

化学和生物学双学科核心素养的培养

孙梅好, 丁凌, 吴敏, 杨振曦, 袁熹, 徐丽珊

浙江师范大学 化学与生命科学学院, 浙江 金华 321004

孙梅好, 丁凌, 吴敏, 杨振曦, 袁熹, 徐丽珊. 化学和生物学双学科核心素养的培养. 生物工程学报, 2022, 38(7): 2665-2670.
SUN MH, DING L, WU M, YANG ZX, YUAN X, XU LS. Fostering the chemistry and biology dual-disciplinary core literacy.
Chin J Biotech, 2022, 38(7): 2665-2670.

摘 要: 提升学生综合素质、着力发展学生的核心素养是普通高中学科课程标准提出的培养目标, 这对教师的专业化发展和核心素养提出了新的要求。为适应高中课程改革和新高考改革, 培养一批适教、乐教、善教的双学科复合型高中教师, 教育部批复同意开展高素质复合型硕士层次高中教师培养试点。而如何通过学科课程培养师范生的双学科核心素养, 是试点专业教学面临的挑战之一。本文紧扣试点专业“化学+生物科学”的培养目标, 通过分析化学、生物学两个学科的核心素养, 提出将双学科素养融合为物质观念、科学思维、探究实践和态度责任 4 个方面, 促进教师 and 师范生对双学科核心素养的理解和实践, 并以生物化学课程为例对如何培养师范生的双学科核心素养进行了探索、实践, 以期对双学科复合型专业的其他课程建设提供借鉴。

关键词: 核心素养; 课程标准; 双学科复合型专业; 复合型硕士层次高中教师; 生物化学

Fostering the chemistry and biology dual-disciplinary core literacy

SUN Meihao, DING Ling, WU Min, YANG Zhenxi, YUAN Xi, XU Lishan

College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang, China

Abstract: Improving students' comprehensive quality and developing their core literacy are the training objectives of high school subject curriculums, which puts forward new requirements for teachers' professionalism and core literacy. In order to adapt to the high school curriculum reform and

Received: December 23, 2021; **Accepted:** April 2, 2022; **Published online:** April 11, 2022

Supported by: Zhejiang Higher Education Classroom Teaching Reform Project, China (KG2013080); Zhejiang Normal University Teaching Reform Project, China (JG20200123)

Corresponding author: SUN Meihao. E-mail: mhsun@zjnu.cn

基金项目: 浙江省高等教育课堂教学改革项目 (KG2013080); 浙江师范大学教学改革项目 (JG20200123)

the new college entrance examination reform, the Ministry of Education approved the development of high-quality, integrated and master-level high school teachers training pilot program. The aim of this program was to foster a group of dual-disciplinary integrated high school teachers who are suitable for teaching, enjoying teaching and skillful in teaching. How to foster the dual-disciplinary core literacy of normal students through subject curriculum is one of the challenges faced by the pilot program. Following the training objectives of the pilot program "Chemistry and Biological Sciences", we proposed to integrate the dual-disciplinary literacy into four aspects: material concept, scientific thinking, inquiry practice, attitude and responsibility. This was proposed based on analyzing the core literacy of the disciplines of chemistry and biology, and aimed to promote teachers and normal students' understanding and practice of dual-discipline core literacy. With biochemistry course as an example, we further explored and practiced on how to foster the dual-disciplinary core literacy of normal students, aiming to provide reference for the reform of other courses included in the dual-disciplinary integrated programs.

Keywords: core literacy; curriculum standards; dual-discipline integrated program; integrated master-level high school teachers; Biochemistry

2014年3月颁布的《教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》首次提出要发展学生的“核心素养”^[1], 意见要求“组织研究提出各学段学生发展核心素养体系”, “各级各类学校要从实际情况和学生特点出发, 把核心素养和学业质量要求落实到各学科教学中”。《中国学生发展核心素养》总体框架于2016年9月正式发布^[2], 并明确中国学生发展核心素养, 以科学性、时代性和民族性为基本原则, 以培养“全面发展的人”为核心, 分为文化基础、自主发展和社会参与3个方面。教育部于2018年1月正式颁布《普通高中课程方案和语文等学科课程标准(2017年版)》, 并于2020年5月发布修订版^[3], 其中明确指出: 普通高中的培养目标是进一步提升学生综合素质, 着力发展核心素养。学科核心素养是学生在学、习、实践过程中逐渐发展起来的, 在解决真实情境中的实际问题时所表现出来的价值观念、必备品格和关键能力。不同学科制定了相应的高中课程标准, 凝练出具有不同学科特色的核心素养^[3]。学生的核心素养, 来自于教师

自身核心素养的示范、课程教材的设计、课程教学的实施和评价^[4]。这对教师的专业化发展和核心素养提出了新的要求。

为适应高中课程改革和新高考改革, 提升高中阶段学校教师中研究生学历的比例, 培养一批适教、乐教、善教的高水平双学科复合型高中教师, 教育部于2020年批复同意江苏省、浙江省和福建省开展高素质复合型硕士层次高中教师培养试点^[5], 通过本硕阶段整体设计、分段考核、有机衔接的方式培养胜任双学科教学的高素质复合型高中教师。“化学+生物科学”是浙江师范大学的试点专业之一, 学校围绕6年制双学科复合型硕士层次高中教师培养目标, 遵循通识基础-双学科知识-教师教育-实践研究反思的课程逻辑, 建立了一体化整体设计6年人才培养方案。

“化学+生物科学”试点专业毕业生的“学科素养”要求为“具备扎实的化学和生物学科知识、思维能力和实践探究能力”。这就要求双学科复合型硕士层次的职前教师培养试点专业积极研究、明确如何通过学科课程培养学

生的双学科核心素养。生物化学是利用化学的理论和方法研究生物的一门科学,其研究内容包括生命物质的组成、结构、性质、功能、生物分子的变化规律以及遗传信息等。生物化学是生命科学、化学的专业课程之一,与无机化学、有机化学、分析化学、植物学、动物学、遗传学、分子生物学和细胞生物学等课程有着密切的联系。浙江师范大学生物化学与分子生物学教研室秉持学生中心、产出导向和持续改进的理念,紧扣高素质复合型卓越高中“化学+生物科学”教师培养目标和毕业要求,以生物化学课程为例对如何设计、实施双学科素养的培养进行了探索、实践。

1 浙江师范大学“化学+生物科学”专业的人才培养目标定位

浙江师范大学化学专业和生物科学专业,均为国家一流本科专业建设点,且化学专业已通过师范专业二级认证,生物科学专业已接受师范专业二级认证专家的进校考察。高素质复合型硕士层次高中教师培养试点专业“化学+生物科学”于2020年获批,其目标定位为:适应国家基础教育改革发展要求,立足浙江、面向全国,培养具有高尚师德与教育情怀,职业理想信念坚定,具有良好的政治素质、道德修养与人文素养;具备系统扎实的化学和生物学学科知识与能力,深厚的跨学科素养;具有先进的教育理念、突出的教育教学与实践创新能力;具有熟练的教育研究能力、自我发展能力和一定的教育领导能力,能够胜任化学、生物双学科教学的复合型卓越高中教师。

2 融合生物学和化学学科核心素养

为了发展师范生的化学、生物学双学科核

心素养,利于教师在课程教学的过程中有效培养师范生的核心素养,我们对生物学和化学学科核心素养^[4,6]进行分析、比较、归纳发现,可以基于其内涵将双学科素养融合为物质观念、科学思维、探究实践和态度责任4个方面。

“物质观念”是指能在原子、分子、细胞、组织、器官、系统、生物体等不同水平上认识物质组成、结构、性质和变化,从而对物质进行识别、分类,认识到在一定条件下物质可以发生可控的运动和变化,并伴有能量流动等;基于这些静态、动态的基本概念所形成的意识、观念和思想方法,可以用来指导解释自然现象和解决实际问题。“物质观念”主要包括:结构与功能观、物质与能量观、稳态与平衡观、局部与整体观、进化与适应观等要素。

“科学思维”是指基于物质组成、结构、变化及其规律等现象和本质的认识方式,基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格。“科学思维”主要包括归纳与概括、演绎与推理、模型与建模、质疑与创新等要素。

“探究实践”是指基于观察和实验提出问题和假设,设计实验与制订方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力。“探究实践”的要素主要包括提出问题、作出假设、制定计划、实施计划、收集数据、分析数据、总结评估、交流反思等。

“态度责任”是指在认识科学本质,认识科学、技术、社会和环境关系的基础上,逐渐形成的探索未知世界的内在动力、严谨求实和持之以恒的科学态度,以及遵守道德规范、保护环境并推动社会可持续发展的责任感。“态度责任”主要包括科学态度、社会责任等要素。

3 基于学科课程有效培养师范生双学科素养

学科课程的教学实施和评价,是发展、培养学生学科核心素养的主战场^[7]。“化学+生物科学”试点专业的毕业生需要具备化学和生物学科双学科素养。从课程设置来看,本专业培养方案涵盖了化学和生物专业的核心专业课程,旨在培养学生化学和生物学各学科的核心素养;在此基础上,我们也探索如何利用课堂教学培养学生的双学科核心素养。这就要求我们选择一些具有代表性的课程,在相关的课堂教学中注重化学与生物学科的交叉融合。生物化学是利用化学的理论和方法研究生物的一门科学,具有学科交叉的特点,因此,我们以生物化学课程为例,初步探索如何利用教学案例设计、实施双学科素养的培养。

3.1 培养静态和动态的物质观念

“物质观念”不同要素对应的生物化学课程部分教学案例列举如下。

3.1.1 结构与功能观教学案例——镰刀型红细胞贫血病

血红蛋白(hemoglobin, Hb)由两条 α 链和两条 β 链组成,病人血红蛋白S(HbS)和正常成人血红蛋白A(HbA)的 α 链完全相同,区别在于 β 链上从N末端开始的第6位氨基酸残基E6V突变,这一改变使得突变血红蛋白易聚集形成纤维沉淀,从而压迫细胞膜使红细胞呈镰刀状,导致红细胞溶血,溶血后的Hb不能像红细胞中的Hb一样正常运输氧气。血红蛋白这种结构的变化是导致其溶解度下降、功能发生变化的直接原因。

3.1.2 局部与整体观教学案例——糖的分解代谢

糖的有氧氧化包含两个阶段:首先,在胞质溶胶中葡萄糖经糖酵解生成丙酮酸;其次,

在线粒体中丙酮酸经氧化脱羧生成乙酰辅酶A后进入三羧酸循环。在糖酵解和三羧酸循环中产生的NADH和FADH₂,进一步通过氧化磷酸化途径用来合成ATP。糖有氧氧化分解代谢作为一个整体,而糖酵解、三羧酸循环、氧化磷酸化均可视为其中的一部分,是“局部”的。

3.1.3 物质与能量观教学案例——糖酵解

葡萄糖经过糖酵解10步反应,生成丙酮酸。在这10步反应中,产生11种有机中间产物,其中消耗能量的过程是己糖激酶、磷酸果糖激酶催化的反应,释放能量的是3-磷酸甘油醛脱氢酶催化的1,3-二磷酸甘油酸生成,以及丙酮酸激酶催化丙酮酸生成的反应。糖酵解的过程充分体现了物质变化经常伴随能量变化。

3.1.4 稳态与平衡观教学案例——血糖浓度的调节

血糖的来源主要包括消化道吸收、空腹时的肝糖原分解、长期饥饿时的糖异生等途径。血糖的去路包括氧化分解提供能量、合成糖原、转变为脂肪和氨基酸等非糖物质、转变为核糖、糖醛酸等其他糖类及其衍生物。正常人体可以主动调节血糖来源和血糖去路,维持血糖浓度稳定,体现了稳态与平衡观。

3.1.5 进化与适应观教学案例——同源蛋白、耐药细菌的出现

同源蛋白质具有一个共同的进化祖先。在进化的过程中,基因突变导致蛋白质一级结构的改变,形成不同物种中的同源蛋白。“多重耐药性细菌”是指那些对多种抗生素具有耐药性的细菌。在不同抗生素的选择压力下,细菌通过突变或者质粒转移产生灭活酶或钝化酶,破坏抗生素的结构,使抗生素失去活性,或者改变抗生素作用靶点的结构和数量,降低细菌对抗生素的敏感性。“多重耐药性细菌”的出现是多种抗生素的压力下,细菌进化、适应其生存环境的必然结果。

3.2 培养科学思维

“科学思维”不同要素对应的生物化学课程部分教学案例列举如下。

3.2.1 比较与分类的教学案例——糖酵解与糖异生

比较糖酵解和糖异生的中间代谢物，从中发现其共同的代谢物和酶，这是比较法中的求同思维；比较其代谢方向及不同的参与酶，这是求异思维。

3.2.2 归纳与概括的教学案例——密码子的简并性、DNA 复制的高保真性

参与蛋白质生物合成的常见氨基酸有 20 种，但编码常见氨基酸的密码子却有 61 个。分析密码子和氨基酸之间的对应关系，发现除色氨酸和甲硫氨酸只有 1 个密码子以外，其他 18 种常见氨基酸均对应 1 个以上密码子，从而概括出密码子具有简并性。细菌 DNA 聚合酶 I、II 和 III 参与 DNA 复制，且它们都具有多种酶活性，包括 5'→3'聚合酶和 3'→5'外切酶活性。由此，可以归纳并概括出细菌 DNA 聚合酶修复错配碱基对的功能，保证了 DNA 复制的高保真性。

3.2.3 演绎与推理、模型与建模的教学案例——DNA 双螺旋结构模型

概括“DNA 结构是什么样的？”这个问题的本质，依据 DNA 由 4 种脱氧核糖核苷酸构成，结合 X 射线衍射照片等实验证据，通过演绎推理等提出假设性的解释，建立不同的 DNA 分子模型。经进一步演绎推理，分析评估模型是否具有普适性；将模型与 DNA 相关数据对比分析，修正完善 DNA 双螺旋结构模型。

3.2.4 质疑与创新的教学案例——DNA 是遗传物质

Avery 等于 1944 年发表论文证明无荚膜的肺炎球菌产生荚膜的转化因子是 DNA^[8]。虽然当时的普遍看法认为遗传物质是蛋白质，Avery 等的实验结果充分说明了遗传转化活性

物质是 DNA。Hershey 和 Chase 的噬菌体感染大肠杆菌的实验结果^[9]，进一步证实了遗传物质是 DNA，而不是蛋白质。Avery 等的反主流研究成果就是质疑和创新的结果。

3.3 培养探究实践能力

探究实践主要包括提出问题、作出假设、制订方案、实验实践、收集和分析数据、总结评估、交流反思等。通过学习重要科学发现的科学史，学生能熟识科学探究的过程。除此以外，通过教师的探究性教学，学生进行探究性学习，可以提高学生的探究实践素养。如，生物化学实验课程中的综合性大实验，可以有效培养学生的探究实践能力。

探究实践的教学案例：维生素 C 参与体内许多重要的氧化还原反应，可以作为羟化酶的辅因子，在加强免疫系统功能等方面也具有重要作用。很多蔬菜、水果含有丰富的维生素 C。如何分析测定不同蔬菜、水果中的维生素 C 含量呢？实验课前，在网络课程平台上布置作业，让学生查阅相关资料，了解常见蔬菜、水果维生素 C 的含量，理解常见维生素 C 测定方法的原理，制定维生素 C 含量测定的实验方案，进一步通过课堂的实际测定、数据处理和计算得到不同材料中维生素 C 的含量，最后进行比较、交流和讨论。通过这种贴近生活的科学研究培养学生的探究实践能力。

3.4 秉持科学态度，履行社会责任

态度责任主要包括科学态度、社会责任等要素。通过生物化学实验课程的学习，可以培养学生严谨求实的科学态度，创新精神、团结合作精神、道德和法治精神；培养学生生态、环保、健康可持续发展的理念；引导学生运用辩证唯物主义和历史唯物主义，正确看待事物的发展、正确看待社会热点问题（如疫情的产生、发展、诊治，食品营养与安全等）。通过科学史、社会性科学议题的交流讨论等，也可

以有效培养学生的科学态度和社会责任感。

态度责任的教学案例：我国科学家吴宪先生是著名生物化学家、中国近代生物化学事业的开拓者和奠基人，建立了“Folin-Wu methods”血糖检测法^[10]，提出了蛋白质变性学说^[11]。他于1924年到1931年至少发表14篇论文，一步步深入阐述，形成了关于蛋白质变性的理论。吴宪的研究经历表明，实践是一切成功的基础，实验中需要认真观察和思考，这才是科学研究应有的工作态度。吴宪先生对蛋白质变性的研究过程，体现了他严谨求实和持之以恒的科学态度。同时，吴宪的研究是中国科学家对世界作出的杰出贡献，是国人的骄傲。

4 总结

“化学+生物科学”高素质复合型硕士层次高中教师培养试点专业的设置是适应浙江省高中课程改革和新高考改革，培养化学和生物学双学科复合型高中教师的重要方式。化学与生物学两个学科联系非常紧密，“化学+生物科学”复合型专业通过实施一体化整体设计的6年人才培养方案，其毕业要求之一的“学科素养”是“具备扎实的化学和生物学专业学科知识、思维能力和实践探究能力”。为了有效培养学生的双学科素养，我们通过分析化学、生物学两个学科的核心素养，提出将双学科素养融合为物质观念、科学思维、探究实践和态度责任4个方面，促进教师 and 师范生对双学科核心素养的理解和实践。我们进一步以生物化学课程为例，探索了通过课程教学发展学生双学科素养的途径。通过师生讨论互动、综合性大实验的设计实践等，我们发现学生的双学科素养得到了有效提高。融合化学和生物学双学科核心素养培养的探索与实践，可为双学科复合型专业的其他课程建设提供一定的借鉴作用。

REFERENCES

- [1] 教育部关于全面深化课程改革 落实立德树人根本任务的意见. [2014-04-08]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/jcjc_kcjcgh/201404/t20140408_167226.html.
- [2] 核心素养研究课题组. 中国学生发展核心素养. 中国教育学刊, 2016, 10: 1-3.
Core literacy research group. Chinese students develop core literacy. Chin Bull Educ Res, 2016, 10: 1-3 (in Chinese).
- [3] 教育部关于印发普通高中课程方案和语文等学科课程标准(2017年版2020年修订)的通知. [2020-05-11]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/s8001/202006/t20200603_462199.html.
- [4] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中生物学课程标准: 2017年版. 2版. 北京: 人民教育出版社, 2020.
Ministry of Education of the People's Republic of China, General High School Biology Curriculum Standards: 2017 edition. Second Edition. Beijing: People's Education Press, 2020 (in Chinese).
- [5] 教育部办公厅. 关于同意江苏等省开展高素质复合型硕士层次高中教师培养试点的函. 教师厅函(2020)3号. 2020: 1-2.
The General Office of the Ministry of Education. Letter on approving Jiangsu and other provinces to carry out the pilot training of high-quality integrated master-level high school teachers. Letter from Teachers Office [2020] No. 3, 2020: 1-2 (in Chinese).
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准: 2017年版. 2版. 北京: 人民教育出版社, 2020.
Ministry of Education of the People's Republic of China. General High School Chemistry Curriculum Standards: 2017 edition. Second Edition. Beijing: People's Education Press, 2020 (in Chinese).
- [7] 吴成军. 生物学学科核心素养的教学与评价. 上海: 华东师范大学出版社, 2020.
Wu CJ. Teaching and Evaluation of the Core Literacy of Biology Discipline. Shanghai: East China Normal University Press, 2020 (in Chinese).
- [8] Avery OT, MacLeod CM, McCarty M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. J Exp Med, 1944, 79(2): 137-158.
- [9] Hershey AD, Chase M. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. J Gen Physiol, 1952, 36(1): 39-56.
- [10] Folin O, Wu H. A system of blood analysis: supplement I. A simplified and improved method for determination of sugar. J Biol Chem, 1920, 41(3): 367-374.
- [11] Wu H. Studies on denaturation of protein X III. A theory of denaturation. Chin J Physiol, 1931, 5: 321-344.

(本文责编 郝丽芳)