学改革的具体措施

2.1 实施对象

新型混合教学模式首先在本校2019级生物科学(类)专业展开,研究对象共214人,分为实验组和对照组。其中,实验组采取新型混合教学模式,对照组采取传统的线下教学模式。对照组和实验组的实验教学为同一位教师授课且授课内容一致。待实验结束后,统一发放问卷和知识测验并结合学生的课堂表现综合考查不同教学模式下的具体教学效果。

2.2 教学过程

在新型混合模式下的实验教学过程中,学生通过参与方案设计和结果预测、操作创新和工作汇报、角色分工和课堂实践、结果分析和解决问题等多个环节实现了从“提出问题”到“解决问题”的多元化路径,整个教学过程充分发挥了学生的主观能动性。在实验课正式开始之前,学生以课件汇报等多媒体形式向师生展示小组预习成果和问题。教师以评委和学习者的角色参与到师生讨论中并帮助学生开阔思路,同时融会贯通科学、技术、工程、艺术和数学的相关知识展开课堂实验。基于本院历年微生物学实验教学实况和学生的学情反馈,我们为每个实验设计了相应的 STEAM 要素(表1),初步构建了以学生为中心的 STEAM 式小组课堂。

以“微生物的生理生化及酶联免疫反应”这节课为例。课前教师通过 Blackboard 平台上传教学资源包, 同时发布预习任务, 其中实验内容包括大分子水解、乳糖发酵、IMViC 和 ELISA 实验。

学生以小组为单位学习 Blackboard 平台上发布的课程资源包, 提前复习相关基础知识并了解实验原理和步骤, 进而以此为基础完成实验预习表。同时, 学生还需要以小组为单位设计讲解时

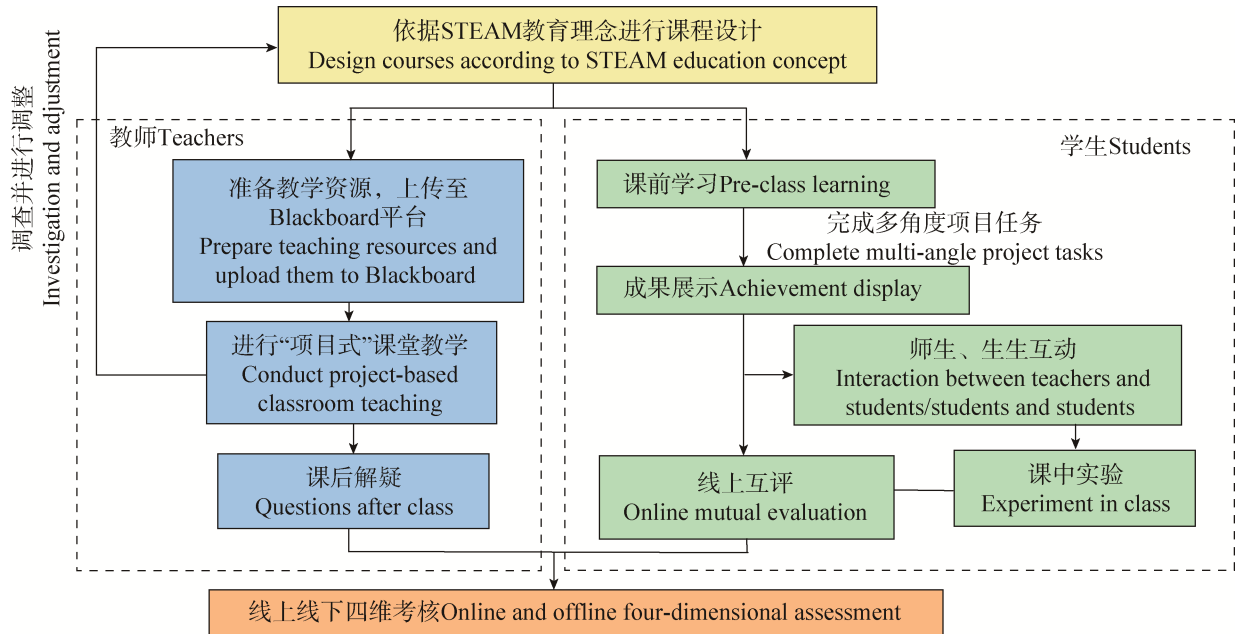


图 1 微生物学实验混合教学模式图

Figure 1 Mixed teaching model diagram of Microbiology Experiment.

表 1 微生物学实验 STEAM 要素分析

Table 1 STEAM element analysis of Microbiology Experiment

实验名称 Experiments	STEAM 要素分析 Analysis of STEAM elements				
	科学 Science	技术 Technology	工程 Engineering	艺术 Art	数学 Mathematics
培养基的配制与消毒灭菌 Preparation of culture medium and its sterilization	灭菌锅灭菌条件(压力、温度、时间等)对灭菌效果影响的探讨; 培养基基础成分的分析及其对微生物生长代谢的影响 Effect of sterilization conditions (pressure, temperature, time, etc.) on sterilization; Analysis of basic components of culture medium and its effect on microbial growth and metabolism	灭菌锅和超净工作台的规范使用; 培养基及其他实验器材的准备与灭菌处理 Standardized usages of sterilizing pot and ultra-clean bench; Preparation and sterilization of medium and other experimental equipment	“牛肉膏蛋白胨培养基”配制方案的设计, 包括实验目的、方法、步骤及注意事项等 Preparation scheme of beef extract and peptone medium (experimental purpose, methods, steps, precautions, etc.)	课件设计及展示表述 Courseware design and presentation	培养基各组成成分含量的计算及确定 Calculation and determination of each component content of medium

(待续)

(续表 1)

微生物的分离、纯化与接种培养 Isolation, purification and inoculation of microorganisms	菌株生长最适条件(包括培养基的种类、pH、温度、湿度、氧气、最佳培养时间等)的方案确定 Determination of optimum growth conditions of strains (including medium type, pH, temperature, humidity, oxygen, optimum culture time, etc.)	接种环、涂布棒的使用; 稀释涂布平板法与平板划线法的具体操作 Usages of inoculation loop and coating rod; Operation of dilution spread plate method and steak plate method	培养基的配制、样品采集、分离培养、目的菌株获得等一系列实验的整 体设计 Design of a series of experiments including culture medium configuration, sample collection, isolation and the acquisition of target strain	结果展示的形象简洁及美观性(例如单克隆菌落的获得及呈现) Visual simplicity and aesthetics of results (e.g. acquisition and presentation of monoclonal colonies)	样品稀释浓度和菌落数目的计算 Determination of sample dilution concentration and colony number
微生物显微观察样品的制备与观察 Preparation and observation of microbiological samples	显微镜工作原理的掌握; 不同染色方法适用范围探究 Exploration on microscope working principle and scope of different staining methods	显微镜油浸式物镜的具体操作 Operation of microscope oil-immersed objective		放线菌、霉菌形态的绘制; 样品制备的科学与美感 Drawing of actinomycetes and mold; The science and beauty of sample preparation	各类菌丝形态、体长、粗细、着生位置等的对比分析 Comparative analysis on the morphology, body length, thickness, and location of various hyphae
微生物大小测定和微生物的显微镜直接计数法 Determination of microbial size and direct counting of microbial microscopes	菌株计数方法的探讨及对实验结果的差异性进行科学分析 Method of bacterial count and the difference of experimental results were analyzed scientifically	显微测微尺和血球计数板的使用 Usages of micrometer and blood count plate	设计并完善原有操作步骤以获得完整、高效的操作流程 Design and improve the original operation steps to obtain a complete and efficient operation process		酵母菌数量计算公式的推理; 微生物大小及数量的测定 Derivation of the calculation formula of yeast quantity; Measurement of microbial size and counting
微生物的生理生化及酶联反应 Physiological, biochemical and enzymatic reactions of microorganisms	微生物鉴定中常用生理生化反应的实验原理及研究意义的探究; ELISA 实验的原理及用途 Experimental principle and research significance of common physiological and biochemical reactions in microbial identification; Principle and application of ELISA experiment	生理生化反应鉴定技术; ELISA 试剂盒的使用 Physiological and biochemical reaction identification technology; Use of the ELISA kits		结果的对比与清晰度(例如淀粉水解实验中透明圈的呈现及实验照片的后期处理) Comparison and clarity of experimental results (e.g. transparent circle presentation and post-processing of photographs in starch hydrolysis experiments)	不同生理生化培养基的分类统计; ELISA 实验待测样品浓度的计算 Classification statistics of different physiological and biochemical medium; Calculation of sample concentration in ELISA experiment

间为 5–8 min 的实验相关课件并在课堂上进行讲解。实验开始之前,各小组代表依次通过课件讲解展示预习成果,教师与助教结合实验预习表、课堂汇报和讨论情况对各组预习成果进行评分,以此作为课前成绩并针对汇报内容中的问题加以指导和课外延伸。在此过程中,学生从之前的被动学习变成了主动讲解,教师则从课堂的主体变成主要引导者。一方面,在一些引起学生激烈讨论的问题中,教师适当给予指导和知识拓展,以加深学生对微生物生理生化反应的理解;另一方面,当学生讨论不积极或汇报内容不深入时,教师会提出一系列实验相关问题来引导学生深入理解和学习实验的原理和操作。在这一改革后的教学环节中,学生针对每项小实验进行了发散式的结果预测并给出相应的解决方案。例如,学生在 ELISA 实验中提出:当所有微孔板中液体颜色很淡 OD 值读数过小时或液体颜色过深 OD 值读数过大时的相应解决方案等。因此,整个课件的展示和讨论过程大大地提升了学生学习的主体意识。待课堂汇报展示结束后,教师会对实验的重难点以及注意事项进行强调并组织学生进行分组实验。分组实验期间教师将根据实验操作的规范性、实验完成度和小组协作情况对各组进行评分并以此作为课堂成绩。

通过实验预习表的完成、预习成果的汇报、组间讨论和课堂实验等环节,学生已经完成了从提出问题到解决问题的过程。课后,教师通过审阅实验报告帮助学生进一步加强知识巩固与自我反思,学生也可以前往线上平台发表疑问或质疑,参与到师生的互动解疑中。不同于传统的实验报告形式和内容,学生不需要撰写各项实验的实验目的、实验原理、实验方法和实验步骤,只需说明实验结果并进行周密的结果分析。这一教学环节改革使得实验报告更加简易化,学生从以前的机械重复书写原理转变成改革后基于对实验原理深入理解后的实验结果分析与总结。此外,学生不仅是课堂的主体,也是评价的主体,学生可以在 Blackboard 平台上对组内成员进行评价,评价依据包括但不限于:(1)组内成员完成预习任务时的分工和态度;(2)组内成员在实验操作时的表现等。这一组内互评环节不仅可以帮助学生辩证地看待自己和同伴,也可以加强学习激情和互动效果。

整个实验结束后,教师将结合课前、课中与课后成绩对学生进行综合评价。具体评价项目及各项的评价标准如表 2 所示。课程考核是实验教学的重要组成部分,是检验学生对所学知识的理解程度以及运用知识解决实际问题能力的

表 2 学生成绩的四维评价表

Table 2 A four-dimensional evaluation of student achievement

评价项目	评价依据	占比
Assessment items	Evaluation basis	Proportion (%)
预习成果	实验预习表、小组课件展示、课堂讨论情况等	40
Preview results	Experimental preview table, group courseware presentation, classroom discussion, etc.	
实验操作	实验操作的规范性、完成度以及小组协作等	30
Experiment operation	Standardization and completion of the experimental operation and group collaboration	
实验报告	实验结果、结果分析	20
Lab report	Experimental results and analysis	
线上学生互评	组内成员完成预习任务时的分工、态度等;组内成员在实验操作时的表现等	10
Online mutual assessment	Group division and learning attitude when students finish their preview task; students' performance in experimental operation	

重要手段,也是衡量教学效果的标准^[8]。传统微生物学实验的评价往往以实验报告和具体实验操作为主,评价方式过于单一,未体现学生真实的实验水平,考核结果的优良程度也难以引起学生的重视。因此,本项教学改革提出了基于预习成果、实验操作、实验报告和线上学生互评 4 个维度的多元评价模式。将单一的终结性评价改为以过程性评价为主、终结性评价为辅的评价方式。此评价方式注重考查学生在预习和实验过程中的表现,可以更加全面系统地反映学生对理论知识及实验操作技能的掌握情况,从而保障了课堂的效果、激发了学生的学习动力,使得新型混合教学模式处于一个积极运转和自主更新的状态。

3 教学改革的具体教学效果

我们从学生的课堂表现、知识测验、课后反馈、实验操作及实验报告 4 个方面对两种模式下的教学效果进行比较。同时,从能否加深学生对实验原理的理解、激发学生的学习自主性、培养学生的问题探究与实践创新能力等多个维度对新型教学模式进行考量。

3.1 课堂表现

(1) 学生对微生物学实验的学习积极性增强

基于学生课堂提问次数、问题回答情况两个方面比较两组学生的学习积极性。实验组课上平均提问次数明显高于对照组,学生提出的问题也富有新意。例如,不同接种方法的使用背景有哪些不同、为什么明胶水解实验使用穿刺接种法等。这从侧面反映了实验组学生的学习积极性与学习态度优于对照组。知识讲解后,教师往往会就对实验重点知识进行简要总结和提问,可以明显发现实验组对教师提问的反应度和积极性更高,同时回答质量也优于对照组。这可能得益于新型教学模式下的实验课堂开展的是以学生为主体的主动学习。不仅如此,在此过程中更多地给予

了学生成果展示、讨论互动的平台,这也有效地激发了学生的学习潜能,并增强了学生的学习体验感与成就感,进而提高了学生对微生物实验的学习积极性与主动性。

(2) 新型模式有助于提升学生的自主学习、问题探究和语言表达能力

课前预习、成果汇报和讨论互动是正式实验前的必备工作。首先,经过较为详尽和深入的课前预习后,实验组学生带着问题走进课堂,化被动为主动,师生进行热烈讨论,学生的学习自主性明显提高。其次,成果汇报教学环节营造了良性竞争的氛围。由于部分小组讲解相同内容,汇报人会临时调整相应重复内容并突出本组特色,该过程有助于培养学生的临场应变能力和语言表达能力。再次,汇报结束后学生以小组为单位进行组内、组间讨论并解决预习过程中遇到的问题,如某一小组就“ELISA 实验中加入酶标试剂前是否需要用洗涤剂清洗”与老师和同学展开了激烈讨论。这有效强化了学生的问题探究意识,促进了学生对实验内容的深入思考和理解。

3.2 知识测验

学习成绩是评价教学效果的直观依据。在实验课前后我们通过“问卷星”向实验组和对照组分别发放两次知识测验,以此比较两组学生的成绩提升情况。实验组共发放 109 份,有效回收 88 份,有效回收率为 80.7%。对照组发放 105 份,有效回收 89 份,有效回收率为 84.8%。两次测验难度一致,测验内容包括本次实验的实验原理、实验步骤和实验结果的判定与分析。运用 SPSS 22.0 软件统计分析结果显示,实验组和对照组在课前成绩无显著性差异(表 3),课后存在显著性差异并且实验组学生的平均成绩比对照组高 10.2 分(表 4)。由此可见,以 STEAM 教育理念为指导的新型混合教学模式下,实验组学生的知识掌握程度更好,学习成绩大幅度提升。

表 3 实验组和对照组微生物学实验课前测验成绩比较

Table 3 Comparison of pre-test scores in Microbiology Experiment between test and control groups

组别	实验组	对照组
Group	Test group	Control group
学生人数 Students	88	89
测验成绩($\bar{x} \pm SD$)	22.67±12.29	20.73±11.96
Test score ($\bar{x} \pm SD$)		
t 值 t value	1.064	
P 值 P value	0.289	

表 4 实验组和对照组微生物学实验课后测验成绩比较

Table 4 Comparison of post-test scores in Microbiology Experiment between test and control groups

组别	实验组	对照组
Group	Test group	Control group
学生人数 Students	88	89
测验成绩($\bar{x} \pm SD$)	42.73±7.11	32.53±12.32
Test score ($\bar{x} \pm SD$)		
t 值 t value	6.755	
P 值 P value	<0.001	

3.3 课后反馈

学生对新模式下的学习效果认可度提高。实验课后,向实验组(88人)和对照组(89人)分别发放了调查问卷。问卷涉及问题包括:学生能否自主学习并拓展相关实验知识、深刻理解实验原理,学生能否积极发现问题、利用多学科知识解决问题,实验是否有助于提高创新思维能力,以及学生能否互相配合并高效合作,是否能学习到新的实验方法和技能等方面。具体结果如图2所示。从调查结果的整体情况来看,约95%的学生对此次教学改革实验的评价为非常认可和认可。其中60.71%的学生完全认可新模式下的学习效果,与对照组的44.30%形成较为鲜明的对比;同时14.77%的对照组学生认为传统教学模式一般,与实验组的5.03%再次形成对比。因

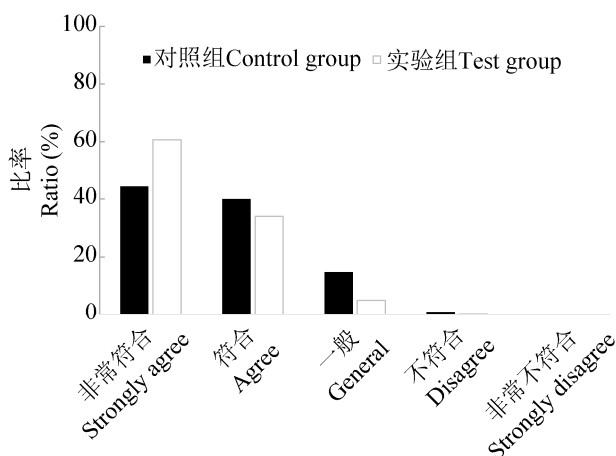


图 2 教学效果反馈及整体对比分析

Figure 2 Feedback and overall comparative analysis of teaching effect.

此,学生在新型教学环节中的满意度远高于传统教学,这也显示了新模式在微生物学实验教学适用性的良好前景。

为进一步了解学生对此次教学改革的体验感和评价度,我们就每一调查问题深度分析了学生对此次教学效果的反馈情况(图3)。实验组在每一调查问题下“非常满意”的比率全部明显高于对照组,而认为“一般”的比率则全部低于对照组。其中实验组59.09%+36.36%的学生可以自主学习并拓展相关实验知识,同时有63.64%+35.23%的学生认为实验可以加强团队协作,进而高效学习。由此可见,课前预习、课堂汇报与讨论等环节的加入在调动学生学习积极性、提高学习效率方面效果显著。此外,学生对实验原理和新实验技术的掌握程度同样是我们判断学生学习成效的重要指标。调查结果显示95%以上的学生对此感到满意,这再次印证了学生对教学改革的认可。特别值得关注的是,95%以上的学生认为新模式有助于培养其创新思维能力,这可能得益于教改中的STEAM教育理念指导下的“项目式”学习模式。由于学生在完善实验步骤、预测实验结果和进行实验设计的同时查阅文献、集思广益,

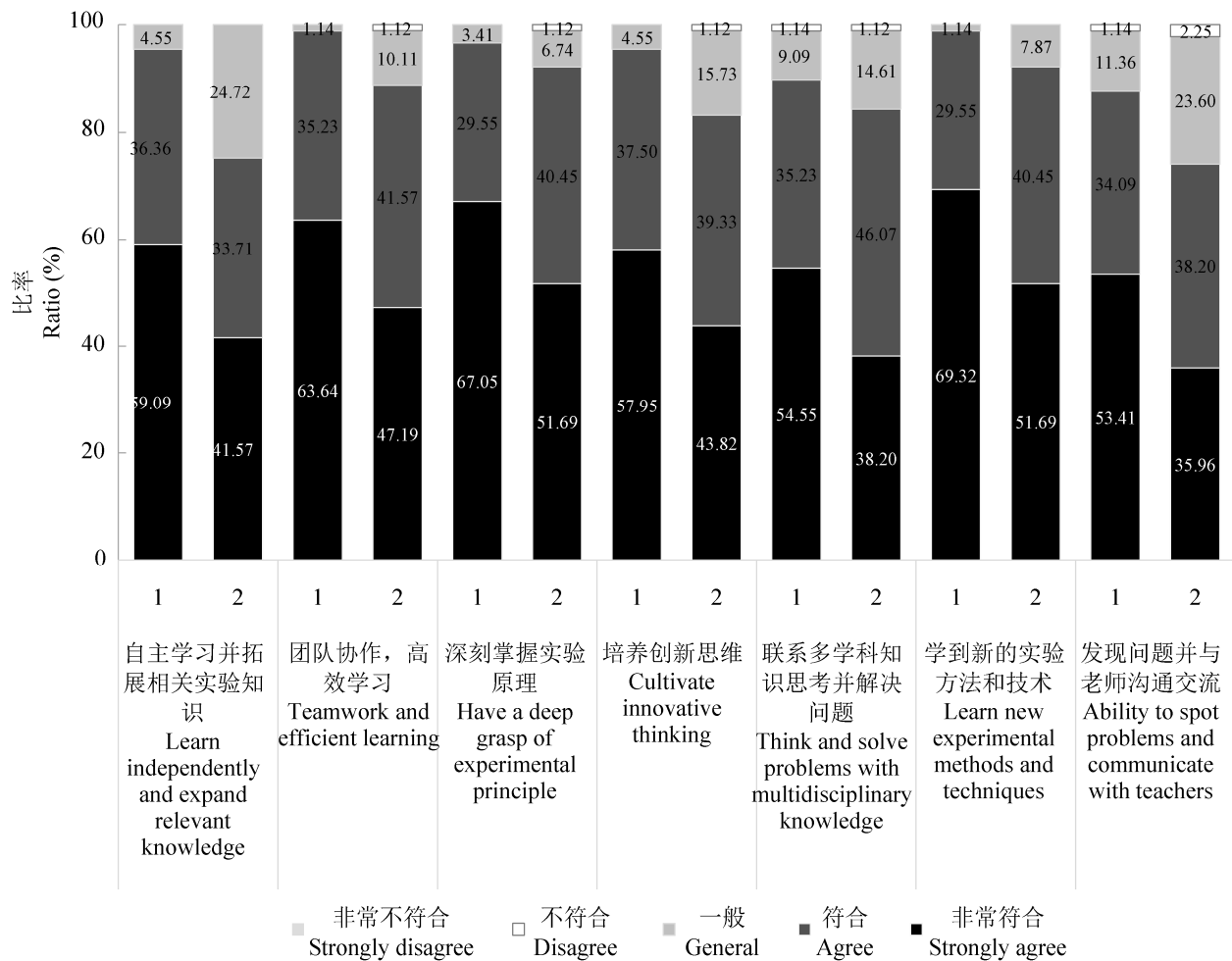


图 3 教学效果反馈及具体对比分析 1: 实验组; 2: 对照组

Figure 3 Feedback and specific comparative analysis of teaching affect. 1: Test group; 2: Control group.

因此更容易关注到平时难以发现的问题, 提出新的观点。以上数据均体现出在新模式教学下, 学生普遍认为各个实验环节可以帮助他们深刻理解实验原理, 同时有助于提高自主学习、发现并解决问题、实验创新和团队协作等各方面能力。

另一方面, 相较于对照组, 只有 35.96% 的学生对“课堂上能及时发现问题并与教师沟通交流”这一问题“非常认可”, 实验组的认可程度明显偏高, 但仍有约 15% 的学生“不认可”或“非常不认可”这一调查问题下的教学效果。这也提示在课堂教学环节中, 指导教师应采取相应的措施进一步加强课堂气氛的调动, 尽可能让所有学生参与到讨论互动中。例如, 教师应多基于真实情境引导学

生发现问题、展开联想, 进而培养学生的创新思维及发现问题和解决问题的能力; 再如, 教师可以在课前与课中向学生发放实验预习表中的共性问题, 激励学生通过头脑风暴在课上进行深入思考并积极参与到师生互动中去。此外, 有 10.23% 的学生反映其难以在课堂上联系多学科知识思考并解决问题。这主要是由于单项实验有时无法融入 STEAM 理念的全部要素, 学生跨学科能力的培养更非一朝一夕。因此, 教师需宏观把握 STEAM 理念在整个实验课程教学中的指导作用, 进一步完善多学科元素在整体课程中的融入, 将 STEAM 教育理念深入应用于教学资源包的准备、师生讨论互动和实验操作等各项教学环节的设计中。

3.4 实验操作及实验报告

新型模式有助于培养学生的问题探究意识与实践创新能力。一方面,学生的测验成绩并不能直接说明学生的能力提高情况;另一方面,课后反馈只是基于学生的自我主观评价,也不具有客观说服力。因此,我们对两组学生的具体实验操作和撰写的实验报告展开了更为深入全面的追踪,从而分析新型教学模式是否真正有助于提升学生的各方面能力。

通过观察两组学生实验操作相关过程,我们发现以下不同表现。首先,对照组更容易犯低级错误。例如将甲基红等检测试剂直接倒入平板中、将菌种划线接种到明胶培养基上,以及观察明胶水解现象时未能放入 4 °C 冰箱冷冻处理等。然而实验组整体表现突出,比较了解实验相关操作步骤及注意事项,同时能就给定的操作流程提出质疑。例如 ELISA 实验中空白组的试剂总量是否需与实验组保持一致、柠檬酸钠斜面培养基垂直放置培养的后果等。问题的发现与解决帮助学生更深入地理解实验原理,同时有助于培养学生问题探究的能力。此外,我们还发现实验组往往能够带着预期结果进行实验和观察,一旦发现实验结果与预期不符,会与教师及其他的小组成员展开讨论,确保实验的有序进行。在整个实验过程中,实验组既能做到心中有数又能及时处理突发情况,相比于传统模式下的“教师讲解示范,学生跟做”,学生的主人翁意识明显加强。同时,由于课前预习和课堂表现的考核均包括组内分工,学生的实验参与度大大增加,有效避免了“一人操作、多人观看”的现象。基于以上现象我们得出结论:(1) 在新型教学模式下,学生的实验操作失误次数减少,同时学生更容易发现问题并对实验进行合理分工;(2) 实验组更善于独立思考,可以较为全面客观地分析与解决实验过程中出现的问题。

通过分析两组学生提交的实验报告,我们进一步发现以下区别:(1) 由于新模式要求学生完

成操作创新角度下的预习任务,我们发现部分学生可以对实验步骤进行完善和创新。例如,以液体培养菌种代替固体斜面培养、以注射器等量接菌代替接种环取样,有效缩短了实验时间、降低了菌种污染概率和实验误差。再如,吡啶实验中以色氨酸肉汤替代蛋白胨水培养基既可以减少乙醚萃取吡啶的实验环节,同时实验结果也更加明显。(2) 实验组学生能够对操作过程中出现的问题进行辩证性思考,举一反三并开展创新性实践活动。例如,部分小组基于甲基红实验中出现的假阳性现象,提出“甲基红试剂灵敏度下降”和“产气肠杆菌通过某种特殊代谢路径产生酸性物质或其代谢产物通过某种化学反应使得溶液暂时显酸性”两种假设,并借助氨水进行实验验证其猜想。同时,还有学生通过学习 ELISA 试剂盒的实验原理,进而关注到其在水环境监测、畜产品的质量安全检测和病毒抗体检测等领域的应用前景,并能自发地进行讨论。相比之下,对照组学生往往只是在实验报告中简单写明实验结果,过多关注于实验方法等的机械抄写和所占篇幅,未能将实验原理与所得结果有机地结合和转化。由此可见,新教学模式不仅提高了学生的实验效率,而且使得学生在发现问题和解决问题的过程中更为深入地理解实验原理,同时也培养和提升了他们的问题探究意识和实践创新能力。

4 总结与反思

本次教学改革利用 STEAM 教育理念下的“线上+线下”混合教学模式,督促和引导学生完成了课前的多角度“项目式”任务,同时重视跨学科要素在学生课堂实践中的指导作用。通过课前预习、课上课件汇报、生生互动与师生互动、过程性多维评价等创新性教学环节,激励学生自主学习、思维发散、积极讨论和高效实验。实验结束后,基于对照组和实验组的课堂表现、课后反馈和知识测验,分别从

主客观角度分析了新型教学模式对于提高学生自主学习积极性、强化学生自主学习、语言表达、发现并解决问题等能力的积极作用。除此之外,通过全面追踪两组学生的实验操作过程,进一步得出了新型模式有助于学生深入理解实验原理、培养学生的问题探究意识和实践创新能力的结论。

该教学改革模式在具体教学和实施过程中,还有两点值得注意之处,需要教师具体把握:(1)教师需宏观把握 STEAM 理念在整个实验课程教学中的指导作用。STEAM 理念中的 5 个基本要素不仅代表相应的学科知识,更强调各要素之间的有机融合,而唯有较长时间的学习应用,方可真正培养学生的跨学科能力。因此,教师不必过度强调在单项实验中融入 STEAM 理念的全部要素,更应该注重各项实验间的衔接,确保跨学科知识在整体实验课中的渗透,进而培养学生利用跨学科知识自主地解决实际问题的能力。(2)教师需适时调整教学设计,合理安排学生学习时间。本次教学改革尤其注重学生最终获得知识和解决问题能力的培养和提升,因此,教学设计中更加关注学生的课前学习与课中表现环节。由于学生课前进行了充分的准备工作,其课上对于实验的理解和把握才更加透彻;同时,也正是因为学生的课前学习,使得教师在课堂上的讲解时间减少、学生动手实践时间增加,从而进一步培养了学生的动手能力。然而,由于学生在课前学习阶段所用于复习理论课程及设计实验课程的时间则相对增加,所以我们通过简化课后实验报告,相应地补偿了学生课前投入所占用的学习时间。这样对学生来说,整体的学习时间并不会较以往延长很多,但收到的学习效果却会倍增。虽然如此,教师依然需要根据具体实验任务与学生及时沟通,适时调整教学改革各个环节所占比重,进而减轻学生的学习负担,从而使得这一教改模式可以在生物

学专业其他实验课程中得到很好的应用与推广。

REFERENCES

- [1] 殷利眷,王洪彬,满淑丽,滕玉鸥,罗学刚,李玉.微生物学实验课程思政教学改革与探索[J].生物工程学报,2021,37(4):1434-1442
Yin LJ, Wang HB, Man SL, Teng YO, Luo XG, Li Y. Ideological and political education in Microbiology Experiment: reform and exploration[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(4): 1434-1442 (in Chinese)
- [2] 张霞,张雁,陈峰,夏娟.微生物学实验混合式教学实践与评价[J].微生物学通报,2020,47(5):1615-1620
Zhang X, Zhang Y, Chen F, Xia J. Practice and evaluation of blended teaching in Microbiology Experiments[J]. Microbiology China, 2020, 47(5): 1615-1620 (in Chinese)
- [3] 陈珂.高校混合式教学模式下的课程设计:基于118条学习者日志的实证研究[J].青年记者,2021(6):118-119
Chen K. Curriculum design under blended teaching mode in colleges and universities: an empirical study based on 118 learner logs[J]. Youth Journalist, 2021(6): 118-119 (in Chinese)
- [4] 程旺开,李囡囡.基于云班课的线上线下混合式教学模式在高职微生物学教学中的探索与实践[J].微生物学通报,2018,45(4):927-933
Cheng WK, Li NN. Online and offline teaching models based on cloud class in higher vocational Microbiology teaching[J]. Microbiology China, 2018, 45(4): 927-933 (in Chinese)
- [5] 刁红丽,夏世斌,黄永炳,刘艳丽.基于SPOC和翻转课堂的《环境微生物学》混合式教学应用探讨[J].教育现代化,2019,6(60):162-163,166
Diao HL, Xia SB, Huang YB, Liu YL. Application of Environmental Microbiology blended teaching based on SPOC and flipped classroom[J]. Education Modernization, 2019, 6(60): 162-163, 166 (in Chinese)
- [6] Connor AM, Karmokar S, Whittington C. From STEM to STEAM: strategies for enhancing engineering & technology education[J]. International Journal of Engineering Pedagogy, 2015, 5(2): 37
- [7] Yakman G, Lee H. Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea[J]. Journal of the Korean Association for Science Education, 2012, 32(6): 1072-1086
- [8] 曹雪丽,卓亚琦,夏雄平,文剑锋.大学理工科课程考核方式改革思考[J].科学大众:科学教育,2019(1):153-154
Cao XL, Zhuo YQ, Xia XP, Wen JF. Reflections on the reform of examination methods for university science and engineering courses[J]. Popular Science, 2019(1): 153-154 (in Chinese)