

# 案例教学法在新兴交叉学科课程教学中的探索与实践

## ——以合成生物学课程为例

雷长海\*, 李天, 胡适#

海军军医大学基础医学院, 上海

收稿日期: 2023年6月2日; 录用日期: 2023年7月28日; 发布日期: 2023年8月7日

### 摘要

案例教学是加强学生创新能力培养的重要途径, 对于提高教学效果和人才培养质量具有重要意义。文章针对合成生物学这一新兴交叉学科教学实施中所具有复杂性和艰巨性, 根据人才培养的不同目标, 确定了与之对应的六种案例类型, 形成了较为完整的案例体系, 以期为推动基于案例教学法的交叉学科教学模式改革提供借鉴和参考。

### 关键词

案例教学, 交叉学科, 合成生物学

# Exploration and Practice of Case-Based Learning Method in the Teaching of Emerging Interdisciplinary Courses

## —A Case Study of Synthetic Biology

Changhai Lei\*, Tian Li, Shi Hu#

College of Basic Medical Sciences, Naval Medical University, Shanghai

Received: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2023; accepted: Jul. 28<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 7<sup>th</sup>, 2023

\*第一作者。

#通讯作者。

## Abstract

Case-based learning is an important approach to enhancing students' innovative abilities and plays a significant role in improving teaching effectiveness and the quality of talent cultivation. This article focuses on the complexity and challenges encountered in the implementation of synthetic biology, a novel interdisciplinary subject, in teaching. Based on different talent cultivation objectives, the article identifies six types of corresponding case studies, forming a relatively comprehensive case scheme. The goal is to provide reference and guidance for promoting the reform of interdisciplinary teaching models based on case teaching method.

## Keywords

Case-Based Learning, Interdisciplinary, Synthetic Biology

Copyright © 2023 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

近年来, 生命科学、生物医学、药学、材料学、工程学、化学等领域的研究进展突飞猛进, 不同学科之间相互交叉、相互渗透, 学科之间的深度交叉融合为科技创新提供了新的突破点。同时也逐渐形成一批新兴交叉学科, 受到国家高度重视, 国务院学位委员会、教育部于 2021 年印发通知, 新增设“交叉学科”门类。

由于许多新兴交叉学科都具有知识体系的交叉复合性、思维的创新性, 因此对其教学体系的规划无疑有其复杂性和艰巨性[1]。传统的教学体系和以教师讲授学生听课为主的教学模式受到了前所未有的挑战[2], 如何针对新兴交叉学科的特点改革教学模式还需进行不断探索和完善。

合成生物学作为一门融合了生物学、工程学、计算机科学等多个领域的知识与技术的新兴学科, 它借鉴工程学的设计原则和方法, 将生物学的基本原理应用于构建和设计新的生物系统, 是一门典型的交叉学科, 需要引导学生有效学习、理解并整合这些来自于不同学科的知识。鉴于此, 我们在合成生物学课程教学设计中, 进行了案例教学法的改革尝试, 为提高课堂教学质量, 培养能够适合当今社会发展需要的、掌握多学科交叉的最新知识和技能、具有良好科技创新素质的生物医学复合型人才进行了有益的尝试。

## 2. 新兴交叉学科合成生物学课程创设的背景

合成生物技术被誉为第三次生物技术革命, 是在人类基因组计划的完成与系统生物学的研究基础上, 于 2000 年开始蓬勃发展, 其核心是在工程学思想指导下, 按照特定目标设计、改造乃至重新合成生物体系, 推动生物学从模块化、定量化、标准化、通用性等角度系统地形成工程化发展[3]。由于合成生物学所具有的建物致知的特点, 它既为生物学研究提供了新的研究范式, 又为解决人类社会和经济发展中面临的重大挑战提供了新技术、新工具。因此, 在短短 20 余年的时间里, 合成生物学得到了蓬勃发展。特别是美国国家科学基金会为合成生物学研究中心(synthetic biology research center, SYNBERC)提供了专门的研究资金后, 合成生物学受到了各国政府的高度重视, 引起了全世界范围的关注与重视, 各类资助机

构开始纷纷效仿，在能源、化工、医疗、制药、材料、农业等领域展开合成生物学研究。根据美国合成生物学媒体 Synbiobeta 的资料显示，2021 年合成生物学领域获得融资总和约 180 亿美元。

一个新兴行业的发展离不开新兴的人才。无论是技术竞争，或是理念竞争，归根到底都是人才的竞争，只有为这些行业提供强大的人力资源保障，产业才能不断壮大、蓬勃发展。高等院校作为人才培养的第一阵地和摇篮，承担着培养创新性人才，为行业源源不断地输送专业力量的重任。2018 年，天津大学获得教育部批准建设合成生物学前沿科学中心，其目标是结合“双一流”建设，汇聚整合创新资源，率先实现前瞻性基础研究、原创成果的重大突破，发挥领域前沿引领作用[4]。2020 年，合成生物学专业列入教育部普通高等学校新增审批本科专业名单。截止 2022 年 6 月 30 日，教育部公布的自主设置交叉学科名单中已有中国农业科学学院设立了农业合成生物学交叉学科、天津大学设立了合成生物学交叉学科。然而，通过对上海交通大学、华中科技大学、浙江大学等 26 所参加合成生物学国际顶级学生学术赛事——国际基因工程机器大赛(international genetically engineered machine competition, iGEM)的高校所进行的合成生物学教学开展情况调研，发现大部分院校的合成生物学教学仍处于起步和探索阶段[5]。

### 3. 合成生物学课程开展案例式教学的必要性

案例教学法由美国哈佛商学院在 20 世纪 20 年代最先提出，随后被引入商务、医药、法律、财会、军事和公共管理等专业的培训与教学中，侧重培养学生实际运用和操作能力[6]。案例教学法通过选择与课程教授内容相关典型案例，尽可能详细真实地还原事件发生的起因、过程和处理方式，比如成功案例和失败案例的正反面描述。在对案例详细描述的基础上，组织学生对案例进行分析和讨论，以学生对真实事件或者情境的分析、思辨、模拟处理为重点，最后由任课教师进行总结反思，达到有效利用理论知识解决实际问题的目的[7]。

合成生物学作为一门以实际问题为目的的工程学科，是以建造为核心的人类活动，这种活动使完全为人类服务的人工生物成为现实。以合成生物学在医学领域的应用为例，它主要是根据不同疾病的致病机制，进行理性设计、构建合适的基因线路或基因装置，通过载体进入人体，释放治疗性治疗因子，达到疾病诊断和治疗的目的。目前，这些内源性或外源性物质调控的人工合成线路在糖代谢紊乱引起的糖尿病、脂代谢紊乱引起的高脂血症、尿酸代谢紊乱引起的痛风等疾病中得到了应用[8]；以嵌合抗原受体 T 细胞(chimeric antigen receptor T-cell, CAR-T)为代表的合成免疫治疗可以精准靶向癌细胞，在肿瘤(尤其是淋巴瘤)的临床治疗上表现出良好的效果，是近年来受到广泛关注的一种肿瘤免疫治疗方法[9]。

但是，合成生物学用以解决实际问题的理论知识来源于“多领域”、“多学科交叉”，如果在合成生物学教学中采用传统的按知识点讲授的方法，学生学到的将是大量陈述性知识，在未来面对各种复杂的应用情景时，需要开展相应的非程序化的思考和设计，问题解决的难度很大；而案例教学可通过对案例的全面分析与深入讨论，注重对程序性知识的学习，使学生未来面对各种复杂的应用情景时，解决问题的模式能够实现从非程序化决策到程序化决策的转变，决策效率将得以提高，其理论基础是学习迁移理论[10]，即利用在案例分析与讨论中形成的认知结构，对新的问题进行分析、概括，进而形成科学、可行、有效的解决方案。

基于合成生物学的以实际问题为目的的工程学本质，学习迁移能力培养将能够弥补传统讲授法的不足，激发学生参与学习的热情，吸引学生全身心投入专业学习，并能有效缩短学生课堂学习与科研实践之间的距离[11]。教师如能将案例教学法应用到合成生物学教学中，将有助于培养学生的学习自主性，提高其独立思考能力、团队协作能力、实际运用能力和创新能力，进一步提高其解决问题和辩证思维的能力，从而有效地提高教学质量，实现人才培养目标。已有教学实践表明在合成生物学教学中应用案例

教学法已经在培养创新型本科生过程中起到了越来越明显的作用[12]。

#### 4. 合成生物学课程教学案例体系的设计

科学有效地进行案例教学才能达到教学工作应有的效果。但是目前案例教学中尚存在一定的局限[13], 导致案例教学的效果没有得到充分体现: 一是单个案例剖析不充分, 仅停留在浅层的知识讲解, 没有带领学生从案例“形成-开展-改进-完成”的全过程进行深入分析, 没有开展隐藏在案例背后的深层次的思维训练; 二是多个案例之间没有相关性, 缺乏有机联系, 使得课程教学完成后, 学生能够掌握知识点, 但是难以形成整体观念。

为了克服案例教学浅尝辄止, 未能很好地完成知识建构和全面素养培养的问题, 我们进行了合成生物学课程的教学案例体系建设(图 1)。



Figure 1. Scheme of teaching cases in synthetic biology courses

图 1. 合成生物学课程的教学案例体系

其中理论技能模块案例的设计主要基于行为主义(behaviorism)理论, 通过多个经典案例所包含的共同设计理念、策略方法的反复刺激为学生提供反馈和强化, 以增强其对基本理论和基本技能的理解, 培养其工程理念和科学素养; 工程实践模块类案例的设计主要基于反思实践(reflective practice)理论, 学生可以通过反思成功案例和竞赛案例的设计及实现的过程和结果, 思考其蕴涵的思维方式和实验方法, 并能就调整和改进提出自己的策略和解决方案, 培养其分析问题、解决问题、工程设计和团队合作能力; 价值观教育模块的案例主要基于构建主义(constructivism)理论, 引导学生通过对思政案例所蕴涵的社会责任的理解来构建正确的世界观、人生观和价值观; 科研创新模块类案例设计主要基于问题驱动学习(problem-based learning, PBL)理论, 通过设计前沿科学研究关注和实际国防军事关切的案例, 引导学生思考和解决现实情境中的挑战, 引导学生通过积极参与问题解决过程来建立知识和技能, 培养其工程创新能力和岗位适应能力。

在具体实施时, 首先根据学生能力培养的不同目标, 确定与之对应的案例类型, 形成较为完整的案例体系。然后, 在教学中坚持以具体实践案例为主导内容, 发挥学生的主观能动性, 从多维度对相关案

例进行渐近式分析讨论，用一个案例把多个知识点联结成为一个有机整体，用多个案例把人才培养目标做实做细。

#### 4.1. 选用学科发展史中的经典案例，开展双基教学，培养工程理念

“工程化”是合成生物学区别于其他生物学科的最大特点。合成生物学的这种工程学内涵在麻省理工学院科学家 Drew Endy 发表在 Nature 的名为“工程生物学的基础 Foundations for engineering biology”的综述论文得到全面、清晰地阐述[14]：他提出通过利用工程学中常用的“标准化(standardization)”、“复杂系统解耦(decoupling)”、“概念抽象化(abstraction)”的做法将生物系统划分成 DNA、“元件(parts)”、“装置(devices)”、“系统(systems)”四个层次，并可通过从头构建元件、基因线路、信号级联及代谢网络等生物工程，达到对生物系统的重新设计和改造。赵国屏等进一步指出正是通过将工程学原理与方法应用于基因工程与细胞工程等生物技术领域，合成生物学才具有了“建造能力”，成为合成生物学不同于分子生物学、系统生物学等生物学科的特征[15]。

为了更深刻地帮助学生理解合成生物学的工程学本质，掌握合成生物学的基础知识和基本技能，培养其工程理念，需摘选合成生物学学科创建与发展过程中的经典案例，如代表着合成生物学正式创立的双稳态开关、振荡器等经典基因线路。通过对经典基因线路案例的深入学习，可以帮助学生理解合成生物学的系统化设计和工程化构建理念，培养其“自下而上，理性设计”的思维基础，掌握反馈、门控等工程设计思想，奠定学生构建基因元件和设计基因线路的理论和技能。这类案例的教学重点应放在基因表达调控元件的原理和构建方法上。例如，可以设计①以基因合成与重编程为核心的经典案例，包括合成噬菌体基因组、合成酵母基因组等。这些案例展示了合成生物学能够通过设计和组装基因片段来创造具有特定功能生物系统的能力；②调控基因表达的基因开关经典案例，包括 Tet-On 和 Tet-Off 开关，能够根据外界刺激(如添加特定药物)来控制基因的启动和抑制。这些案例展示了基因调控的精确控制和应用潜力；③模块化设计经典案例，包括利用模块化设计实现复杂的生物计算和逻辑运算。这些案例展示了合成生物学中模块化思维和工程化设计的重要性。

#### 4.2. 选用专业领域中的成功案例，开展能力训练，培养交叉思维

近年来，合成生物学工具和应用迅速扩展，对大量传统行业产生颠覆性革新，为合成生物学人才培养提供了多种多样的行业成功案例，包括合成抗疟疾药物青蒿素的绿色生物制造案例、人造肉的食品生产案例、基于细菌改造的污染物生物监测的环境治理案例、基于活细胞的光辅助小分子药物筛选案例、携带条件致死性基因线路的埃及伊蚊的传染病防治案例、表达嵌合抗原受体的细胞疗法的抗癌治疗案例等。但也给合成生物学的案例教学带来了“选择困难”，即①选择哪些行业成功案例才能够符合人才培养的目标。这是因为行业成功案例中都蕴含着多个人才培养目标的素质，包括理论素养、实践能力、创新思维、科学精神、社会责任感、批判思维、岗位胜任力等。②选择哪个分析角度才能更好地满足课堂教学目标的达成。这是因为行业成功案例往往都是多学科交叉融合的综合案例，可以从不同的角度进行分析，以诠释很多不同的理论方法。

因此，这类案例的选择应该结合学生的专业，着眼于合成生物学应用能力训练，即能够利用所学的合成生物学知识分析、解决本专业的实际问题，胜任本领域内的实际工作。通过对专业领域中合成生物学的成功案例的复盘再现，不但可以培养学生“怎么做”的能力，而且可以培养学生“为什么要这么做”的责任意识和“怎么想到这么做的”的交叉融合思维。同时还要注意处理好与相关交叉学科的关系。应用这类案例进行合成生物学案例教学时，要特别强调案例中所体现出来的人工设计，让学生切实感受到合成生物学的理性设计和建造能力与相关学科交叉结合在其未来从事的行业中所带来的颠覆性改变。例

如,可以设计① 药物生产领域成功案例,包括利用合成生物学方法生产重要的抗癌药物紫杉醇,通过工程化代谢途径,将合成的酶导入微生物细胞中,实现大规模的紫杉醇生产。这些案例展示了合成生物学在药物合成和能源生产中的潜力;② 医学诊断和治疗领域成功案例,包括利用合成生物学技术设计和构建高度特异的生物传感器,用于快速检测疾病标志物,以及基于基因治疗和细胞治疗的新型疗法,为疾病的诊断和治疗提供新的思路和方法;③ 农业领域的成功案例,包括利用合成生物学方法调控植物基因表达,可以增加农作物的抗病性、耐旱性和抗虫性等。

#### 4.3. 选用学生活动中的竞赛案例,开展创新启蒙教育,培养科研信心

加强对大学生科研能力的培养逐渐成为高校教育任务的一个重要内容[16]。但是学生在进入大学前,都以高考应试为最大目标,绝大部分没有接受过系统的科研创新启蒙教育,从而造成了学生面对科研创新活动表现出兴趣大于实际行动的现象[17],而科研所必须具备的实践性和创新性这两个条件往往相对不足,导致大学生科研创新比赛时存在“眼高手低”、“纸上谈兵”等问题。通过在课程教学中通过选用来自学长等朋辈的竞赛案例,可以帮助学生了解学科竞赛的规则、流程、方法,为参加大学生科研创新比赛奠定基础,树立独立开展科学研究的信心,从而激发学生参与科研创新的自主意识。

合成生物学领域的国际顶级大学生科技赛事——国际基因工程机器大赛 iGEM 自 2003 年创设以来,吸引了全球越来越多的团队参赛,被公认对我国合成生物学的普及和人才培养发挥了重要作用。通过在合成生物学教学中,选用 iGEM 历年优秀竞赛案例,引导学生以参赛队员的身份展开讨论与分析,既是对学生理论知识的提高、实践方法和技能的应用、科研思维逻辑的训练,也是对其科研创新的启蒙教育,可有效激发学生兴趣与潜质,为其后续参加竞赛奠定基础。这类案例的教学重点应放在针对特定的问题理性设计基因线路时,所遵循的“计划-实施-观测-反馈-修正”的工程路线培养。

在教学过程中,可以结合专业特色,选用 iGEM 的金奖项目作为案例,如医学院校生物技术专业可以选用 2014 年金奖项目 dCell,参赛团队通过构建了基于细胞的生物传感器,能够快速检测血液中的癌症标志物,并实现早期癌症的诊断和筛查;2015 年项目 GlucoGates,参赛团队设计了一种基于合成生物学的治疗平台,能够实时监测血糖水平,并自动释放适当剂量的胰岛素,为糖尿病患者提供更便捷和精准的治疗方法等。

#### 4.4. 选用安全伦理的思政案例,引领价值导向,培养社会责任意识

合成生物学使研究人员具有了构建全新生物系统的能力。研究人员的伦理道德会影响技术发展的走向。乌尔里希·贝克指出“专家为了新技术的发展往往会忽略或故意隐瞒其副作用,从而埋下技术风险的种子,随着科技的普及,风险也相应地随之普及,甚至超过了技术普及的范围。商业利益与公众利益的冲突由此产生。研究人员作为技术成果的直接参与者和创造者,有责任和义务在技术活动中坚持客观公正,审慎节制的态度,避免由于个人私利和狭隘影响合成生物技术的发展方向”。

因此,有必要将价值观教育引入到合成生物学的课程教学中,以期提高学生的安全伦理意识。但是要注意到价值观教育不能简单地停留在宣教层面,而是要通过案例的深层次剖析使相关内容入脑入心。另外,思政教学案例是否与学生学习生活息息相关很大程度上决定了学生对案例和对课堂的感兴趣程度[18]。可以通过将与课程知识有关的实时热点事件引到课堂,例如① 合成病毒案例。在 2002 年,研究人员成功合成了世界上第一个合成病毒,引发学生对合成生物学研究的潜在风险和安全隐患的讨论;② CCR5 案例。2018 年,编辑人类胚胎中的 CCR5 基因的案例,引发学生对人类基因编辑的伦理和安全问题的思考;③ 生物安全防护案例。2007 年,美国一家合成生物学实验室意外释放了致病的沙门氏菌,引发学生关于实验室安全隐患的讨论和加强监管的反思等。

利用这些案例，引导学生分析案例中所蕴含的安全伦理价值，通过分析探讨，完善学生的伦理认知框架，帮助学生提高社会责任意识，使其在今后的技术研究中能将正确的价值倾向通过技术设计嵌入到技术成果中。

#### 4.5. 选用原创科研案例，拓展前沿视野，培养科研创新能力

学科之间的深度交叉融合为科技创新提供了新的突破点。在不同学科的交叉点处，是当今最有生命力的领域，新知识最密集，前沿课题往往出现在这里，对此学生的兴趣最浓、求知欲最强[19]。用“科研反哺教学”可以提高学生学习兴趣，加深其对知识的理解和掌握，培养学生解决实际问题的能力[20]已经成为共识，并积累了一些经验[21]。如采用“讲清必授知识 + 引导刨根问底 + 指导开放课题”式的教学方法；采用师生角色互换的“翻转课堂模式”；通过讲授科研故事，展示教师的科研进展、结合问题导向的教学方式，来激发学生学习兴趣、提高自主学习能力和培养科研思维能力等。特别是教学科研团队开展的科研活动比常规的实验课程具有更强的挑战性和创新性，学生实际参与其中，在实践中巩固课堂理论知识，并运用所学知识解决实际问题，培养创造性思维，提高创新能力[22]。

可见，将教学科研团队的原创性科研成果转化为教学案例，按照“课题研究→新技术引进→教学案例编写→课堂教学应用”的形式，可以使学生了解最新发展动态[23]。例如我们在合成生物学教学过程中会与学生一起深入分析作者课题组将合成生物学的理念、技术与肿瘤免疫治疗实践相融合，自主创建了一种无需预设靶点的肿瘤免疫治疗新技术——合成免疫细胞组库技术[24]（该成果于2022年6月在国际著名期刊《自然·生物医学工程》杂志上发表，并受到科技日报等媒体的报道）。教学实践表明，通过将教学科研团队原创的前沿科学研究成果转换为教学案例，与学生分享科研思路，学生不仅能够加深对相关知识的理解，也将“亲其师，信其道；尊其师，奉其教；敬其师，效其行”。

#### 4.6. 选用生物安全斗争中的潜在案例，开展使命教育，培养岗位胜任能力

合成生物学技术的“双重用途”在解决人类社会面临的问题时，也带来了新的隐患风险。有研究显示，运用合成生物学技术，稍具能力的人员就可以合成致命病毒。同时，合成生物学的发展使得生物武器和化学武器的重叠程度逐渐增加，使用生物方法制造药物或化学毒素作为武器的担忧并非杞人忧天。

所以在合成生物学教学中，除了介绍合成生物学的基本原理、技术方法、民用领域的应用外，应着重安排合成生物学将促进生物武器的发展和发展的教学内容及其在生物安全斗争中的国防安全潜在案例。通过在合成生物学课程案例教学中加入“自身专业对国家生物安全的重要性”，可以让学生认识到生物科学领域也是国与国斗争的竞技场，从而激发学生学习和掌握先进生物学知识的使命感，以及投身国防建设的热情与激情。

### 5. 合成生物学案例教学过程举例

表1是合成生物学在疾病诊断中的案例教学过程，具体实施时可根据课堂时间和学生的学术水平，进行教学步骤和时间分配。

**Table 1.** Design of case-based learning process in synthetic biology  
**表 1.** 合成生物学案例教学过程设计

授课内容		合成生物学在疾病诊断中的应用	
目标	通过教学案例，使学生了解合成生物学在疾病诊断中的原理和应用，并能够应用合成生物学技术设计和开发新型诊断工具。	时间	1 学时

## Continued

## 教学步骤

引入 (5 分钟)	向学生介绍合成生物学的概念，并解释合成生物学在疾病诊断中的应用前景；引发学生对合成生物学在疾病诊断中的潜力和可能应用的兴趣。
知识传递 (10 分钟)	使用幻灯片展示介绍合成生物学在疾病诊断中的基本原理和技术，包括基因工程、蛋白工程和生物传感器等。解释如何利用合成生物学技术开发新型诊断工具，例如基于基因编辑的诊断方法、基于蛋白工程的生物传感器等。
案例研究 (15 分钟)	分发合成生物学在疾病诊断中的案例研究材料(2017 年，分子系统生物学期刊上发表的用基因工程菌进行肠道疾病无创检测的文章：Daeffler KN <i>et al.</i> , Engineering bacterial thiosulfate and tetrathionate sensors for detecting gut inflammation. <i>Mol Syst Biol.</i> 2017 Apr 3; 13(4): 923.)。学生小组讨论，进行案例研究，并回答相关问题。鼓励学生分析和评价合成生物学在疾病诊断中的优势、限制和伦理考虑。
讨论和总结 (10 分钟)	整合小组讨论的结果，引导学生进行交流和总结。进一步提出问题，鼓励学生思考合成生物学在疾病诊断中的未来发展和可能的应用方向。
小结和反馈 (5 分钟)	简要总结合成生物学在疾病诊断中的应用，并强调学生在学习过程中获得的关键知识和见解。提供机会让学生提出问题或提供反馈意见。

## 教学方法和策略

引入	通过引发学生对合成生物学在疾病诊断中的应用的兴趣，激发学习动机。
幻灯片展示	通过视觉和文字的方式传达关键知识和概念。
案例研究	通过具体科研案例的研究，帮助学生理解和应用合成生物学在疾病诊断中的原理和技术。
小组讨论	鼓励学生参与合作讨论，分享观点和经验，并促进深入思考和互动。
讨论和总结	引导学生将案例研究中的知识和思考进行整合和总结，提高综合分析和评估能力。

## 教学评估

学生的参与度和讨论质量；学生的问题和回答的质量；学生对合成生物学在疾病诊断中应用的理解和应用能力。

## 6. 结语

诺贝尔奖得主理查德·费曼在加州理工学院的黑板上写着“知道如何解决每一个已经解决的问题”，他认为“如果对旧内容没有进行大量实践，不可能发现新内容，应该学会从处理有趣的事情中获得乐趣”。案例在某种程度上可以被认为是“旧内容”，通过分类设计、科学组织教学案例，通过在教学过程中对这些“旧内容”的复盘再现，可以解决合成生物学高度的学科交叉跨度所带来的“教学内容往往缺乏有机联系和系统性[25]”的问题，提高人才培养质量。

## 参考文献

- [1] 楼鑫. 探讨新兴交叉学科的教学体系设置——以糖生物学为例[J]. 教育教学论坛, 2016(19): 210-211.
- [2] 张志坚. 交叉学科干细胞与组织工程学的课程创建和教学改革探讨[J]. 基础医学教育, 2015, 17(9): 752-755.
- [3] 刘小玲, 雷蓉. 从入选中国科学十大进展看合成生物学的发展[J]. 科技中国, 2022(4): 36-41.
- [4] 张先恩. 中国合成生物学发展回顾与展望[J]. 中国科学: 生命科学, 2019, 49(12): 1543-1572.
- [5] 朱梦梅, 李琨, 王梁华, 等. 依托生物化学与分子生物学课程构建合成生物学竞教平台[J]. 广东化工, 2022,



- 49(1): 233-234+189.
- [6] 黄莹, 汪静静, 沈家悱. 案例教学法在研究生英语教学中的应用[J]. 英语广场: 学术研究, 2022(4): 99-103.
- [7] 周浩宇, 李波, 文平, 等. 案例教学法在专业硕士研究生课程中的探索与实践——以食品加工与安全领域课程为例[J]. 中国食品, 2022(7): 56-59.
- [8] 张强, 顾明亮. 合成生物学的医学应用[J]. 生命的化学, 2021, 41(1): 113-132.
- [9] 郑乃溶, 徐建青. CAR-T 细胞免疫疗法的研究进展[J]. 复旦学报: 医学版, 2022, 49(2): 295-299.
- [10] 刘刚. 哈佛商学院案例教学作用机制及其启示[J]. 中国高教研究, 2008(5): 89-91.
- [11] 李雪晗. 案例教学法在学前教育专业人才培养中的应用研究[J]. 教育教学论坛, 2022(1): 153-156.
- [12] 曾小美, 苏莉, 刘亚丰, 等. 合成生物学底盘微生物细胞的应用及其生物安全在创新型本科生培养中的实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1224-1229.
- [13] 邓安仲, 李庆成, 陈维, 等. 工程管理教学全过程案例体系的构建与设计[J]. 继续教育, 2016(6): 69-70.
- [14] Endy, D. (2005) Foundations for Engineering Biology. *Nature*, **438**, 449-453. <https://doi.org/10.1038/nature04342>
- [15] 赵国屏. 合成生物学: 开启生命科学“会聚”研究新时代[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(11): 1135-1149.
- [16] 孙玲玲, 许晓晖. 大学生科研能力提升的路径研究[J]. 成才, 2022(3): 59-60.
- [17] 史宏协, 王智腾. 大类培养中低年级学生的科研创新启蒙教育[J]. 宁波大学学报: 教育科学版, 2016, 38(6): 100-104.
- [18] 卢桂宁, 梁承豪, 刘鹤, 等. 高校环境通识教育教学案例体系构建与应用[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2021, 46(7): 175-182.
- [19] 韦群, 李纪武, 赵静辉, 等. 新兴交叉学科教学研究[J]. 交通高教研究, 1996(4): 44-46.
- [20] 唐安娜, 王格. 毛细管电色谱教学中的“科研反哺”[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(2): 101-106.
- [21] 肖锋, 徐驰. 科研反哺教学在“磁法勘探”课程中的尝试[J]. 黑龙江教育: 高教研究与评估, 2022(1): 47-48.
- [22] 陈迪, 陈鹏泉, 朱文学, 等. 依托教学科研团队提出地方高校大学生创新人才培养的策略[J]. 科技风, 2022(5): 17-19.
- [23] 郑林, 李勇军, 迟明艳, 等. 案例教学在药学专业学位硕士研究生培养中的探索与实践[J]. 高教学刊, 2022, 8(6): 83-87.
- [24] Fu, W., Lei, C., Wang, C., Ma, Z., *et al.* (2022) Synthetic Libraries of Immune Cells Displaying a Diverse Repertoire of Chimaeric Antigen Receptors as a Potent Cancer Immunotherapy. *Nature Biomedical Engineering*, **6**, 842-854. <https://doi.org/10.1038/s41551-022-00895-1>
- [25] 刘红, 谢冉, 任言. 交叉学科教育的现实困境和理想路径[J]. 研究生教育研究, 2022(2): 32-36+90.