

新医科背景下医学微生物学实验教学改革探索与实践

王艳凤[#], 赵国星[#], 刘艳华, 路玲玲, 彭茜, 刘寅^{*}

南开大学 医学院, 天津 300071

王艳凤, 赵国星, 刘艳华, 路玲玲, 彭茜, 刘寅. 新医科背景下医学微生物学实验教学改革探索与实践[J]. 微生物学通报, 2025, 52(7): 3326-3339.

WANG Yanfeng, ZHAO Guoxing, LIU Yanhua, LU Lingling, PENG Xi, LIU Yin. Exploration and practice of teaching reform of Medical Microbiology Experiment under the background of new medicine[J]. Microbiology China, 2025, 52(7): 3326-3339.

摘要: 新医科的核心是复合型医学人才的培养, 而专业核心课程医学微生物学实验对培养学生的创新意识、实践能力和高阶思维有着不可替代的作用。在新医科背景下, 针对学生自主学习难维持、跨学科及转化应用能力弱、科研创新思维未形成、课程思政难内化、考核评价缺乏全面考量等痛点问题。经过几代人的传承, 以学生的发展为中心, 从重构具备新医科特色多层次实验教学内容、融入成果导向实验课程思政体系、革新混合式实验教学模式、打造课内外教研协同育人新范式、构筑“多元化+挑战度”考核评价体系 5 个方面建立适合复合型拔尖医学人才培养“五位一体”实验教学体系。结果表明, 课程改革在夯实医学生专业知识与技能、提高学习内驱力与临床转化应用能力、提升科研创新潜力、培养人工智能(artificial intelligence, AI)素养、提升医学人文精神及职业道德素养等方面发挥积极作用, 为高等医学院校实验课程改革提供了范式和经验。

关键词: 医学微生物学; 新医科; 课程建设; 医学人才; 教学实践

资助项目: 南开大学四新专业实验教学改革项目(24NKSYSX11); 南开大学本科教育教学成果改革项目(NKJG2024199); 南开大学自制实验教学仪器设备项目(24NKZZYQ10)

This work was supported by the Nankai University Four New Major Experimental Teaching Reform Project (24NKSYSX11), the Nankai University Undergraduate Education and Teaching Achievement Reform Project (NKJG2024199), and the Nankai University Self-made Experimental Teaching Equipment Project (24NKZZYQ10).

[#]These authors contributed equally to this work.

^{*}Corresponding author. E-mail: liuyin@nankai.edu.cn

Received: 2024-11-22; Accepted: 2025-01-20; Published online: 2025-02-17

Exploration and practice of teaching reform of Medical Microbiology Experiment under the background of new medicine

WANG Yanfeng[#], ZHAO Guoxing[#], LIU Yanhua, LU Lingling, PENG Xi, LIU Yin^{*}

School of Medicine, Nankai University, Tianjin 300071, China

Abstract: The core of new medicine is the training of compound medical talents, and the development of professional core curriculums provides all-round support for talent training. Medical Microbiology Experiment is a professional core course for clinical medicine and optometry medicine, playing an irreplaceable role in cultivating students' consciousness of innovation, practical ability, and high-order thinking. Under the current teaching paradigm, students have difficulty in maintaining self-learning, weak interdisciplinary and translational application ability, lack of innovative thinking in scientific research, and poor internalization of curriculum ideology and politics, and teachers lack comprehensive consideration in the assessment and evaluation of students. In view of the problems above and under the background of new medicine, the teaching team in our university focuses on the development of students for years and establishes a "five-in-one" teaching system for Medical Microbiology Experiment from reconstructing multi-level teaching contents with characteristics of new medicine, integrating outcome-based education (OBE) into the ideological and political system, reforming the blended teaching mode, creating a new paradigm of collaborative teaching and research in and after the class, and building a "diversity+challenge" teaching evaluation system. This teaching system is suitable for training professional, innovative, and composite top-notch medical talents. The results show that the teaching reform plays a positive role in consolidating medical students' professional knowledge and skills, stimulating their learning enthusiasm and creativity, training students to use artificial intelligence to solve medical problems, and improving medical humanistic spirit and professionalism. It helps to realize the goal of training compound medical talents under the background of new medicine and provides a paradigm and experience for the reform of experimental courses in medical colleges.

Keywords: Medical Microbiology; new medicine; curriculum development; medical talents; teaching practice

2018 年, 相关部门首次提出“四新”建设思路, 为“新医科”建设指明方向(<https://www.toutiao.com/article/7486095454996906511/?wid=1751597193483>)。2020 年, 相关文件进一步明确“新医科”建设的指导思想和改革举措, 并以“新医科”引领医学教育创新发展^[1]。“新医科”适应全球科技革命、生命科学、医学和教育模式发展, 强调学科交叉、系统集成、先进技术支

撑, 其核心是致力培养科学基础厚、实践能力强、综合素质高的复合型拔尖医学人才, 是服务于健康中国、创新型国家发展及教育强国的重要举措^[2-4], 其指导下的专业核心课程教学创新势在必行。

我校医学微生物学实验是针对临床医学专业、眼视光医学专业开设的一门专业核心课程, 共 32 学时, 2 学分, 开课于大学二年级秋

季学期,其核心教学目标是训练及实践医学病原微生物的生物学性状、致病机理、诊断技术和特异性防治等相关知识的实验操作能力,对培养学生的创新意识、实践能力和科学素养等方面发挥着不可替代的作用^[5-6]。作为专业主干课程,该课程建设及创新需要对接我国高等医学教育发展方向,以适应未来医学发展和健康需求的变化。但在“新医科”背景下面临实验知识及技术更新迭代迅速、学生持续自主学习能力难维持、人工智能素养薄弱、跨学科及转化应用能力弱、科研创新思维尚未形成、课程思政难内化、成绩考核缺乏全面考量等痛点问题。经过几代人传承,以学生的发展为中心,从重构具备新医科特色多层次实验教学内容、融入成果导向实验课程思政体系、革新混合式实验

教学模式、打造课内外教研协同育人新范式、构筑“多元化+挑战度”考核评价体系五方面建立起适合复合型拔尖医学人才培养“五位一体”实验教学体系(图1),也为符合新医科建设需求的高等医学院校实验课程改革提供范式和经验。

1 课程建设与探索历程

经过几代人的传承,教学团队始终秉承“与时代俱进,以学为中心”教改理念,将医学微生物学实验打造成为教学资源丰富、教学内容充实、教学方法先进、教学评价合理、授课人数广泛、深受学生欢迎的精品一流课程。

1.1 传统教学模式阶段(2013年之前)

2013年之前主要以教师为中心,实验项目多为验证性实验,学生依靠教师讲授、演示实



图1 医学微生物学“五位一体”实验教学体系

Figure 1 “Five-in-one” experimental teaching system of medical microbiology.

验内容获取知识与技能。2013 年注重培养学生的生物安全意识, 增设参加实验室生物安全培训机会。此阶段缺乏综合性及开放性实验, 教学内容和临床实践脱节, 无法提供涉及高致病性病原体实践操作训练, 也缺乏对学习过程的全面考量。

1.2 信息化教学与混合式教学模式探索阶段(2014–2018 年)

此阶段增设开放性实验内容, 拓展学生的实验设计能力, 鼓励学生将有价值的结果作为素材编写科普推送、服务社会大众; 制作丰富的实验微课视频, 结合翻转课堂开展线上线下混合式教学, 充分利用课前线上时间以提高课堂效率, 同时拓展课外实践项目促进学生科研创新思维的形成; 教学团队积极探索数字化赋能实验教学的新途径, 开发完成“临床样本病原微生物检测虚拟仿真实验”等 10 余项虚拟仿真实验, 并联合其他教学手段“以实补虚, 干湿结合”的方式支撑虚拟仿真实验的开展。

1.3 基于新医科的初步改革探索阶段(2019–2021 年)

此阶段教学团队在新医科指导下, 融合课程思政, 逐步扩充实验内容与信息化与智能化的交叉融合, 融入学科的研究热点及教师的科研成果, 开展以问题为导向的教学(problem-based learning, PBL)、以案例为导向的教学(case-based learning, CBL), 以突出综合性实验特色、提升学生的参与度, 并注重产学研合作及实验教学成果的产业转化, 改革评价体系从重结果到重过程进行转变。此阶段联合应用多种教学方法提升学生的学习内驱力, 但部分学生自主学习动力难维持, 在 PBL 及 CBL 教学实施过程中, 面临学生知识储备、探究能力不足及教师设计高质量项目难度高等问题, 同时学生对课程思政内化和应用能力弱, 其教学效果难以评估。

1.4 基于新医科的智能信息化教学模式深度构建与优化(2022 年至今)

此阶段课程融入大语言模型(large language models, LLM)智能助教, 构建基于问题探究的

深度学习实验教学模型; 同时构建基于成果导向的医学微生物实验课程思政教学模式, 并着手搭建网络版实验课程思政共享体系; 教学团队着手开设“服务学习-远离传染病”“服务学习-认识常见病”“服务学习-免疫与健康”“针对新发传染病的生物安全与应急处置实践”等基于“医学微生物学实验”的相关实践选修课以及“高阶医学微生物学”高阶课程。这些选修课和高阶课的设立对支持学有余力医学生的专业发展、提高全体学生在病原学知识领域的素养、提高医学生服务社会公众的能力提供了有力支持, 也有助于优化医学微生物学实验核心课教学内容和在教学中设计出更多有深度的思考题和创新创业实践项目。

2 学情分析及改革对策

对标新医科对复合型拔尖创新医学人才的培养目标, 凝练本实验课程在新医科建设背景下痛点问题及改革对策, 包括:

(1) 学生的学习主动性高但持续自主学习动力难维持

学生思维活跃, 学习动力足, 传统实验教学模式缺少吸引力、课后学习资源不足或难度高, 导致学生自主学习的能力难维持。需充分利用微课、精品课等思维可视化资源, 并营造有助于学生进行深度学习的混合式实验教学模式。尝试利用人工智能手段变革教师的教学方式, 更新学生获取知识的渠道。课后辅以丰富的实践选修课及高阶课程, 拓宽学生知识广度, 激发学生持续自主学习内驱力, 满足深入学习的渴望。

(2) 学生的跨学科、转化应用能力弱及科研创新思维尚未形成

学生缺乏跨学科知识融合的训练、临床案例对思维的训练以及科创课题的实践。医学微生物实验教学内容与其他学科交叉融合日益增多, 亟须拓宽与材料科学、生物信息学、基因组学、免疫学、检验学及人工智能等多学科融通的知识结构。通过“问题”+“临床案例”研讨的

方式培养学生基础联系临床和理论转化临床应用的实践能力。鼓励学生参加课内开放性实验项目和课外大学生创新创业计划项目,培养学生的科研创新思维。

(3) 实验课程思政未成体系,其教学效果难以评价

针对课程思政教育未成体系,学生对课程思政内化和应用能力弱,教学效果难以评估。基于成果导向育人理念,构建“教学设计-教学实施-成绩考核-教学评价-持续改进”闭环运行的课程思政质量保证体系。采用“以学生为中心,多元主体协同”的评价反馈机制,从知识、情感与价值观、行为 3 个不同维度进行实验课程思政教学效果的综合考量。

(4) 实验教学考核评价体系单一,缺乏挑战度

在评价方式上,采用基于教与学全过程,学生、教师双重角色的“诊断性+过程性+终结性+附加分”相结合的评价模式;在评价内容上,增设考核学生高阶创新思维、人工智能素养、多学科交叉融合及科研潜力的附加内容,提高挑战度。通过打造“多元化+挑战度”的实验课程考核评价体系,提升学生自主学习的持续动力。

3 课程改革举措

3.1 实验教学目标

实验课程教学目标要与新医科的建设要求环环相扣,基于价值塑造、知识传授、能力培养的人才培养模式有助于实现新医科指导下的理论知识深厚、实践能力强与专业素养高的教育目标^[7]。基于临床医学专业、眼视光医学专业的人才培养目标,从知识、能力、情感与价值观 3 个维度细化实验教学目标:(1) 知识目标:掌握系统的医学微生物学实验知识,熟练进行微生物形态观察、分离培养、生理生化鉴定等实验操作技能,分析不同系统常见病原体感染的临床诊断、预防与治疗应用案例,跟踪了解最新的微生物领域实验技术进展,具备跨

学科知识点交叉融合的综合视野;(2) 能力目标:提高医学生的自我管理、信息素养、生物安全意识、医患沟通与团队合作能力,培养批判性思维、科研创新及探索能力,根据已知的病原体特征建立未知病原体的研究策略,善于运用人工智能手段破解医学问题、更新专业知识、设计实验方案;(3) 情感与价值观目标:引导学生自觉运用马克思主义哲学原理分析和解决医学问题,促使医学生树立正确的人生观、世界观和价值观,具备全球健康理念及全健康理念、家国情怀以及严谨求真的专业精神,通过医学实践增强人文关爱意识及社会责任感,践行社会主义核心价值观。

3.2 重构具备新医科特色多层次实验教学内容

重视生物安全教育基础上,通过系列虚拟仿真实验打破学习资源的时空限制;结合当今医学微生物领域与多学科交叉融合发展趋势,在医学微生物实验教学项目中逐步进行与生物信息学、基因组学、材料科学、检验学、人工智能等跨学科内容融合,进行知识体系重构;设置验证性实验、综合性实验、开放性实验和创新创业探索性实验 4 层次的实验项目;同时课后辅以丰富的实践选修课及高阶课程,激发学生持续自主学习的内驱力(表 1)。

3.3 融入成果导向实验课程思政体系

立德树人是教育的根本任务,课程思政是新时代落实立德树人根本任务的新要求^[8-9],团队积极挖掘和梳理医学微生物实验课程蕴含的思政元素,将知识原理、实践应用和思政元素相融合(表 1)。依据课程所支撑的毕业要求,引入成果导向教育(outcome-based education, OBE)理念(图 2),首先凝练覆盖全部实验项目的思政目标和价值塑造点,使专业教育和价值教育结合具有系统性;其次融合第一课堂和第二课堂,让学生在知识传授、思辨讨论、课后实践中领悟思政教育;再次采用多元多维的考核评价体系,“以学生为中心,多元主体协

表 1 医学微生物学实验课程内容体系

Table 1 Medical Microbiology Experiment curriculum system

知识传授 Knowledge imparting	课时 Class hour	能力培养 Ability training	价值塑造 Value shaping	新医科特色 New medicine feature
实验室生物安全培训 Laboratory biosafety training	2	培养良好的生物安全意识 Develop good biosafety awareness	提高专业责任感及实验室安全意识 Professional responsibility and laboratory safety awareness	开展“生物安全三级实验室结构和功能虚拟仿真实验”，并利用虚拟现实(virtual reality, VR)技术模拟不同的生物安全场景和应对措施进行生物安全培训 Carry out “virtual simulation experiment on structure and function of biosafety level III laboratory”, and use VR to simulate different biosafety scenarios and countermeasures for biosafety training
微生物的形态特征观察 Observation of morphological characteristics of microorganisms	2	探索、分析及破解医学问题能力 Explore, analyze and solve medical problems	严谨求真的实验态度及探索科学问题的热爱 Rigorous and truth-seeking experimental attitude and love to explore scientific problems	开展“结核分枝杆菌抗酸染色虚拟仿真实验”，并利用 AI 的图像识别技术，自动识别和分类微生物样本，帮助学生快速并准确地识别病原微生物 Carry out the “irtual simulation experiment of acid-fast staining of <i>Mycobacterium tuberculosis</i> ”, and use AI to automatically identify and classify microbial samples, helping students quickly and accurately identify pathogenic microorganisms
细菌培养及影响细菌生长的因素 Bacterial culture and factors affecting bacterial growth	2	利用 AI 解决医学实际问题 Using AI to solve practical problems in medicine	运用辩证唯物主义的原理分析科学现象 Apply the principle of dialectical materialism to analyze scientific phenomena	开展“重要病原菌培养检测虚拟仿真实验”，引导学生了解微生物智能培养技术，并通过机器学习算法分析不同实验条件下微生物的生长模式，揭示影响微生物生长的关键因素 Carry out the “virtual simulation experiment for culture detection of important pathogens”, guide students to understand the intelligent culture technology of microorganisms, analyze the growth patterns of microorganisms under different experimental conditions through machine learning algorithms, and reveal the key factors affecting microbial growth
细菌的毒力 The virulence of bacteria	4	自我管理，信息素养，生物安全意识，细菌鉴定能力 Self-management, information literacy, biosecurity awareness bacteria identification ability	社会责任感、主动参与公共卫生保护 Social responsibility, participation in public health protection	开展基于“肺炎链球菌荚膜的毒力测试”“溶血性链球菌透明质酸酶的毒力测试”等内容虚拟仿真实验。利用大数据帮助学生识别细菌的毒力特征，自动分类不同类型的细菌，提供更直观的结果展示和解释 Carry out virtual simulation experiments based on the contents of “virulence test of <i>Streptococcus pneumoniae</i> capsule” and “virulence test of hyaluronidase of hemolytic <i>Streptococcus</i> ”, and use big data to help

(待续)

(续表 1)

知识传授 Knowledge imparting	课时 Class hour	能力培养 Ability training	价值塑造 Value shaping	新医科特色 New medicine feature
病毒学实验 Virological experiments	4	信息素养, 生物安全意识, 批判性思维, 利用人机协同进行自主学习, 运用 AI 建立已知或未知病原体的研究策略 Information literacy, biosafety awareness, critical thinking, autonomous learning by human-machine collaboration, establishing research strategies for unknown pathogens by AI	树立远大理想, 强化爱国主义、家国情怀及政治认同感 Establish lofty ideals and strengthen patriotism, feelings of family and country and political identity	students identify virulence characteristics of bacteria, automatically classify different types of bacteria, and provide more visual results display and interpretation 以“问题”结合“案例”教学方法(PBL+CBL)开展基于“流感病毒分离培养与鉴定”虚拟仿真实验, 运用大语言模型辅助案例学习中的自主学习、师生讨论; 引导学生利用机器学习模拟流感病毒在不同条件下的传播情况, 进行流行病学的数据预测, 制定防控策略 The “influenza virus isolation, culture and identification virtual simulation experiment” was carried out based on the PBL+CBL, and the large language model was used to assist the self-learning and teacher-student discussion in the case learning; Guide students to use machine learning to simulate the spread of the influenza virus under different conditions, make epidemiological data prediction, and formulate prevention and control strategies
真菌学实验 Mycological experiment	4	发现、分析、解决问题的能力, 善于通过 AI 获取和更新专业知识 Ability to find, analyze and solve problems, acquiring and updating professional knowledge through AI	提高严谨求真的科研创新精神及职业素养 Enhance rigorous and truth-seeking scientific research and innovation spirit and professional quality	利用 AI 推荐给学生的个性化的学习资源和补充材料, 例如: DNA 条码技术在真菌中的应用, 帮助学生深入理解真菌相关知识 Using AI to recommend personalized learning resources and supplementary materials to students, such as the application of DNA barcode technology in fungi, to help students deeply understand fungi-related knowledge
微生物遗传学和基因组学 Microbial genetics and genomics	4	信息素养、探索能力 Information literacy, exploration ability	通过病原微生物进化趋势, 辅助学生形成正确的三观, 具备人类命运共同体的全球健康理念 Through the evolution trend of pathogenic microorganisms, students are assisted to form a correct three views and have a pattern of human destiny community	了解基因编辑与人工智能, 尝试运用 AI 辅助分析微生物的基因组数据, 识别变异、预测功能, 并提供基因组注释, 帮助学生深入理解微生物的遗传特征; 并进行登革病毒基因组生物信息学分析 Learn about gene editing and artificial intelligence, use AI to assist analysis of microbial genomic data, identify variation, predict function, and provide genomic annotation to help students deeply understand the genetic characteristics of microorganisms; Additionally, perform bioinformatics analyses on the dengue virus genome

(待续)

(续表 1)

知识传授 Knowledge imparting	课时 Class hour	能力培养 Ability training	价值塑造 Value shaping	新医科特色 New medicine feature
综合性实验 Comprehensive experiment	4	生物安全意识、批判性思维、医患沟通与团队合作 Biosafety awareness Critical thinking, doctor-patient communication and teamwork	让学生理解医患关系, 树立学生对患者负责的职业道德修养 Let students understand the relationship between doctors and patients, and establish the professional ethics of students responsible for patients	结合 PBL 开展综合性实验“临床样本病原微生物检测虚拟仿真实验”, 通过检验科的临床见习熟悉临床检验流程 Carry out the comprehensive experiment “virtual simulation experiment of pathogenic microorganism detection in clinical samples” combined with PBL and the large language model
开放性实验 Open experiment	6	科研创新及探索能力 Scientific research innovation and exploration ability	通过医学实践服务民众增强人文关爱意识及社会责任感, 践行社会主义核心价值观 Enhance the sense of humanistic care and social responsibility by serving the people	引导学生将病原生物学、检验学、组织工程学、材料科学和免疫学多学科知识融合开展科研训练 Guide students to integrate multi-disciplinary knowledge into scientific research training
创新创业探索性实验 Exploratory experiments on innovation and entrepreneurship	选做 Optional experiment	科研创新及转化应用能力 Scientific research innovation and transformation application	将知识与技能转化为智慧, 追求平衡全健康 Transform knowledge and skills into wisdom and pursue balance and total health	面向有意向在课外进一步探索科学研究项目和准备参加省部级及国家的创新创业项目学生而开设的实验项目 The experimental programs for students who are interested in further exploring scientific research projects outside of class and ready to participate in innovation and entrepreneurship projects

同”并且从不同维度进行实验课程思政教学效果的综合考量; 最后根据教学效果实施定期评估、持续改进, 构成闭环运行的课程思政质量保证体系^[10]。

3.4 革新混合式实验教学模式

为适应新医科背景下人工智能赋能高等教育时代特点, 教学团队在虚拟仿真实验教学项目中融入以“问题”结合“案例”(PBL+CBL)教学方法, 在“课前-课中-课后”阶段性释放案例内容及引导问题, 并有机嵌入大语言模型, 构建基于案例问题探究的“虚实结合, 线上线下结合, 基础临床结合, 干湿结合, 课内外结合”混合式实验教学模型(图 3), 以“病毒学实验”教

学设计为例进行详细阐述。

3.4.1 课前准备

学生通过电脑端观看微课视频、虚拟仿真实验导引视频并完成实验任务, 教师通过雨课堂发布基于“流感病毒”的第 1 阶段临床案例内容及引导问题。例如: (1) 案例中患者的疑似疾病有哪些? 判断依据有哪些? (培养临床思维); (2) 针对该患者临床表现, 如何采集患者标本, 采集的最佳时期及注意事项有哪些? (巩固已学知识); (3) 详细阐述生物安全实验室分级和病原微生物分级, 医学检验实验室中人员防护的基本要求有哪些? (巩固已学知识); (4) 以思政素材的新型冠状病毒疫情为例, 通过国内

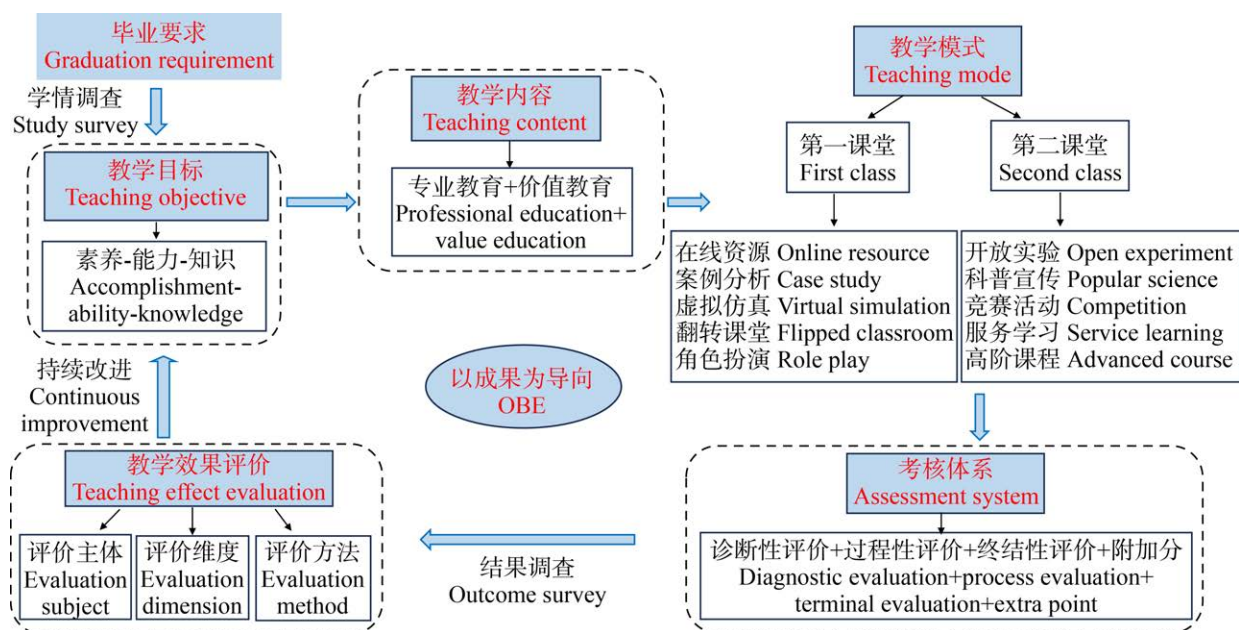


图2 以成果为导向的实验课堂思政体系

Figure 2 Results-oriented ideological and political system of experimental classroom.

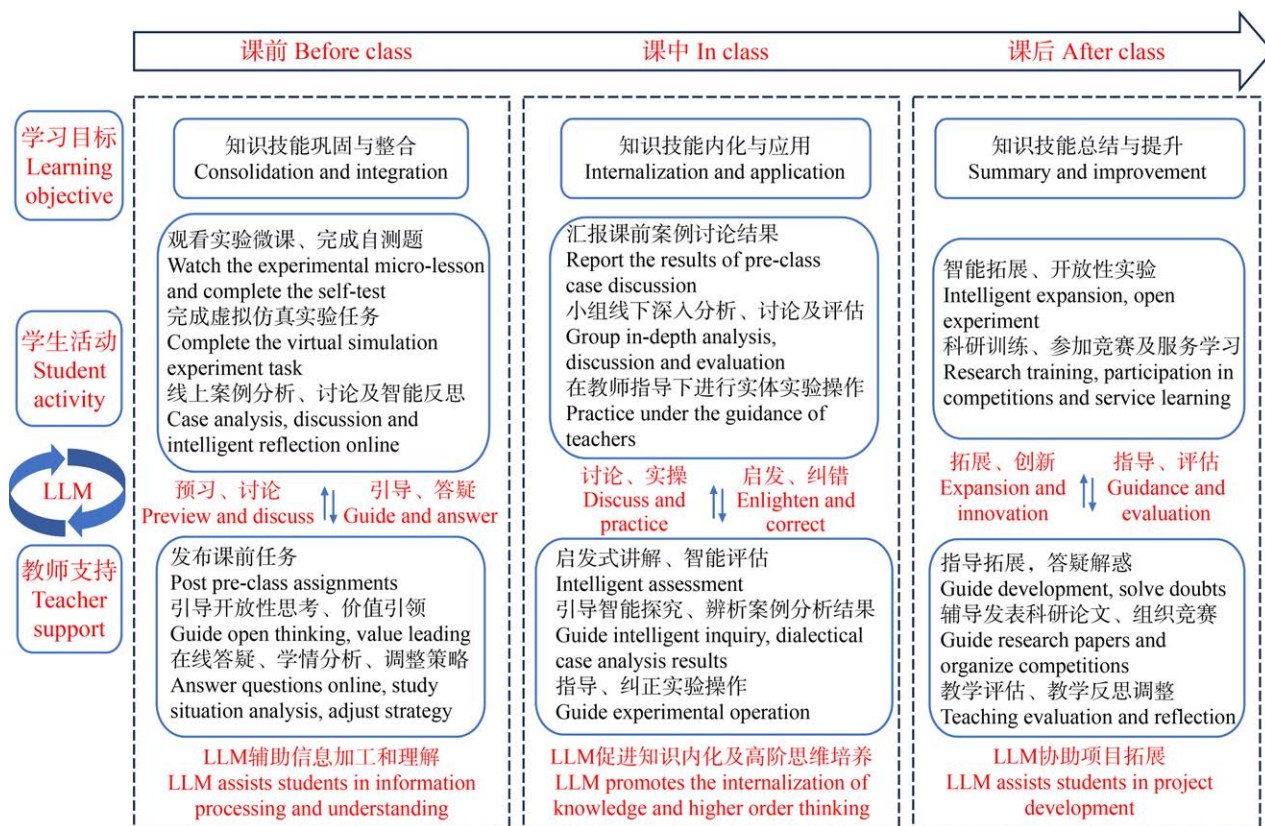


图3 革新混合式实验教学模式

Figure 3 The blended teaching model innovation.

外疫情防控措施和效果的对比,如何体现社会主义的优越性?(课程思政内容);(5)若要确诊,患者还需要做哪些方面的辅助检查?(引出课上案例内容)。此阶段 LLM 帮助学生构建已学知识架构,学生记录自己与 LLM 的交互过程并进行智能反思。LLM 帮助教师提供的课前反馈,及时调整教学策略。

3.4.2 课上研讨及实践

课上研讨阶段,学生回答课前全部的案例引导问题,汇总成综合分析报告并进行展示,LLM 充当“虚拟助教”辅助学生进行知识内化及高阶思维(分析、评估、创新)培养。教师发布第 2 阶段的案例内容及引导问题:(1)根据辅助检查结果,你认为最可能的疾病是什么?(临床思维);(2)请设计针对本案例的病原体分离培养和鉴定的方案,并阐述其原理(课程内容加强);(3)如何从特异性、灵敏度、检验速度、安全性及检验成本几个方面评估流感病毒检验方法(分析评估);(4)是否可以利用人工智能手段对检验程序进行简化,并设计出更加高效智能的手段提高疾病诊断效率?(创新拓展)。

课上实践环节,用“以实补虚,干湿结合”的方式支撑虚拟仿真实验的开展,让学生分批次学习和操作生物安全柜,在专职教师的指导下用甲型流感病毒 PR8/34 实验株在生物二级实验室的生物安全柜中进行病毒株接种的实际操作,强化生物安全意识及动手能力。尝试运用生物信息学工具对 PR8/34 株的基因序列进行分析,预测其可能的变异和功能域。

3.4.3 课后拓展

学生对课前自学及课中研讨及实验结果进行整理完善,上传雨课堂供教师审阅。教师发布第 3 阶段的案例拓展内容:(1)请以小组为单位协同 LLM 进行 PBL+CBL 临床案例的编写,案例涉及的疾病内容不限,案例及引导问题的释放过程遵循由浅入深、循序渐进的原则,组间互动互评并进一步优化完善;(2)尝试利用机器学

习模拟流感病毒在不同条件下的不同传播方式,进行流行病学的数据预测,制定防控策略。

3.4.4 打造课内外教研协同育人新范式

团队充分发挥综合性高校多学科交叉优势,依托医学微生物学科的科研强项,打造“课内开放性实验+课外大学生创新训练”教研协同育人新范式。教师对科研项目进行拆分与简化,依托课内开放性实验及课外“大学生创新创业竞赛”“挑战杯”等学科竞赛平台,主要围绕着“为什么做?如何做?结果说明什么?如何进一步改进和拓展?”几个方面展开。以“研制能够富集病原体核酸的 DNA 纳米材料”实验项目为例:学生基于病毒学实验提出“如何检测痕量病毒”的问题,我们引导学生将病原生物学、检验学和材料科学多学科知识融合,经过“发现问题(如何检测痕量病毒?)-分析问题(查阅文献、各种技术手段分析比较)-讨论解决方案(制定富集病毒核酸 DNA 纳米材料的研制方案)-实践验证(进入课题组开展实践研究)-问题解决(撰写论文及专利申请)-总结与反思(拓展研究)”等闭环科研实训,培养学生逐步养成发现问题、分析问题和解决问题的科研创新能力。并鼓励学生拓展思维,将上述成果进一步应用于组织工程、免疫学的研究,锻炼学生多学科交叉及应用转化能力。

3.5 构筑“多元化+挑战度”考核评价体系

多元化考核评价方法能够从多角度考查学生创新能力、综合分析及解决问题的能力,对于培养学生良好学习习惯、形成正确的学习方法起到积极作用^[11]。围绕课程目标实行诊断性评价 20%、过程性评价 50%、终结性评价 30%和附加分相结合,学生自评、学生互评(组内、组间)和教师评价相结合的多维全方位成绩评价体系,并增设考核学生高阶创新思维、人工智能素养、多学科交叉融合及科研潜力的附加内容,提高挑战度(表 2)。

表 2 医学微生物学实验课程考核细则

Table 2 The detailed rules for the civic and political evaluation of Medical Microbiology experiment

评价类型 Evaluation type	评价方式 Evaluation method	评价内容 Evaluation content	评价目标 Evaluation objective
诊断性评价 Diagnostic evaluation (20%)	线上平台成绩记录+ 教师评价 Online platform score record+teacher evaluation	实验理论知识自测题、观看实验微课视频及 虚拟仿真实验的完成情况, 学生对相关临床 案例、思政案例的思考和反馈进行综合评分 Experimental theoretical knowledge self-test, watch experimental micro-class video and virtual simulation experiment completion, students on the relevant clinical cases, ideological and political cases of thinking and feedback for comprehensive score	自我管理、自主学习及终身学习 能力、信息素养、案例的归纳总 结及逻辑推理、专业责任感 Self-management, independent learning and lifelong learning ability, information literacy, case summary and logical reasoning, professional responsibility
过程性评价 Process evaluation (50%)	自评+组间互评+ 教师评价 Self-assessment+ inter-group evaluation+teacher evaluation	课堂表现(10%): 从课堂出勤、生物安全防 护、虚拟实验过程流畅度、实体实验操作 的规范度 Classroom performance(10%): Class attendance, biosafety protection, virtual experiment process fluency, physical experiment operation specification	知识掌握、规范操作、生物安 全意识、灵活运用马克思主义 哲学原理分析科学现象能力 Knowledge mastery, standardized operation, biosafety awareness, using Marxist philosophical principles to analyze scientific phenomena
	自评+组间互评+组内 互评+教师评价 Self-evaluation+ inter-group evaluation+ intra-group evaluation+ teacher evaluation	合作汇报(20%): 参考学生小组讨论、团队 协作、汇报展示等方面作为评定标准 Cooperation report (20%): Students' group discussion, teamwork, presentation and other aspects	独立思考、团队协作、批判性 思维、人机协同、整合信息进 行科学表达、医患沟通及职业 道德修养 Independent thinking, teamwork, critical thinking, man-machine collaboration, integrated information ability, doctor-patient communication and professional ethics
	组内互评+组间互评+ 教师评价 Intra-group mutual evaluation+ inter-group mutual evaluation+ teacher evaluation	创新实践(20%): 重点考核开放性实验设 计、科普实践、服务学习、临床见习、 案例编写、仪器设备研发等方面 Innovative practice (20%): Focus on open experiment design, popular science practice, service learning, clinical internship, instrument and equipment research and development	跨学科的综合视野、实验方案 设计开发、创新思维、运用 AI 分析解决医学问题能力、社会 责任感 Comprehensive interdisciplinary vision, experimental program design and development, innovative thinking, the ability of use AI analysis to solve medical problems, social responsibility
终结性评价 Terminal evaluation (30%)	组间互评+教师评价 Inter-group evaluation+teacher evaluation	实验操作技能考查、实验项目答辩及论文 撰写 Experimental operation skills, experimental projects and paper writing	综合知识、能力及价值提升 Knowledge, ability and value enhancement
附加分 Extra point	教师评价 Teacher evaluation	主要针对学生参加竞赛成绩及科研创新项目 进行创新性、可行性及科学性的评价, 加分 不超过 5 分 It mainly evaluates the innovation, feasibility and scientificity of students' performance in competitions and scientific research and innovation projects, and the extra points shall not exceed 5 points	高阶创新思维、多学科交叉融 合及科研潜力 Advanced innovative thinking, interdisciplinary integration and scientific research potential

4 课程改革成果分析

4.1 学生综合素质显著提升

在“新医科”背景下，教学团队通过不断改革探索与实践，助力复合型医学创新人才的培养。经近3年实验成绩分析，学生的课前预习、课上表现、合作汇报、创新实践及终结考查的平均分数分别从21级的82.32、85.56、78.60、81.21和83.58提高到23级的88.31、91.00、87.76、90.21和88.78(图4)，其中合作汇报和创新实践的提高最为显著。课程问卷调查显示学生对课程学习的满意度较高，在夯实医学生专业知识与技能，增强生物安全意识，激发学习热情与内驱力，提高人工智能素养、科研创新思维及综合研判能力，增强社会责任感及自我效能感等方面给予高等评价^[10,12-16]。

另外，教学改革显著激发了学生对医学微生物学高阶创新实践能力，学生完成由课程开放性实验衍生的大学生创新项目20余项。本科生作为第一作者发表1区SCI科研论文5篇^[17-18]，最高影响因子10.2。团队教师指导本科生参加全国大学生基础医学创新实验大赛，获得一等奖1项，二等奖1项，三等奖1项；由师生共同制作的科普视频“新型冠状病毒疫苗知

多少”荣获首届天津市“大学-中学”科普创新大赛科普微视频赛道一等奖；由教师科研成果衍化开展的“消化道微生态重要细菌高通量检测种特异性DNA分子标志物的研究”荣获第16届挑战杯天津市大学生课外学术科技作品竞赛一等奖好成绩。

4.2 课程建设成效显著

在教学团队持续的课程改革建设过程中，近5年荣获典型成果如下：2019年“临床样本病原微生物检测虚拟仿真实验”荣获国家一流虚拟仿真实验教学项目，以虚拟仿真实验教学项目支撑的24万字《新编医学微生物实验指导(含虚拟仿真实验)》^[19]正式出版推广应用，为高等医学院校的虚拟仿真实验项目建设提供范式和参考；2020年“医学微生物学实验”获评天津市一流线下课程及南开大学实验教学成果奖一等奖；2021年基于本实验课程的师生共同研发成果“呼吸道分泌物采样训练仿真系统的研制”荣获第6届全国高等学校自制实验教学仪器设备创新大赛二等奖，同时获评2021年中国高等教育博览会“校企合作 双百计划”典型案例；2024年基于本课程的思政教改成果，团队教师荣获第4届全国高校教师教学创新大赛课程思政组天津赛区二等奖。

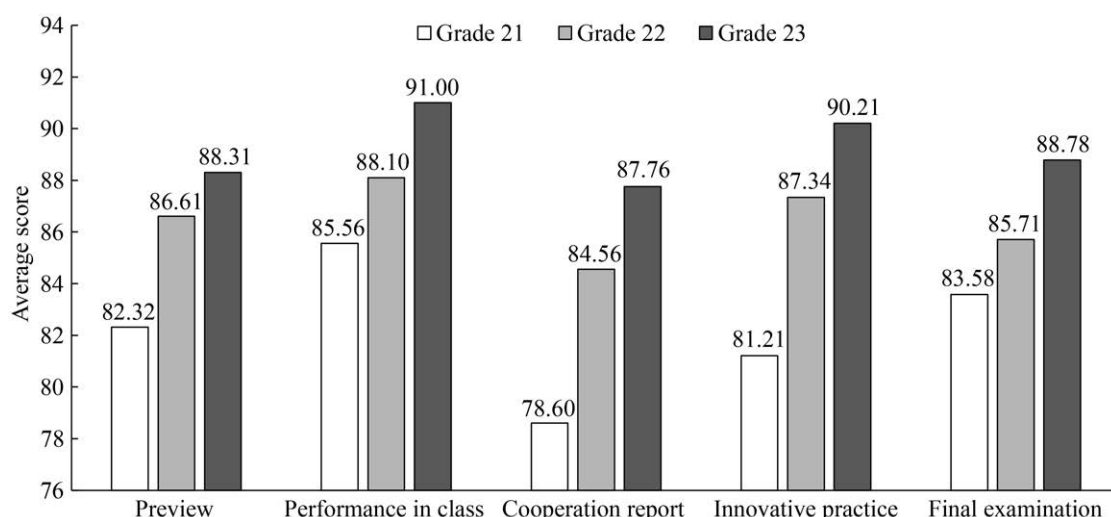


图4 基于课程改革下的学生成绩分析对比

Figure 4 Analysis and comparison of students' academic performance based on curriculum reform.

团队教师在《微生物学通报》《微生物学杂志》等国内核心期刊发表高水平教学改革论文 11 篇^[12-16], 获得专利^[20-21]及软件著作权 13 项, 获得各类科研及教改项目 15 项, 其中教育部产学研协同育人项目 7 项。除此之外, 2021 年团队教师主讲的其他基础医学课程“肾组织活检标本病理诊断虚拟仿真实验”也获评国家虚拟仿真实验教学项目, 同步入选国家虚拟仿真实验联盟应用示范课程, 逐步形成齐头并进的“基础医学实验课程群”总体改革趋势。

5 总结及反思

教学改革的实践和探索永无止境, 基于新医科建设需求, 未来我们努力方向主要有以下几个方面: (1) 强调虚拟仿真实验项目内容高阶、形式开放和价值引领的建设范式, 推进人工智能赋能虚拟仿真实验教学项目的改革; (2) 课前为医学生合理补充人工智能基础理论与发展现状, 引导学生辩证思考人工智能技术的优势和局限性, 课中以知识为基、能力为重、价值为先、伦理为本同步提升医学生的人工智能素养; (3) 推进课程内容、教学模式与人工智能融合的深度及广度, 突出师生共同参与的多元多维考核方式, 增加考查学生人工智能素养比重; (4) 坚持“立德树人”, 加大“第二课堂”社会实践活动力度, 搭建校内外思政课程共享体系; (5) 大语言模型的智能性和便利性对实验教学改革是把“双刃剑”, 坚持以人为本、让技术为人所用, 如何让其既能赋能实验教学模式改革, 又能引导学生避免过度依赖并能正确甄别生成的结果, 将是未来教学改革关注的重点因素; (6) 继续融入学科的研究热点及团队教师的科研成果, 注重培养学生的高阶创新思维, 注重知识成果转化, 提升学生实验过程的参与感和获得感, 并增加自评、互评环节, 突出学生的主体地位; (7) 结合评估结果推进课程质量建设, 培育更多的优秀教学成果, 保持由“单一课程”改革向“课程群”改革转变趋

势, 将课程改革的创新理念进行更多元的辐射和推广。

作者贡献声明

王艳凤: 论文构思及撰写论文; 赵国星: 论文修改及图片绘制; 刘艳华: 实体实验教学辅助; 路玲玲: 课程思政模式构建; 彭茜: 虚拟仿真实验教学辅助; 刘寅: 课程讲授, 教学策划, 修改审订论文。

作者利益冲突公开声明

作者声明绝无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] 国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见[EB/OL]. (2020-09-23) [2024-10-30]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm. General Office of the State Council. Guiding Opinions of the General Office of the State Council on Accelerating the Innovative Development of Medical Education [EB/OL]. (2020-09-23) [2024-10-30]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm (in Chinese).
- [2] 钮晓音, 何平, 郭晓奎, 刘畅. 新医科视角下医学微生物学课程的创新与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(11): 4798-4814.
NIU XY, HE P, GUO XK, LIU C. Curriculum innovation and practice of Medical Microbiology from the perspective of New Medicine[J]. Microbiology China, 2024, 51(11): 4798-4814 (in Chinese).
- [3] 刘晓兰, 孔令志, 咸琳涛, 韩晓晴, 刘建明. 新医科背景下医学教学实验室建设探索: 以智慧诊疗和健康干预类教学平台为例[J]. 实验技术与管理, 2024, 41(7): 253-259.
LIU XL, KONG LZ, XIAN LT, HAN XQ, LIU JM. Exploration of the construction of medical teaching laboratories under the background of new medicine: Taking the teaching platform of intelligent diagnosis and health intervention as an example[J]. Experimental Technology and Management, 2024, 41(7): 253-259 (in Chinese).
- [4] 张学. 新医科人才培养的思考与探索[J]. 中华医学教育杂志, 2022, 42(4): 289-291.
ZHANG X. Thoughts and practice of developing new medical education[J]. Chinese Journal of Medical Education, 2022, 42(4): 289-291 (in Chinese).
- [5] 王微微, 宋姗姗, 杨艾华, 王小敏. 医学微生物学科研课题式实验体系的探索研究[J]. 基础医学教育, 2024, 26(1): 25-29.
WANG WW, SONG SS, YANG AH, WANG XM. Exploration on the experimental system driven by scientific research projects in the course of Medical

- Microbiology[J]. Basic Medical Education, 2024, 26(1): 25-29 (in Chinese).
- [6] 刘伯玉, 刘浩, 刘春燕, 芦宝静, 胡丹优, 李京培, 李群. 医学微生物学实验教学体系优化的思考[J]. 基础医学教育, 2023, 25(2): 123-126.
LIU BY, LIU H, LIU CY, LU BJ, HU DY, LI JP, LI Q. Reflections on the optimization of the experimental teaching system of Medical Microbiology[J]. Basic Medical Education, 2023, 25(2): 123-126 (in Chinese).
- [7] 王智文, 冯远航, 朱勇. “三位一体”育人理念在微生物学实验教学中的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(6): 2378-2387.
WANG ZW, FENG YH, ZHU Y. The exploration and practice of trinity education concept in the teaching of Microbiology experiment[J]. Microbiology China, 2022, 49(6): 2378-2387 (in Chinese).
- [8] 罗俐梅, 谢铁, 牛倩, 马莹, 陈捷, 白杨娟, 王兰兰. 《检验路径与临床应用》课程思政的设计与探索[J]. 四川大学学报(医学版), 2021, 52(5): 747-753.
LUO LM, XIE Y, NIU Q, MA Y, CHEN J, BAI YJ, WANG LL. Course design and discussions of integrating ideological and political theories education in Medical Laboratory Pathways and Their Clinical Application[J]. Journal of Sichuan University (Medical Sciences), 2021, 52(5): 747-753 (in Chinese).
- [9] 张素玮, 王毅, 俞建民, 张卫兵. 地方高校微生物学实验课程“123+2n”教学改革创新体系的构建与实践[J]. 微生物学通报, 2024, 51(5): 1784-1797.
ZHANG WW, WANG Y, YUN JM, ZHANG WB. Building and practice of the “123+2n” system for teaching reform and innovation of Microbiology Experiment in local universities[J]. Microbiology China, 2024, 51(5): 1784-1797 (in Chinese).
- [10] 刘寅, 郭全乐, 赵国星, 王艳凤. 基于成果导向教育理念的医学微生物学课程思政教学模式的设计与实践[J]. 生命科学研究, 2024, 28(5): 444-451.
LIU Y, GUO QL, ZHAO GX, WANG YF. Design and application of ideological and political teaching model in Medical Microbiology course based on outcome-based education concept[J]. Life Science Research, 2024, 28(5): 444-451 (in Chinese).
- [11] 刘丽君, 李薇, 柴长斌, 徐文, 姚佳, 邵玲巧, 汪洋. 医学微生物学课程思政的探索与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1178-1185.
LIU LJ, LI W, CHAI CB, XU W, YAO J, SHAO LQ, WANG Y. Ideological and political education in Medical Microbiology: exploration and practice[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1178-1185 (in Chinese).
- [12] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 生物安全三级实验室禽流感病毒分离培养虚拟仿真实验教学初探[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(9): 195-199.
WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Primary exploration on virtual simulation experiment teaching of avian influenza virus isolation and culture in biosafety level-3 laboratory[J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(9): 195-199 (in Chinese).
- [13] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 虚拟仿真技术助力下的“医学微生物学”实验课程教学方案设计和实践[J]. 微生物学通报, 2021, 48(1): 295-305.
WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Design and practice of Medical Microbiology experimental teaching program assisted by virtual simulation technology[J]. Microbiology China, 2021, 48(1): 295-305 (in Chinese).
- [14] 王艳凤, 赵国星, 刘畅, 刘艳华, 刘寅. 基于“以学为中心”的医学微生物学课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2022, 49(4): 1524-1534.
WANG YF, ZHAO GX, LIU C, LIU YH, LIU Y. Reform and practice of Medical Microbiology course based on learning-centered teaching philosophy[J]. Microbiology China, 2022, 49(4): 1524-1534 (in Chinese).
- [15] 王艳凤, 刘寅, 赵国星, 彭茜. 以成果为导向临床样本病原微生物检测虚拟仿真实验的设计与实践[J]. 微生物学杂志, 2022, 42(4): 117-122.
WANG YF, LIU Y, ZHAO GX, PENG X. Design and practice of virtual simulation experiment of pathogen detection in clinical samples based on outcome-oriented education[J]. Journal of Microbiology, 2022, 42(4): 117-122 (in Chinese).
- [16] 王艳凤, 赵国星, 祁军, 刘寅. 呼吸道分泌物采样训练仿真模型的研制与应用[J]. 中国现代教育装备, 2021(13): 54-57.
WANG YF, ZHAO GX, QI J, LIU Y. Development and application of respiratory secretions sampling training simulation model[J]. China Modern Educational Equipment, 2021(13): 54-57 (in Chinese).
- [17] WANG XT, YU J, LAN WJ, YANG S, WANG SQ, MI Y, YE Q, LI Y, LIU Y. Novel stable DNA nanoscale material and its application on specific enrichment of DNA[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2020, 12(17): 19834-19839.
- [18] LI HS, LI R, HE SL, WANG Y, FANG WY, JIN YF, YANG R, LIU Y, YE Q, PENG X. An aptamer-embedded two-dimensional DNA nanoscale material with the property of cells recruitment[J]. Nano Letters, 2023, 23(18): 8399-8405.
- [19] 刘寅. 新编医学微生物学实验指导[M]. 天津: 南开大学出版社, 2019.
LIU Y. Newly Revised Experimental Guide for Medical Microbiology[M]. Tianjin: Nankai University Press, 2019 (in Chinese).
- [20] 彭茜, 刘寅, 秦君芳, 路玲玲. 一种虚实结合的应急救援模拟系统和方法: CN118981871A[P]. 2024-01-16.
PENG X, LIU Y, QIN JF, LU LL. A combined virtual and real emergency rescue simulation system and method: CN118981871A[P]. 2024-01-16 (in Chinese).
- [21] 王艳凤, 祁军, 刘寅. 呼吸道分泌物采样训练仿真模型: CN213183268U[P]. 2021-05-11.
WANG YF, QI J, LIU Y. Respiratory secretions sampling training simulation model: CN213183268U[P]. 2021-05-11 (in Chinese).