

基于科学思维培养的生物科学史教学 ——以“细胞膜的结构和功能”为例

黄星阳, 黄佩琪, 侯原伟, 莫显红*

赤峰学院化学与生命科学学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2025年12月6日; 录用日期: 2026年1月7日; 发布日期: 2026年1月14日

摘 要

本文以“细胞膜的结构和功能”为例, 探讨基于生物科学史的教学设计如何有效培养学生的科学思维。通过串联生物科学史的实验过程, 引导学生经历“提出问题 - 实验观察 - 提出假说 - 验证假说 - 得出结论”的完整探究路径, 帮助学生理解科学知识的动态发展过程。引导学生通过分析实验现象、构建模型、批判性反思等活动, 逐步掌握归纳与概括、演绎与推理、模型构建等科学思维方法。通过科学史不仅深化学生对“结构与功能相适应”生命观念的理解, 也能有效的培养学生的批判性思维、创新能力和科学探究素养, 为科学思维的发展提供了有效途径。

关键词

科学思维, 生物科学史, 科学探究

Teaching Biology through the Lens of Scientific History to Cultivate Scientific Thinking —A Case Study of “The Structure and Function of Cell Membranes”

Xingyang Huang, Peiqi Huang, Yuanwei Hou, Xianhong Mo*

School of Chemistry and Life Science, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: December 6, 2025; accepted: January 7, 2026; published: January 14, 2026

Abstract

This article takes “the structure and function of the cell membrane” as an example to explore

*通讯作者。

how teaching design based on the history of biological science can effectively cultivate students' scientific thinking. By linking the experimental processes in the history of biological science, students are guided through the complete inquiry path of "posing questions - experimental observation - hypothesis formation - hypothesis testing - drawing conclusions," helping them understand the dynamic development of scientific knowledge. Students are led to gradually master scientific thinking methods such as induction and generalization, deduction and reasoning, and model construction through activities like analyzing experimental phenomena, building models, and critical reflection. Studying the history of science not only deepens students' understanding of the life concept of "structure-function adaptation" but also effectively cultivates their critical thinking, creativity, and scientific inquiry literacy, providing an effective pathway for the development of scientific thinking.

Keywords

Scientific Reasoning, History of Biology, Scientific Inquiry

Copyright © 2026 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

《普通高中生物学课程标准(2017年版 2020年修订)》(以下简称《课程标准》)中指出,高中生物学学科核心素养包括生命观念、科学思维、科学探究和社会责任四个维度,其中科学思维是课程目标的重要组成部分[1]。在新课改不断深入的背景下,培养学生的科学思维已经成为生物学教学的核心任务之一,科学思维是学生理解生物学现象和本质、解决真实生活情境中问题的关键能力,这不仅能够提升学生对生物学知识的深度理解,更能对学生科学实践能力和终身学习能力的发展产生影响。生物科学史作为生物学知识、思想和方法的重要载体,记录了科学家们探索自然规律的思维过程和科学探究方法,是培养科学思维的重要内容,同时生物科学史也是生物学中观点、思想和方法的汇聚点,能够让学生亲历科学论证过程,提升学生的批判性思维、归纳概括、模型构建等能力[2]。

“细胞膜的结构和功能”是高中生物学的基础、核心内容,从对细胞膜成分的推测到流动镶嵌模型的构建,科学家们通过观察、实验、推理、修正等过程,逐步揭示细胞膜的本质,在这个过程中体现出了丰富的科学思维和科学探究案例。本文以该内容为例,探讨如何基于生物科学史开展教学,通过还原科学探究过程,有效的培养学生的科学思维,进一步发展学生的生物学核心素养。

2. 研究基础

通过科学研究表明,生物科学史的学习对学生科学思维的发展有重要的影响。现有研究表明,利用生物科学史进行教学是通过还原科学家的探究过程,帮助学生理解科学知识的动态发展,从而培养学生的演绎与推理、归纳与概括、批判性思维等能力[3],研究者认为,科学史的价值不仅在于知识传递,更在于其中蕴含的科学方法与思维逻辑。例如,杨焱旭通过“科学史-探究”教学模式的实践,验证了科学史对学生思维能力的提升有显著的作用[4];孟凡龙等通过实践研究提出的循证教学路径,强调的是在教学中通过证设计证据链,可以发展学生的逻辑思维和实证意识[5]。除此之外还有问题驱动教学法[6]和原始文献分析法[7]等教学策略被运用到教学中,也进一步凸显了生物科学史培养学生科学思维的功能。

现有研究表明,在现在的教学过程中,对于生物科学史的教学,更侧重于简单的史实呈现,而缺乏

对学生主动建构思维的引导,同时对科学史中隐性的思维方法(如批判性思维、创造性思维等)的挖掘不够深入和系统。基于以上问题,本研究以建构主义理论为框架,设计“情境-探究-反思”三阶教学活动,通过还原科学史中的关键情境,引导学生经历科学家提出假设、设计实验并反思结论的过程,将生物科学史的探究过程作为学生学习的“脚手架”。并通过教学设计将生物科学史教学从知识导向转向思维导向,并整合多种科学思维,加强对课程中隐性思维的关注;同时通过合作探究、原始文献分析等教学策略,让学生在主动建构知识中,形成“提出问题-实验观察-提出假说-验证假说-得出结论”的完整探究路径,加强对学生进行思维训练,从而培养学生的核心素养。

3. 生物科学史在培养学生科学思维中的重要作用

3.1. 培养学生科学思维的重要载体

生物科学史并不是将科学事件简单的进行堆砌,而是有条理的将科学研究发展过程进行系统整合,将科学家进行科学实验所用到的归纳与概括、演绎与推理、批判性思维等方法解决问题的方法和过程进行记录[8]。通过引导学生分析科学史上的经典实验,可以让学生学习科学家提出问题、提出假说、设计实验、分析数据和得出结论的过程。比如在“细胞膜的结构和功能”的探索中欧文顿通过对植物细胞进行物质通透性实验,发现脂溶性物质更易穿过细胞膜,而不溶于脂质的物质,不容易穿过细胞膜,从而归纳出“细胞膜由脂质组成”的假说;罗伯特森在电镜下观察到细胞膜的“暗-亮-暗”结构,演绎推理出细胞膜结构的静态模型“蛋白质-脂质-蛋白质”。这些生物科学史为培养学生的科学思维提供了丰富的例子,能够让学生在故事中将抽象的思维转化为科学的方法。

3.2. 培养学生批判性思维和创新性思维

通过生物科学史的学习,学生能够明白科学知识的发展是一个动态变化的过程,并非是一成不变的真理,科学的发展是通过“实验、质疑、再实验、进行修正”逐步完善而得来的,这样的过程就为批判性思维和创新思维的培养提供了有力的材料[9],比如在“细胞膜的结构和功能”的探索中罗伯特森的静态模型一开始被科学家们广泛接受,但后续科学家们通过变形虫运动、细胞融合等实验发现细胞膜不可能是静止的而是流动性,从而质疑静态模型的合理性。在这个过程中就能让学生认识到,科学结论并非绝对真理,而是需要根据新证据不断完善的过程[10]。

4. 教材分析

“细胞膜的结构与功能”是人教版必修1第3章第1节的内容,在教材中具有承上启下的重要作用,它是“细胞是生命活动基本单位”内容的支撑,同时对后续学习物质跨膜运输、细胞的能量供应和利用、细胞的分裂与分化等内容具有奠基的作用。教材通过台盼蓝染色实验导入,引发学生对细胞膜功能的思考,并以科学史为主线,完整呈现出了从欧文顿的脂溶性实验到流动镶嵌模型的建立过程,其中渗透了许多科学本质教育。通过“细胞膜功能探索-细胞膜成份探索-细胞膜结构探索”这条主线,将生物学科学史设计为探究性的教学活动,能够更有效的培养学生的科学思维。

5. 教学目标

生命观念:通过分析细胞膜的成分、结构与功能的关系,建立“结构与功能相适应”的生命观念。

科学思维:通过科学家的实验现象归纳总结出细胞膜的成分和结构特点,同时结合科学家的实验和成分推测尝试构建简易的细胞膜结构模型并利用构建出的结构模型尝试解释细胞膜的功能。通过比较不同时期细胞膜模型的差异,分析其合理性与局限性,并尝试举例说明。

科学探究：通过观察科学家的实验，体验科学实验的设计思路和基本流程，并通过分析科学家的实验数据，提高数据分析和处理的能力，总结出科学探究的方法。

社会责任：通过分析细胞膜的成分、结构和功能的建立过程，认同科学家们在科学探究过程中坚持不懈、敢于批判与质疑、合作探究的科学精神，增强社会责任感。

膜研究在医药领域的应用(如靶向药物输送依赖对膜结构的理解)，增强学生的社会责任感。

6. 教学流程

基于本节课的整体设计，设置任务支架及相关问题链分解教学任务，教学流程如图 1。

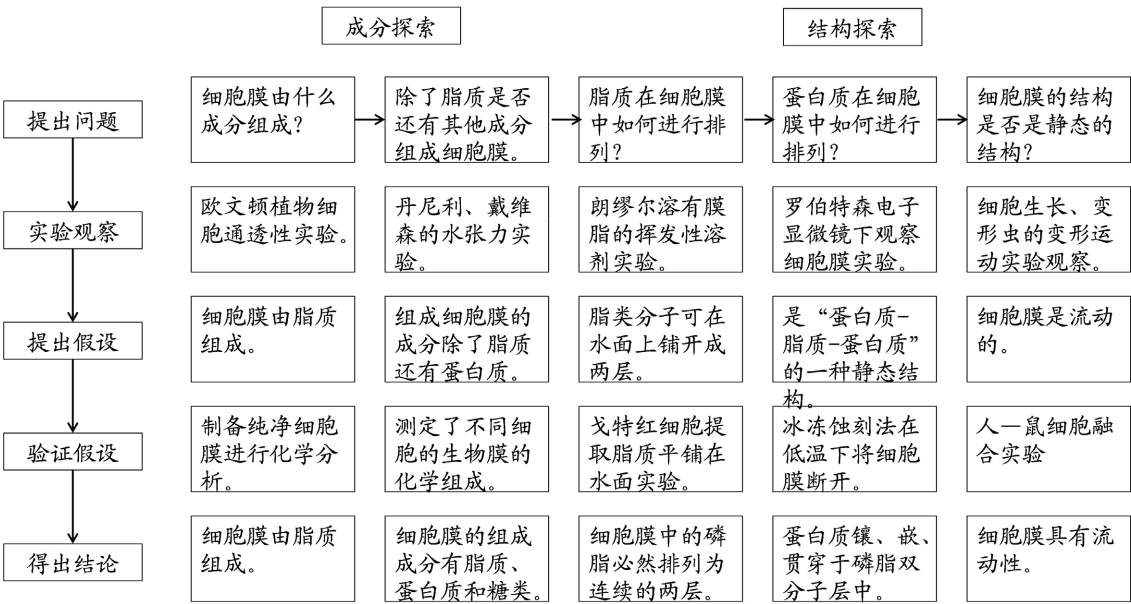


Figure 1. Teaching process
图 1. 教学流程

7. 教学实录

7.1. 创设情景

【教师】利用国家的边界是边境线、人体的边界是皮肤、黏膜，引入细胞的边界是细胞膜。同时根据学生初中的知识进行设问“植物细胞的最外层是细胞壁，那为什么细胞壁不是植物细胞的边界？”提供植物细胞膜的电子显微结构示意图，让学生分析，并总结出细胞壁不能作为细胞边界的原因。

【学生】初步形成细胞膜是细胞边界的概念，并思考为什么细胞壁不能作为植物细胞的边界，是因为细胞壁的结构具有全透性。

【设计意图】引导学生思考，让学生初步形成细胞膜的概念，同时渗透社会责任(国家边防的艰辛)，培养学生的爱国情怀。同时以此引入细胞膜功能的学习。

7.2. 细胞膜的功能

【提示】该部分的核心内容是细胞膜作为细胞的边界具有“细胞膜将细胞与外界环境分隔开”“细胞膜能控制物质内外进出细胞”、“细胞膜可以进行细胞间的信息交流”的功能。通过学生自主阅读教材、教师创设相关情境让学生自主归纳总结出细胞膜的功能。

【教师】开展小组活动，引导学生分析并归纳出细胞膜的功能

【活动 1】介绍一个未受精的鸡蛋黄是一个卵细胞，蛋清是细胞所需要的营养物质，鸡蛋黄的卵黄膜，是卵细胞的细胞膜。利用鸡蛋让学生亲自动手进行实验，将鸡蛋打入烧杯中，并用镊子戳破，观察实验现象。

【活动 2】利用问题探讨部分的“台盼蓝染色死细胞与活细胞”实验，播放视频让学生了解为什么活细胞不能被染色而死细胞会被染色，同时引导学生思考什么物质能够进出细胞，什么物质不能进出细胞？

【活动 3】首先让学生自主阅读教材 41 页“图片 3-2 细胞间信息交流的方式举例”并提供资料让学生自主分析，介绍细胞间的信息交流方式。

【资料 1】将鸡和其他动物的精子细胞放在培养皿中，再放入鸡的卵细胞，结果发现只有鸡的精子细胞和鸡的卵细胞才能结合形成受精卵。

【资料 2】胰岛分泌胰岛素，通过血液运输到达全身各处，与靶细胞的细胞膜表面受体结合，将信息传递给靶细胞，实现降低血糖的作用。

【资料 3】高等植物细胞之间通过胞间连丝相互连接进行信息传递的作用。

【学生】动手进行实验操作，直观观察实验现象；观看视频，了解为什么活细胞不能被染色而死细胞会被染色，同时思考教师提出的问题；自主阅读教材，并结合教师给出的 3 则资料分析细胞之间进行信息交流的方式。最终通过 3 则活动归纳总结出细胞膜的功能。

【设计意图】建立初高中知识链接的桥梁。通过实验探究分析，培养学生获取信息的能力。同时培养学生的总结与归纳能力，提高学生的科学思维。同时运用生活中学生可能会接触到的生活实例与知识点相结合，利于学生将生物学知识运用到日常生活中。

7.3. 细胞膜的成分探索

【展示】提出问题“结构与功能相适应，细胞膜的功能如此重要，那细胞膜的结构是什么样的，细胞膜由什么成分组成？”引入细胞膜成分的探索。展示科学家们对细胞膜成分探索的历史进程，见表 1。

Table 1. The composition of cell membranes explores the history of science
表 1. 细胞膜的成分探索科学史

科学史	人物	时间	实验过程	结果
科学史 1	欧文顿	1895 年	用 500 多种化学物质对植物的通透性进行了上万次实验。发现溶于脂质的物质，容易穿过细胞膜，不溶于脂质的物质不容易穿过细胞膜。	推测细胞膜由脂质组成。
科学史 2			科学家利用动物的卵细胞、红细胞、神经细胞制备出纯净细胞膜，进行化学分析。	组成细胞膜的脂质有磷脂和胆固醇，其中磷脂含量最多。
科学史 3	朗缪尔	1971 年	把溶有膜脂的挥发性溶剂倾倒在水面上，溶剂挥发掉，而脂类分子可在水面上铺开成一层。	磷脂分子的极性一端被吸附在水分子上，而非极性一端直立在水面上。
科学史 4	戈特、格伦德	1925 年	脂质在空气 - 水界面上呈单分子层，测得其面积恰为红细胞表面积的 2 倍。	细胞膜中的磷脂必然排列为连续的两层。
科学史 5	丹尼利、戴维森	1935 年	研究了细胞膜的张力。	细胞膜除含脂质分子外，可能还附有蛋白质。
科学史 6			科学家陆续测定了不同细胞的生物膜的化学组成。	细胞膜的组成成分由脂质、蛋白质和糖类。
科学史 7	罗伯特森	1959 年	罗伯特森在电子显微镜下观察细胞膜，发现其呈现“暗 - 亮 - 暗”的三层结构。	“暗 - 亮 - 暗”的三层结构分别代表“蛋白质 - 脂质 - 蛋白质”。是一种静态的统一结构。

续表

科学史 8	1970 年	人 - 鼠细胞融合实验。	细胞膜表面的蛋白质分子是可以运动的，该实验及其他相关实验说明细胞膜具有流动性。
科学史 9		物理学家采用冰冻蚀刻法在低温下将细胞膜断开，升温后暴露两层磷脂之间的断裂面。	蛋白质镶、嵌、贯穿于磷脂双分子层中。
科学史 10	辛格和尼科尔森 1972 年	总结提出了新的生物膜模型 - 流动镶嵌模型。	提出流动镶嵌模型。

【教师】引导学生跟随科学家的脚步对细胞膜的功能进行探索，通过实验的现在得出结论，分析归纳出细胞膜的组成成分和结构。

【教师】展示表 1 中的科学史 1 欧文顿的实验，提出问题“细胞膜中有什么成分？”同时引发学生思考“最初对细胞膜成分的认识，是通过对现象的推理分析，还是通过对膜成分的提取与检测？”

【学生】根据教师提出的问题进行思考，共同完成科学探究实验，并通过实验的现象推测细胞膜是由脂质组成的。但是该科学结论是通过现象观察到的，而并非通过实验验证，该结论还需要通过实验进一步确认。

【教师】通过表 1 中的科学史 2，来验证学生的推测是否正确。展示表 1 中丹尼利、戴维森的实验，同时继续提出问题：“除了脂质，细胞膜中还有什么成分呢？”

【学生】根据实验推测出细胞膜的组成成分除了脂质外，还有蛋白质。

【教师】补充表 1 中科学史 6 的材料，引导学生分析表 2 中数据，验证假说，得出结论。

Table 2. The content of the component composition of different cell membranes
表 2. 不同细胞细胞膜的成分组成含量

生物膜	蛋白质/%	脂类/%	糖类/%
人的红细胞膜	49	43	8
大鼠的肝细胞核膜	59	35	2.9
线粒体内膜	76	24	少
线粒体外膜	52	48	少

【学生】分析表 2 中的数据，得出结论：细胞膜的组成成分由脂质、蛋白质和糖类。

【设计意图】将细胞膜成分探索的科学史串联起来，形成有体系的探究过程，通过问题引导，引发学生主动思考，参与到探索过程中，让学生通过“分析科学史 - 提出假说 - 验证假说 - 得出结论”感受科学探究的过程；同时培养学生资料和分析数据的能力，通过科学史培养学生的科学思维和科学探究能力。

7.4. 细胞膜的结构探索

【教师】展示表 1 中的科学史 3 朗缪尔的实验过程，并提出问题：如果有一个水槽，把磷脂分子铺在水面上，磷脂分子将如何在水 - 空气界面上排布？

【学生】根据推测，思考磷脂分子将如何在水 - 空气界面上排布，提出假说。

假说 1：磷脂分子的头部靠近水面，而尾部远离水面。

假说 2：磷脂分子的头部靠近水面，而尾部远离水面。

【教师】介绍磷脂分子的结构特点磷脂分子头部含磷酸基团，具极性，易与极性水分子形成氢键，

故亲水；尾部为脂肪酸链，非极性，与水分子排斥，故疏水。验证学生提出的假说。

【教师】紧接着提供表 1 中科学史 4 戈特、格伦德的实验，提出问题：细胞膜的两侧都有水环境存在，细胞膜中的磷脂分子可能怎么排布？并引导学生尝试构建磷脂双分子层模型。

【活动】结合磷脂分子的性质，推测出细胞膜中的磷脂必然排列为连续的两层。并思考磷脂分子在水-水界面上如何排布。尝试构建磷脂双分子层结构模型。

【设计意图】进一步训练学生“提出假说”的科学方法的运用，训练学生的思维能力和探究能力，同时训练学生模型建构的能力，培养学生的科学思维和科学探究能力。

【教师】提出问题“根据科学家们的实验探索，我们归纳总结出了细胞膜的组成成分，同学们思考一下脂质、蛋白质和糖类是如何组成细胞膜的？”展示表 1 中的科学史 7，引导学生构建罗伯特森提出的细胞膜结构模型。

【学生】尝试构建细胞膜的“三明治”结构模型。

【教师】补充材料罗伯特森利用电子显微镜拍摄到了细胞膜的图像为“暗-亮-暗”的三层结构，测定细胞膜的厚度为 7~8 nm，恰好是单层磷脂膜厚度的两倍而按照“三明治”模型，加上两侧的蛋白质，膜的总厚度应当超过 20 nm。提出问题“根据电镜照片和膜厚度的证据，请提出自己的猜想”同时思考“罗伯特森提出的细胞膜结构有没有什么问题？如果有问题，你能拿出有力的证据来反驳他吗？”

【学生】对罗伯特森提出的“三明治”结构模型产生质疑，测定细胞膜的厚度也支持了磷脂双分子层模型，而否定了“三明治”的结构模型，细胞膜的结构还需要进一步探索。并质疑罗伯特森提出的细胞膜是静态的这一观点，用单细胞生物的运动、摄食过程来反驳罗伯特森提出的观点，并在此基础上思考如何改进构建出来的模型。

【设计意图】提高学生分析、归纳和总结的能力，并通过资料分析让学生产生认知冲突，大胆的做出假说，有敢于批判和质疑的能力，提升学生逻辑推理能力，同时训练学生的模型构建能力，发展科学思维。

【教师】同学们的反驳是建立在用已有的知识上的，而没有实验的证据来说明，因此科学家们继续进行实验，展示表 1 中的科学史 8，提出问题“人-鼠细胞融合实验得出了什么样的结论？”

【学生】从科学的角度合理的质疑罗伯特森提出的细胞膜是静态的这一观点，并提出细胞膜是流动的这一观点。

【教师】肯定学生的推测，展示表 1 中的科学史 9“冷冻蚀刻技术”，引导学生观察蛋白质在磷脂双分子层上如何分布，并用科学术语为学生解释。

【学生】观察“冷冻蚀刻技术”图片中蛋白质以“镶、嵌、贯穿于磷脂双分子层”三种方式排布与磷脂双分子层上，进一步否定罗伯特森的“三明治”结构。

【教师】引导学生尝试构建细胞膜的结构，并提供表 1 中的科学史 10 辛格和尼科尔森的细胞膜结构模型。

【学生】尝试重新构建细胞膜的结构模型-“流动镶嵌模型”。

【设计意图】通过“提出模型-发现矛盾-寻找新证据-构建新模型”的过程，培养学生的批判性思维和模型构建能力，理解科学模型的动态发展性。同时通过科学史的学习，让学生明白科学结论的得出需要科学实验来支持结论，并通过不断地质疑与思考培养学生的科学思维，并成功构建出细胞膜的正确结构。

8. 教学反思

本节课的设计，主要是以科学史为主线设计了探究活动，但在教学中会发现在教学的部分环节中

生对知识的理解会有困难。在分析欧文顿的脂溶性实验时,学生对于“相似相溶”原则了解的并不深刻,部分学生难以从实验现象归纳出“细胞膜由脂质组成”的结论,并且对“脂溶性物质易穿过细胞膜”这一现象与成分推测之间存在的逻辑关系会有疑问。根据这些问题,教师可以通过类比生活中的“油水分离”的例子,帮助学生直观理解脂质的特性,并引导学生逐步推理。同时,在抽象概念部分,比如在构建磷脂双分子层模型时,学生对磷脂分子的亲水端和疏水端排布方式理解存在一定的理解难度,在这个过程中教师可以增加适当活动,播放动态动画演示或者引导学生分组进行模型拼装的活动,强化学生的思维能力。

在细胞膜的结构探索部分,学生在质疑罗伯特森的静态模型时表现出较强的批判性思维,部分学生能够结合之前学过的知识“变形虫运动”等实例来反驳罗伯特森的观点,学生自发的思考,能够更好的参与课堂教学,更好的掌握知识并发展批判性思维。也有部分学生对“冷冻蚀刻技术”等实验证据的分析还存在欠缺,并不能充分理解蛋白质的分布方式,但在教师的引导下,也能分析得出结论。

基于教学过程中存在的问题,可以对教学设计进一步进行优化,可以适当增加生活化的案例,利用这些生活经验降低学生对于抽象概念的理解难度,同时也可以增加可视化工具的运用,让学生直观的观,能更好的解决问题。在教学过程中也可以引入更多学生互动环节,比如辩论赛活动等,进一步激发学生的批判性思维,发展学生的核心素养。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 丁洪春. 指向培养科学思维的高中生物科学史教学实践——以“DNA 是主要的遗传物质(第1课时)”为例[J]. 教育, 2024(35): 119-121.
- [3] 朱素娟, 史心怡, 高雅. 例谈如何利用生物科学史培养科学思维[J]. 中学生物教学, 2022(6): 39-41.
- [4] 杨焱旭. 运用生物科学史教学培养科学思维能力的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [5] 孟凡龙, 朱家华. 生物学科学史循证教学: 为何与何为[J]. 课程. 教材. 教法, 2025, 45(1): 129-134.
- [6] 年福琪, 桑灿. 问题驱动模式在高中生物科学史教学中的应用——以“DNA 是主要的遗传物质”一节为例[J]. 中学生物教学, 2023(16): 49-51.
- [7] 徐丽娟, 王鹏飞. 驱动深度学习, 提升学科核心素养——原始文献在高中生物学教学中的作用[J]. 中国教育学报, 2024(S1): 121-123.
- [8] 张梦琪, 马剑敏. 利用科学史发展学生的科学思维能力[J]. 中学生物教学, 2021(36): 4-6.
- [9] 冯静茹, 余惠如, 李德红. 还科学史原貌, 挖掘科学本质教育价值[J]. 生物学通报, 2023, 58(12): 5-10.
- [10] 佛丽, 丁帅, 董晶晶. 中学生物学教学中科学思维能力的培养——以“分子与细胞”模块的生物科学史为例[J]. 中学生物教学, 2023(14): 29-32.