

• 高校生物学教学 •

# 基于学科交叉实施生命科学基础类课程教学改革

孙丽超, 马晓焉, 陈振娅, 邹沁, 霍毅欣\*

北京理工大学生命学院 分子医学与生物诊疗重点实验室, 北京 100081

孙丽超, 马晓焉, 陈振娅, 邹沁, 霍毅欣. 基于学科交叉实施生命科学基础类课程教学改革[J]. 生物工程学报, 2023, 39(11): 4718-4729.

SUN Lichao, MA Xiaoyan, CHEN Zhenya, ZOU Qin, HUO Yixin. Interdisciplinary teaching-assisted education reform in "Principal Biology"[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(11): 4718-4729.

**摘 要:** “生命科学基础”等生物学通识课程是了解生命科学研究方向和培养生命科学研究兴趣的重要窗口, 基于学科交叉实施生命科学基础类课程教学模式改革, 培养具有生物学交叉应用能力的复合型人才, 对于推动我国生物经济快速发展至关重要。简单的学科叠加式教学方法已经难以让学生发现学科交叉的乐趣, 为此, 立足于北京理工大学理工类学科特色, 针对“生命科学基础”课程, 设计理工交叉的教学内容体系, 进行理工特色的教学模式创新。围绕基础知识内容, 设计专业背景导向的交叉教学内容, 通过多学科、多元知识点的衔接转化, 构建符合学生身心发展特色的教学体系。设计差异化的交叉教学模式, 通过“1+N”混合沉浸式交叉思维训练, 提升基本科学素养和交叉思辨能力。基于“教学中”和“教学后”数据模型反馈, 评估个性化和精准化交叉教学的培养效果, 推动交叉教学过程的循证式优化, 进而提升生物交叉学科的课程智教能力。

**关键词:** 学科交叉; 生命科学基础; 通识教育; 教学改革; 生物科学

## Interdisciplinary teaching-assisted education reform in “Principal Biology”

SUN Lichao, MA Xiaoyan, CHEN Zhenya, ZOU Qin, HUO Yixin\*

Key Laboratory of Molecular Medicine and Biotherapy, School of Life Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

**Abstract:** General education in biological courses such as “Principal Biology” is an essential avenue for gaining an understanding of life science and developing an interest in the field. The reform of biological education teaching mode based on interdisciplinary approaches aims to

资助项目: 北京理工大学教育教学改革项目

This work was supported by the Beijing Institute of Technology Education and Teaching Reform Project.

\*Corresponding author. E-mail: huoyixin@bit.edu.cn

Received: 2023-03-20; Accepted: 2023-06-25

foster cross-disciplinary talents, which is crucial for the rapid development of China's bioeconomy. Teaching method that simply superimposes different subjects is difficult to discover the value of interdisciplinary education. To address this, a novel teaching system and an innovative teaching mode were proposed for "Principal Biology" course by integrating science and engineering subjects, based on the cross-disciplinary feature in Beijing Institute of Technology. The system involves the design of cross-disciplinary course content and the integration of multiple disciplines and knowledge points based on students' majors, taking into account the characteristics of students' physical and mental development. To improve students' scientific literacy and interdisciplinary thinking ability, differentiated and major-driven teaching modes were applied by incorporating the "1+N" mixed and immersive cross-thinking training. The effectiveness of tailored cross-disciplinary teaching was evaluated using "in-teaching" and "post-teaching" data feedback models, which promote the optimization of teaching process and enhance the quality of education in cross-disciplinary biological science.

**Keywords:** interdisciplinary; Principal Biology; general education; education reform; biological science

当前,全球科技产业蓬勃发展,前沿技术和颠覆性技术推陈出新,快速推动着科技革命和产业革新。生物科学作为前沿科学领域之一,酝酿了一系列突破性创新技术,有效地缓解了当今社会所面临的诸多严峻挑战,包括人口激增所带来的粮食、资源、环境和能源的压力,以及随之相关的营养、医药、健康等问题<sup>[1]</sup>。后疫情时代的出现,进一步掀起了生命健康产业的浪潮,使人类愈发地认识到生物学研究的重要性<sup>[2-3]</sup>。作为自然科学的一门基础学科,生物学在长期的学科发展中与化学、数学、物理、信息、材料和工程学等学科相互渗透、彼此影响,催生了很多新的学科生长点,逐渐衍生出生物化学、生物统计、生物物理、生物信息和生物材料等应用性极强的新兴交叉学科<sup>[4-9]</sup>。学科间的交叉融合进一步促进了研究范式和理论体系的迭代,为了更好地推进交叉科学研究,国家自然科学基金委员会于2020年正式成立了交叉科学部,下设的生命科学与健康处(T03)重点立足理

学、工学、医学等交叉领域,旨在揭示生命现象背后的科学原理和复杂作用机制<sup>[10]</sup>。这些交叉学科方向的设立及对生命科学研究项目的倾斜体现了我国对生物学交叉领域的重视和支持。

科技产业的活跃对基础教育范式的变革提出了新的要求,传统的基于单一学科的教学方式和知识体系已经无法满足多学科融合的需求,全球各个高校开始转向学科交叉创新教学的探索之路<sup>[11-12]</sup>。截至目前,“学科交叉”主题的中文文章发表量已累计10 389篇,除了在2019年因新冠疫情暴发出现过暂时性的下降,近年来始终保持着迅猛增长的趋势(图1)。这些文章中,一半以上均为学科教育教学内容(图2),包括培养模式、课程体系、教学改革和学科建设等,侧面体现了我国学科交叉教育建设的蓬勃发展。但是,目前针对“生物学科交叉”主题的相关研究只有279篇,仅占学科交叉中文文章总量的2.57%(图3),尚不能满足新时代生物交叉学科基础教育的需求。

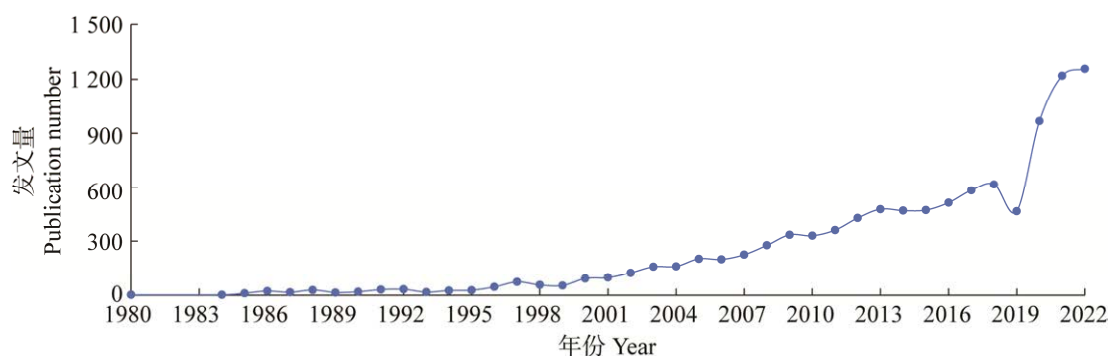


图1 学科交叉主题发文量趋势分析(统计数据来源于中国知网、万方数据等中文数据库,以“学科交叉”为检索词,检索年份为1980–2022年)

Figure 1 Analysis of interdisciplinary publications (The statistical data was sourced from Chinese databases such as CNKI and Wanfang database. The search term was interdisciplinary and the search period was from 1980 to 2022).

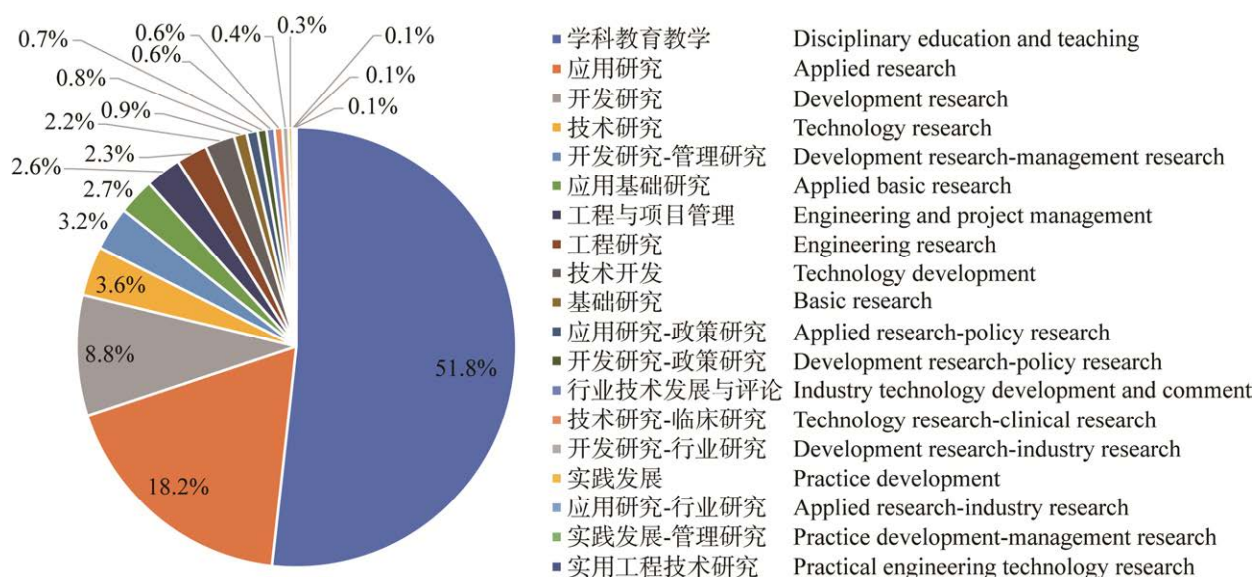


图2 学科交叉相关文章研究层次分布(统计数据来源于中国知网、万方数据等中文数据库,以“学科交叉”为检索词,检索年份为1980–2022年,内容类别为“研究层次分布”)

Figure 2 Research hierarchy distribution of interdisciplinary publications (The statistical data was sourced from Chinese databases such as CNKI and Wanfang database. The search term was interdisciplinary, the search period was from 1980 to 2022, and the content category was research hierarchy distribution).

## 1 基于学科交叉实施生命科学基础类课程教学改革的重要性

笔者负责教授“生命科学基础”“分子生物学”“现代生命科学与生物技术述评”和“环境生物技术”等生物科学类基础课程。其中,“生命

科学基础”课程是面向北京理工大学(以下简称“我校”)全体大一新生开设的通识教育必修课程,旨在帮助学生建立生命科学领域知识脉络,使学生较全面地了解现代生命科学的基本内容和发展领域,同时掌握生命科学领域相关技术的基本设计原理和前沿理论依据,因此是了解

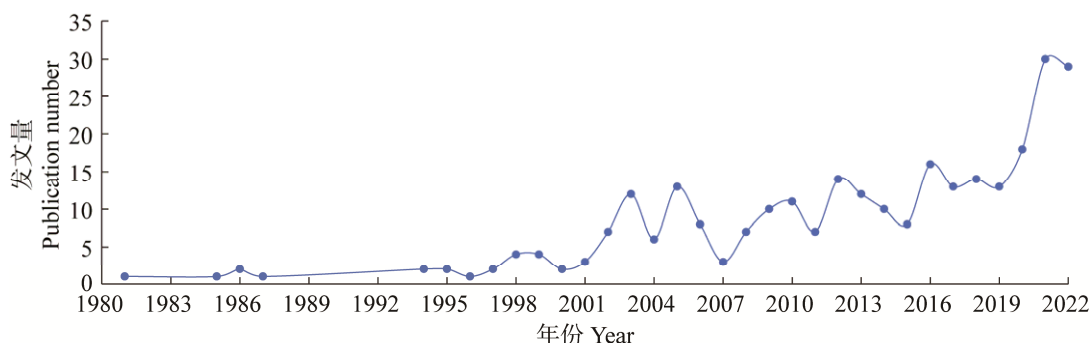


图3 生物学科交叉主题发文量趋势分析(统计数据来源于中国知网、万方数据等中文数据库,以“生物学科交叉”为检索词,检索年份为1980–2022年)

Figure 3 Analysis of biological interdisciplinary publications (The statistical data was sourced from Chinese databases such as CNKI and Wanfang database. The search term was interdisciplinary biology and the search period was from 1980 to 2022).

生命科学研究方向、培养生物学研究兴趣、挖掘生物科学内涵和推动生物学科应用的重要窗口和媒介手段<sup>[13]</sup>。目前,我校“生命科学基础”课程每年学生总数约3300人,全年共开设15个平行班,在不同书院分别进行班级设置,每个班的人数为65人左右,根据人数变化而具体调整。课程针对不同书院设计了不同的学时要求,比如生物学专业所在的求是书院主要采用32学时,以理科专业方向为主的特立书院同样采用32学时,而睿信书院、精工书院等工科书院均为24学时。在“生命科学基础”这种校级通识课程中进行跨学科融合教育的教学改革,有助于推动多学科交叉的生物科学通识教育教学模式创新,重要意义如下:(1) 打造更强大的人类命运共同体。21世纪面临的诸多难题,包括人口问题、资源和环境问题、营养和健康问题和食品安全问题等,均与生物科学息息相关,但同时又错综复杂,涉及的知识远远超过生物学科的知识范畴,亟需以跨学科的视角寻找创新性的解决方案。培养学科交叉复合型人才,有助于打造更加强大的人类命运共同体,推动多学科的联合作战和世界性难题的协同攻关。

(2) 构建良好的科技创新生态。学科交叉是取得原创性科技成果的重要途径,打破传统单一学科固有思维,持续推动生物科学与其他学科交叉式教学创新,促进各学科理论知识融合,强化多学科开创性思维拓展,有助于构建良好的科技创新生态。(3) 推动生命科学教育范式的改革创新。在生命科学基础类课程中加强生物学与其他学科之间的横向联系,建立健全生物交叉学科知识网络,有利于学生建立跨学科概念,形成普适的科学思维范式,更好地面向新时代的发展需求。

## 2 理工交叉的课程教学体系设计

学科交叉不是简单的知识叠加和信息拼凑,而是不同学科之间在知识、理论、方法、技术和手段等方面有机结合、深度融合贯通之后会产生新兴内容和学科体系<sup>[14-15]</sup>。围绕“生命科学基础”课程进行融合教学改革,需要梳理生物学科与其他学科的关系,进行学科交叉点、多元知识点的建立和衔接转化,基于前沿交叉成果拓展新的交叉性内容和知识增长点,通过理论知识传授和交叉思维训练,提升学生解决

综合性问题的能力。

为了帮助非生物专业的学生更加透彻地理解生命科学，“生命科学基础”课程教学过程中采用了先进的案例教学法<sup>[16]</sup>，即通过在课堂教学中运用生物科学发展过程中的典型案例，问题导向式地引导学生进行实验观察、分析讨论和逻辑推理，提升其对生物基础知识的理解，使其领悟生物学科作为一门实验科学的趣味性；针对不同章节设计相应的高热度社会话题，激发学生的生命科学兴趣、关注度以及主观能动性，使其了解热点现象背后的自然规律和生物本质。然而，随着各个学科不断发展，新技术与新方法层出不穷，各行各业对毕业生的交叉理论知识和科研创新能力的要求也不断提高。传统的基于单一学科的教学方法很难让非生物专业的学生发现学科交叉的乐趣和掌握交叉思辨的能力，因此也就难以理解前沿交叉领域的新技术和新方法，无法达到学以致用和

融会贯通的目的。

针对上述问题，我校对“生命科学基础”课程进行了理工交叉的教育教学模式改革初探，立足我校工科优势背景，设计了专业背景导向的交叉教学内容和混合沉浸式的交叉教学模式，并基于教学数据反馈评价，不断进行教学过程和教学方法的反复优化。这种“量身定做”式交叉教学模式和“以点带面”式交叉思维培养，符合学生的身心发展特色，能够让不同专业背景的学生真正理解学科交叉融合对新技术和新方法的革新作用，而“循证优化”式的教学相长，则有助于提升交叉教学的智教能力，最终培养出能够面向交叉应用实践的拔尖创新人才(图4)。

## 2.1 专业背景导向的交叉教学内容设计

为了增强不同专业背景的学生对生物学科的感知力和交叉应用能力，“生命科学基础”课程增加了专业背景导向的交叉性知识和应用性

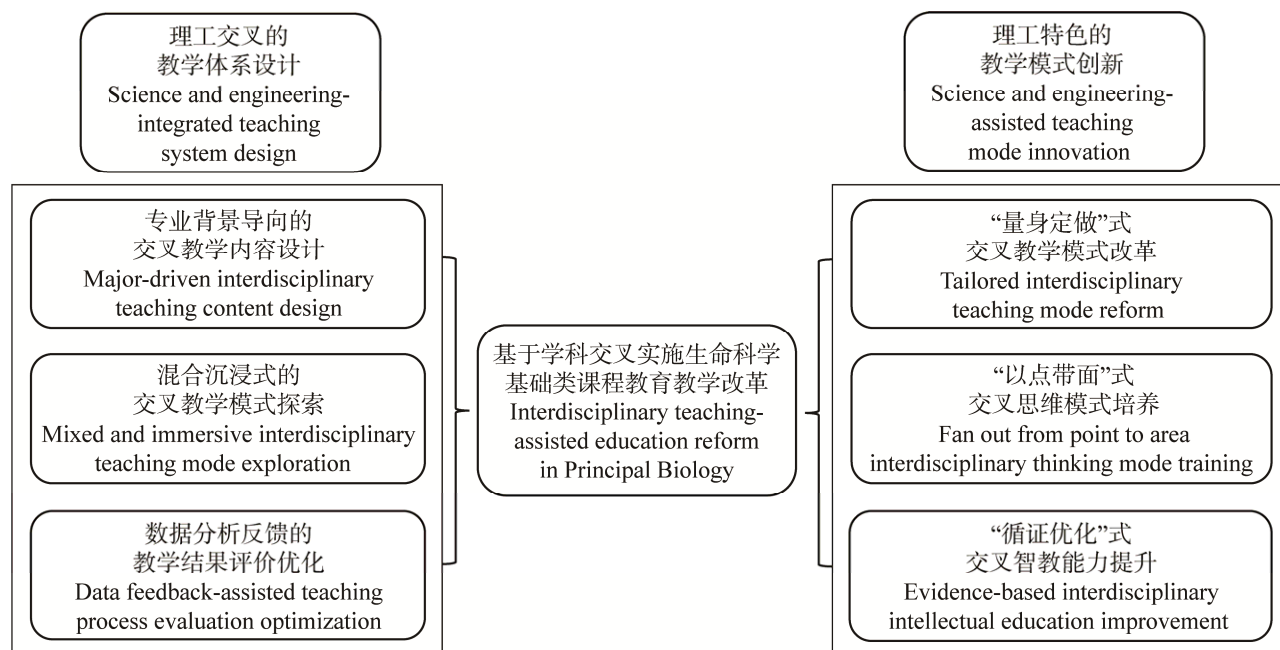


图4 基于学科交叉实施生命科学基础类课程教育教学改革

Figure 4 Interdisciplinary teaching-assisted education reform in Principal Biology.



环节。针对我校“求是书院”(涵盖生命学院、化学与化工学院、材料学院、物理学院和数学与统计学院)、“睿信书院”(计算机学院、信息与电子学院、自动化学院和光电学院)、“精工书院”(宇航学院、机电学院、机械与车辆学院)等学科群本科学院系,分别挖掘课程中与化工、材料、信息、航空和机械等其他学科专业的交叉点,通过研究其他学科理论与生物学概念的关联点,对生物学传统教学内容进行重新阐释,扩展学科交叉点的理论空间。同时,通过搜集 *Nature*、*Science*、*Cell* 等顶级期刊上各个学科与生物学科交叉的研究论文,调研国家重点研发、国家自然科学基金等研究专项,筛选出丰富的学科交叉课题和教学训练素材。针对“十四五”生物经济国家重点发展方向,设计出生物学理论在环保、农业、食品、双碳、制造和人工智能等交叉领域的典型应用案例,针对交叉知识点,以第二学科的相关知识点进行生物学课程内容的对比教学和案例分析,延展交叉点的应用空间。此外,结合诺贝尔化学奖和诺贝尔生理学及医学奖等奖项内容,讲解“冷冻电镜技术”(2017年诺贝尔化学奖)、“温度和触觉感受器”(2021年诺贝尔生理学及医学奖)、“点击化学和生物正交化学”(2022年诺贝尔化学奖)等生命科学交叉前沿技术和研究工作,探讨生物交叉学科魅力,激发学生对生物交叉方向的浓厚兴趣。

以“睿信书院”的“生命科学基础”课程内容为建设为例,教师们不断思索生命科学与信息科学间的互动,着重探讨深度学习时代生物学科与人工智能(artificial intelligence, AI)交叉进展,拓展生物信息学交叉知识网络,通过介绍 AlphaFold、ChatGPT 等先进 AI 系统在新药研发、蛋白质设计改造、生命起源研究、生物信息垂直搜索与整合等方向的突破性贡献<sup>[17-18]</sup>,

使学生深刻感悟计算机知识对于生命科学领域的重要性和推动性。为了提升学生的跨学科知识交叉能力,从研究项目出发,介绍 DNA 存储、类脑智能与人机交互、生物知识图谱、可编程细胞智能和智慧医药等先进交叉融合项目,帮助学生理解信息大数据驱动的生命科学知识发现及转化应用;从研究课题入手,通过“肠道微生物组-食物相互作用及健康的联系”等文献研讨<sup>[19]</sup>,训练学生交叉学术思维,使其知悉如何利用所学的计算工具和方法去解决生物学科中的核心科学问题。此外,通过介绍基因测序算法发明人徐鹰教授、AI 预测蛋白质结构第一人许锦波教授、现代信息论先驱李明院士、AlphaFold 奠基人周耀奇教授和可解释性 AI 先驱潘毅院士等生物信息领域重要学者的人生故事和科研经历,引发学生思考从计算学者蜕变成生物学者的历程,萌发对生物信息交叉领域的研究兴趣,并以此为契机,鼓励大家在学习前辈学者荣耀事迹的过程中,树立心中榜样,确立高远志向,制定个人阶段性目标,规划未来发展路线,实现从“学知识”到“建认知”的价值引领和思政教育。

类似地,针对“求是书院”课程内容建设,深入挖掘生物化学、生物材料学、生物物理学和生物统计学等交叉学科知识点,基于交叉研究文章和国家级研究专项,分类建立适合不同专业背景学生的教学训练素材。比如,结合“绿色生物制造”等重点研发专项,分析可降解材料生物制造、高效膜分离技术与装备研发等相关教学案例,让化学与化工专业的学生得以深入理解生物工程技术在发酵、化工、制药、纺织和饲料等行业的交叉应用。结合系统生物学等教学案例,让数学与统计专业的学生参与讨论基于数学及算法的微生物代谢网络模型构建,使其理解如何基于这些计算方法实现微生物底

盘细胞的代谢重编程<sup>[20]</sup>。结合“诊疗装备与生物医用材料”等重点研发专项,介绍自组装生物医用材料、有机-无机杂化生物材料、纳米人工杂合生物系统等专项内容,帮助材料专业的学生了解“精准化”健康医疗研究方向,明确所学知识在医疗领域的重要应用。结合“冠状病毒宿主免疫机制研究”“基于流感病毒结构和功能仿生基础的生物技术药物研究”等国家自然科学基金重大研究计划,介绍冷冻电镜技术、生物物理学在生命科学研究中的重要作用,帮助物理专业的学生更好地理解膜生物物理、生物力学等相关交叉学科方向<sup>[21]</sup>。以上教学案例及教学内容的拓展有效地避免了以往教学内容陈旧、课程体系单一的问题,推动了专业背景导向的交叉教学内容设计与体系构建。

## 2.2 混合沉浸式的交叉教学模式设计

“生命科学基础”课程的授课对象为我校本科一年级下学期的学生。相比高中生,大学生已逐渐养成较强的独立意识和社会责任感,开始关注资源利用、环境保护等生态问题,也关心生命安全、营养健康等生活问题,并好奇所学内容与科技发展有何关系以及如何解决实际问题,渴求听到前沿技术的相关设计原理,知悉所学所知在具体生活中的应用价值。但是,大一新生同时又对自己的知识水平缺少自信,觉得自己所学与当今技术动向相距甚远,对知识的交叉转化缺乏概念。因此,授课过程中需结合学生专业背景,解释知识迁徙与交叉转化的具体过程,将先进的理论知识以学生理解的方式融入课程案例的讲授中。

为了加强学生们的主动学习性,增加了课前在线导学、课堂同伴教学、课后分组研讨训练等环节。在导学环节,通过调研问卷引导同学们进行相关知识的预习和初步了解;借助同伴教学措施,使学生们在雨课堂测试和同伴互

动氛围中加深对知识的理解和掌握;通过专题研讨训练环节,鼓励同学们利用课后时间形成协作分工的自主学习生态。具体教学过程中,采取“大班教学+小班研讨”的个性化混合式教学,其中,“大班教学”指的是在 65 人左右的实体班级中进行基础知识的授课,“小班研讨”是在实体班级内部按照学生的专业兴趣方向进行虚拟分组。针对书院层面的不同学科群,在“大班教学”中梳理相关领域的生物学交叉知识点,系统建立交叉知识网络;基于不同知识点分类讨论前沿交叉研究文章,使大家可以深入地理解论文背景、研究目标、实验方法及结果;针对具体知识点,采用导入、学习目标、前测、参与式学习、后测、总结(brige-in, objective, pre-assessment, participatory learning, post-assessment, summary, BOPPPS)教学模式和启发式教学策略,引导学生以生物学理念设计解决方案,激发学术交叉思维;鼓励大家结合自身专业背景对接相关领域国家需求,思索科技产业融合创新之路,实现学生的个性化教学和价值性引领。

以“睿信书院”第六章“基因组”的第二节内容“DNA 重组技术”授课为例,针对本节内容,利用两个学时的时间进行该课程的讲授,其中,第一个学时(45 min)主要讲解 DNA 重组技术相关原理及步骤流程等基础知识;第二个学时(45 min)重点介绍基于机器学习技术和 DNA 重组技术深度融合的蛋白质理性改造及其应用。在第二个学时中,通过介绍蛋白质理性改造,提升本节知识内容和计算机知识的交叉性,在应用环节引入与学生背景相关的交叉实例,针对该实例中所需解决的关键科学问题,引导同学们思考如何结合自身的计算机技术知识,提出基于机器学习的解决方案,并讨论出如何将基于机器学习的理论分析结果进行 DNA 重组

技术的落地应用,从而完成对本节交叉知识的高阶应用。该交叉教学案例将展示出信息技术在生物科学研究中的巨大推动力,使同学们了解到自身所学知识和技术在生物学科中的应用性,感悟到信息学科和生物学科的交叉魅力。同时,通过参与式案例学习和互助式同伴教学,使同学们更加深刻地理解生物学领域科学问题的真谛,明晰学科交叉对前沿科学问题探究的重要推动性。比如,基于 BOPPPS 教学结构模式,设计如下教学思路。

(1) 导入(bridge-in):展示塑料污染的图片,利用科技热点(塑料污染及其危害)吸引学生的注意力,激发学生的好奇心和求知欲,引出本节的核心知识点——DNA 重组技术。

(2) 学习目标/成果(objective/outcome):在课程开始明确给出本节课的学习目标。即在知识层面掌握 DNA 重组技术和蛋白质理性改造的基本原理;在能力层面,能够以塑料降解酶的改造为例,分析出如何将机器学习技术应用于塑料降解酶稳定性的提升;在素质层面,能够举一反三,讨论出机器学习在其他蛋白质稳定性改造中的应用潜能。

(3) 前测(pre-assessment):带领学生回顾上节课关于基因组的学习内容,抛出问题,“人类基因组计划获得了海量的基因信息,这些基因信息是否可以改变呢”,引出互动讨论,例如“有无一项技术可以让人类利用、改造 DNA 成为可能,甚至获得人造生命体”“如果有这样的技术,突破口在哪”。通过这个环节,不仅增加学生对基因改造的理解,同时可以调动学生的参与积极性和思考力。

(4) 参与式学习(participatory learning):讲解 DNA 重组技术的基本原理,采用比喻的方式介绍 DNA 重组技术的主要元件,循序渐进地讲解“获取目标 DNA”“将目标 DNA 与载体相连”

“将重组 DNA 导入受体细胞”以及“检测重组 DNA 是否成功导入”等具体流程,在多媒体课件中以动画的形式给出逐级分解的步骤过程,同时在板书中以思维导图的形式进行关键步骤和细节原理的总结。进一步地,提升本节知识内容的高阶性,介绍 DNA 重组技术在 DNA 功能研究中的作用,引出由此衍生的蛋白质工程改造技术。以塑料降解酶为例,讲解塑料降解酶改造的关键卡脖子问题,针对该问题,介绍蛋白质理性改造策略及机器学习技术所带来的机遇。组织同学们分组讨论,基于自身背景提出可能的信息技术解决方案,通过参与式学习和沉浸式讨论,使得同学们在学习过程获得醍醐灌顶的感觉。在应用案例讲解中回扣和映射 DNA 重组技术和蛋白质工程改造的原理和操作步骤,提炼案例本质和规律,探讨机器学习技术在其他蛋白质稳定性改造中的应用潜能。

(5) 后测(post-assessment):为了测试学习者的学习成效,在知识后测环节,通过“雨课堂测验”和“同伴教学法”等教学举措,检验学生是否达到教学目标。

(6) 总结(summary):总结本节课主要内容,和学生一起梳理出本节知识要点和交叉知识内容。

针对学科群层面的不同专业,在“小班研讨”中进行学科交叉课题的分组训练,设计专业特异的生物学交叉课题,鼓励学生结合自身背景和生物学理论知识进行奇思妙想;引导大家针对课题中的相关指标设计研究方案,利用课外学时进行文献调研和线下研讨,形成协作分工的自主学习生态,培养类比实践能力。以求是书院为例,学生未来主要分流至材料学院、化学与化工学院、生命学院、数学与统计学院和物理学院,因此,针对“生物化工”“生物材料”“系统生物学”“生物物理”4个方向,分别设置



4 个生物学交叉课题,学生可以根据个人兴趣进行课题预选,结合兴趣和人数情况进行分组,在相关知识点授课完成之后,进行文献调研和线下研讨,最后统一进行专题混合的课堂交叉互评。每项课题 5–6 个人,进行资料搜集、PPT 制作、答辩展示和报告撰写等工作的协作分工,保证每个学生都能参与负责一部分工作,最终成绩由 50% 的答辩展示成绩和 50% 的报告成绩组成,记为整个小组的成绩。通过前期大班教学的交叉知识点学习,中期小班研讨的专题交流讨论,以及后期专题混合的课堂交叉互评,训练学生的生物学理论拓展和交叉思辨能力,实现“1+N”混合沉浸式教学目标。

### 2.3 数据分析反馈的教学结果评价优化

近年来,我校着力推进教育数字化和精准教研改革,通过打造“智慧教育”,赋能全人化培养,有效地推动了教育变革和教学模式创新<sup>[22]</sup>。数据驱动和模型反馈的教学结果评估是推动教育数字化的重要手段,也是实现现代化教育的重要环节<sup>[23]</sup>。为了精准评估“生命科学基础”课程的交叉教学效果,结合专题研讨、课程测试、科学竞赛和长期追踪等多种方式,广泛收集教学数据,进行交叉教学的综合效果评定。为了提升学生们的课堂参与度,将专题研讨的成绩占比增加至 30%,同时将期末考试的成绩占比降低至 60%,将平时出勤和课堂回答问题的成绩占比定为 10%。针对不同学科群所涉及的交叉知识点,设计出学科特色的个性化专题和试卷考核内容。比如,“睿信书院”的专题讨论和考核内容主要侧重于第 3 章“生命的细胞基础”、第 4 章“细胞与能量”、第 5 章“基因与遗传”以及第 6 章“基因组”等章节内容的交叉知识点,围绕“细胞通信”“基因表达调控”“生物信息学”等内容考核学生对名词概念的掌握情况等。“精工书院”则结合我校空间生物与医学工

程的背景和优势,重点围绕航天生物与医学工程相关的交叉知识点进行研讨和考核,包括解释或讨论“表观遗传变异”“神经内分泌”“消化与吸收”和“空间辐射生物学效应”等知识内容。统计成绩数据,对学生的知识掌握程度和综合运用能力进行等级评分,筛选出薄弱知识环节和专业能力短板,在下一轮授课中进行调整。

为了了解交叉教学对学生兴趣的引导作用,在课程考试中加入“感兴趣的毕业论文研究方向”等开放性问题,提供“生物信息学”“精准医疗”“空间生物与医学工程”“合成生物学”和“其他(自选)”等多个主题选项,调研学生感兴趣的毕设方向。为了加强学生的交叉应用能力,推荐学生参加国际遗传工程机器大赛(International Genetic Engineering Machine Competition, iGEM)、大学生生物学奇思妙想竞赛等创新创业比赛实践<sup>[24]</sup>,鼓励大家结合课堂内容与前沿热点问题设计交叉课题,基于自身背景取长补短,进行研究实践、分工协作、成果汇报等方面的训练。对不同学科群学生的竞赛结果、毕设方向、研究/工作领域等数据进行长期追踪,通过不同学科群之间的横向比较以及与以往教学方法的纵向比较,建立基于多维度数据分析、相关性分析、主成分分析的评估模型,评估交叉课程影响力,推动交叉教学过程和教学方法的循证式优化。

## 3 交叉教学成效分析

交叉教学期末答卷数据分析显示,绝大部分学生能够基本理解并准确回答试卷问题,整体答卷情况也比较理想,优良比率达到 95%,比往年同期高 8%,教学班的平均分也比往年提高了 7 分。答卷所反映出来的问题在于,学生不太善于综合运用整体知识,综合能力有待于进一步提高,猜测可能是因为学生还处于大学的初步适应期,从应试教育到综合能力的提高

仍需要时间。在下一轮授课中,需进一步加强知识的可理解性。课堂中,给予学生充分的设问、引导和逻辑暗示,使大家跟上思路,通过深度互动,确保学生领悟了理论知识内容;基于专业导向的教学实例分享,引导学生主动发现交叉性知识点,激发探索求知欲和学习积极性;在专题研讨中给予每一位学生发言的机会,令大家完全沉浸于课堂讨论氛围之中,确保每个人都获得了交叉思维训练的机会,并具备基本的交叉应用能力。

统计学生们“感兴趣的毕业论文研究方向”时发现,“求是书院”的学生多数选择了“精准医疗”“合成生物学”等方向,而“睿信书院”的学生主要选择了“生物信息学”方向,“精工书院”则偏向于选择“空间生物与医学工程”方向,表明交叉教学形式对学生的兴趣具有一定的引导作用。通过推荐学生们参加高阶性交叉竞赛,成功吸引了数学、计算机、物理和化学等多个专业的学生的兴趣,显著地增加了相关比赛的参赛团队和人员数目,产生了良好的宣传效应。统计学生的专业分流及毕设选择时发现,与以往学生偏向于聚焦自身专业方向的现象相比,交叉教学方式培养出来的学生具备更加开放的心态,愿意了解并接触生物学交叉领域方向。其中,“求是书院”学生在大一下学期专业分流时,选择生物技术专业方向的学生比例比往年增加了 12.5%,而“睿信”书院也有较多的学生主动选择了生物学交叉研究方向作为自己的毕设方向。以上对于“教学中”和“教学后”的教学数据分析,反馈了基于学科交叉实施“生命科学基础”课程教育教学改革的积极效果。

## 4 教改创新点

### 4.1 “量身定做”式交叉教学模式改革

在“生命科学基础”课程教学中,采用不同

于以往单一学科和固定内容的授课形式,针对不同专业背景的学生,设置个性化的交叉教学内容,通过差异化、量身化教学,使学生建立对生物学的清晰认知,增进对生物学交叉知识内容的理解,实现交叉专业知识、理论、应用等的互相促进。

### 4.2 “以点带面”式交叉思维模式培养

在“生命科学基础”课程教学中,从交叉学科领域代表性知识点出发,激活学生的学科交叉意识,拓展延伸学科交叉理念,培养学生对多学科知识、理论的联结和融会思考。通过科研论文解读、研究型交叉课题设计、“高阶性”创新创业比赛实践等训练手段带动贯通式发散思维,达到以点带面的思维模式培养效果。

### 4.3 “循证优化”式交叉智教能力提升

对“生命科学基础”课程教学数据进行归档整理,跟踪性分析“教学中”“教学后”等阶段性教学结果,通过多元化考核评价与大数据资源统计,为数字化教学提供引导性的反馈分析模型,实现对学生学术交叉能力的精准化评判和对教师交叉教学方法的智慧化评价,提升生物学交叉课程的智教能力。

## 5 结语

为了科学规划、系统推进我国生物经济的发展,国家发展和改革委员会在 2022 年 5 月印发了《“十四五”生物经济发展规划》,该规划作为我国首个生物经济五年规划,明确了做大做强生物经济的发展目标,这些政策的出台对生物科学领域的人才培育提出了更高的要求。面向新时代的复合型人才需求,我校“生命科学基础”课程积极探索了基于学科交叉和专业背景导向的生物科学通识教育教学改革措施,旨在建立国际一流的生物交叉学科知识体系,开展面向交叉应用实践的融合教学和课程项目

建设。在此过程中,授课教师持续提升学习意识,广泛涉猎学科交叉领域高水平期刊文章,紧跟前沿交叉领域科研项目及进展,通过完善自身多学科知识结构,提高了学科交叉领航能力;在教学大纲设计中,授课教师及时迭代更新交叉知识网络,基于学生的专业背景和认知度,差异化设计教学重点和难点内容,带领学生建立了跨学科概念;在授课过程中,教师们努力探索自由包容的教学相长环境,注重学生的逻辑思维和批判思维训练,积极培养学生的生命科学兴趣和交叉思维素养。本次改革立足我校工科优势背景,结合大类培养、书院制人才培养模式,构建“量身定做”式生物交叉学科课程内容,通过“以点带面”式生物学交叉思维训练和基于数据模型反馈的“循证式优化”,有效地提升了“生命科学基础”课程的交叉智能能力,推动了生物学科的教育建设和改革,为其他大类招生院校的生物科学通识教育教学改革提供了参考案例。

## REFERENCES

- [1] 褚鑫,王力为,许虹,张燕飞. 工业生物技术的前沿科技[J]. 生物工程学报, 2022, 38(11): 4019-4026.  
CHU X, WANG LW, XU H, ZHANG YF. Frontier science for industrial biotechnology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2022, 38(11): 4019-4026 (in Chinese).
- [2] SARAVANAN KA, PANIGRAHI M, KUMAR H, RAJAWAT D, NAYAK SS, BHUSHAN B, DUTT T. Role of genomics in combating COVID-19 pandemic[J]. Gene, 2022, 823: 146387.
- [3] KIM KJ. Moving forward: embracing challenges as opportunities to improve medical education in the post-COVID era[J]. Humanities and Social Sciences Communications, 2022, 9: 419.
- [4] 周景文,刘松,刘龙,李江华,堵国成,陈坚. 多学科交叉发酵工程复合型研究生培养[J]. 生物工程学报, 2021, 37(2): 689-695.  
ZHOU JW, LIU S, LIU L, LI JH, DU GC, CHEN J. Interdisciplinary education of fermentation engineering graduates[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(2): 689-695 (in Chinese).
- [5] DJORDJEVIC M, RODIC A, GRAOVAC S. From biophysics to 'omics and systems biology'[J]. European Biophysics Journal, 2019, 48(5): 413-424.
- [6] 郑小梅,郑平,孙际宾. 面向工业生物技术的系统生物学[J]. 生物工程学报, 2019, 35(10): 1955-1973.  
ZHENG XM, ZHENG P, SUN JB. Systems biology for industrial biotechnology[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2019, 35(10): 1955-1973 (in Chinese).
- [7] MARIN E, BOSCHETTO F, PEZZOTTI G. Biomaterials and biocompatibility: an historical overview[J]. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2020, 108(8): 1617-1633.
- [8] UESAKA K, OKA H, KATO R, KANIE K, KOJIMA T, TSUGAWA H, TODA Y, HORINOUCHE T. Bioinformatics in bioscience and bioengineering: recent advances, applications, and perspectives[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2022, 134(5): 363-373.
- [9] CLARKE L, KITNEY R. Developing synthetic biology for industrial biotechnology applications[J]. Biochemical Society Transactions, 2020, 48(1): 113-122.
- [10] 戴亚飞,张强强,吴飞,彭佳杰,徐晓宝,杜全生,潘庆,陈拥军. 国家自然科学基金委员会交叉科学部成立、发展与展望[J]. 科学通报, 2023, 68(1): 32-38.  
DAI YF, ZHANG QQ, WU F, PENG JJ, XU XB, DU QS, PAN Q, CHEN YJ. Establishment, development and prospect of the Department of Interdisciplinary Sciences of National Natural Science Foundation of China[J]. Chinese Science Bulletin, 2023, 68(1): 32-38 (in Chinese).
- [11] 李立国. 国家发展与交叉学科建设的新使命[J]. 北京社会科学, 2023(1): 87-90.  
LI LG. The new mission of national development and interdisciplinary construction[J]. Social Science of Beijing, 2023(1): 87-90 (in Chinese).
- [12] 周海涛. 促进交叉学科人才培养的五维融合[J]. 北京社会科学, 2023(1): 91-93.  
ZHOU HT. Promoting the five-dimensional integration of interdisciplinary talent cultivation[J]. Social Sciences of Beijing, 2023(1): 91-93 (in Chinese).
- [13] 赵东旭,张永谦,庆宏. 通识课生命科学基础的结课内容反思[J]. 大学教育, 2021, 10(7): 82-85.  
ZHAO DX, ZHANG YQ, QING H. Reflections on the teaching content of the last class of the general course "Fundamentals of Life Science"[J]. University

- Education, 2021, 10(7): 82-85 (in Chinese).
- [14] 林健. 多学科交叉融合的新生工科专业建设[J]. 高等工程教育研究, 2018(1): 32-45.
- LIN J. Construction of new engineering majors with interdisciplinary integration[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(1): 32-45 (in Chinese).
- [15] 陈伟斌. “双一流”建设背景下新兴交叉学科建设路径思考[J]. 中国大学教学, 2021(9): 80-86.
- CHEN WB. Thoughts on the construction path of emerging interdisciplinary subjects under the background of “double first-class” construction[J]. China University Teaching, 2021(9): 80-86 (in Chinese).
- [16] 杨亮, 赵东旭, 谭信, 杨启帆, 庆宏. 北京理工大学生命科学通识教育模式探索[J]. 大学教育, 2018, 7(9): 181-183.
- YANG L, ZHAO DX, TAN X, YANG QF, QING H. Exploration on general education mode of life sciences in Beijing institute of technology[J]. University Education, 2018, 7(9): 181-183 (in Chinese).
- [17] MULLARD A. What does AlphaFold mean for drug discovery?[J]. Nature Reviews Drug Discovery, 2021, 20(10): 725-727.
- [18] JUMPER J, EVANS R, PRITZEL A, GREEN T, FIGURNOV M, RONNEBERGER O, TUNYASUVUNAKOOL K, BATES R, ŽÍDEK A, POTAPENKO A, BRIDGLAND A, MEYER C, KOHL SAA, BALLARD AJ, COWIE A, ROMERA-PAREDES B, NIKOLOV S, JAIN R, ADLER J, BACK T, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold[J]. Nature, 2021, 596(7873): 583-589.
- [19] ASNICAR F, BERRY SE, VALDES AM, NGUYEN LH, PICCINNO G, DREW DA, LEEMING E, GIBSON R, LE ROY C, AL KHATIB H, FRANCIS L, MAZIDI M, MOMPEO O, VALLES-COLOMER M, TETT A, BEGHINI F, DUBOIS L, BAZZANI D, THOMAS AM, MIRZAYI C, et al. Microbiome connections with host metabolism and habitual diet from 1 098 deeply phenotyped individuals[J]. Nature Medicine, 2021, 27(2): 321-332.
- [20] PEREZ-GARCIA O, LEAR G, SINGHAL N. Metabolic network modeling of microbial interactions in natural and engineered environmental systems[J]. Frontiers in Microbiology, 2016, 7: 673.
- [21] WRAPP D, WANG NS, CORBETT KS, GOLDSMITH JA, HSIEH CL, ABIONA O, GRAHAM BS, MCLELLAN JS. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation[J]. Science, 2020, 367(6483): 1260-1263.
- [22] 张军. 智慧教育视域下的全人化人才培养[J]. 中国高教研究, 2022(7): 3-7.
- ZHANG J. Smart education revolution for holistic cultivation[J]. China Higher Education Research, 2022(7): 3-7 (in Chinese).
- [23] 黄涛, 赵媛, 耿晶, 王涵, 张浩, 杨华利. 数据驱动的精准化学习评价机制与方法[J]. 现代远程教育研究, 2021(1): 3-12.
- HUANG T, ZHAO Y, GENG J, WANG H, ZHANG H, YANG HL. Evaluation mechanism and method for data-driven precision learning[J]. Modern Distance Education Research, 2021(1): 3-12 (in Chinese).
- [24] 元英, 郝晓冉, 朱旭东, 陈金波, 商旋. 交叉学科拔尖创新人才培养实践[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(11): 186-189.
- YUAN Y, HAO XR, ZHU XD, CHEN JB, SHANG X. Practice of interdisciplinary top talents training[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2020, 39(11): 186-189 (in Chinese).

(本文责编 陈宏宇)