

分类号: G633.91
学号: 20232106051

密级:
单位代码: 10759

石河子大学

硕士学位论文



培养学生科学思维的高中生物学习题课的教学 实践研究——以“孟德尔定律及伴性遗传”为例

学位申请人	高艺娟
指导教师	陆嘉惠 教授 陈晓翠 中级教师
申请学位类别	专业硕士
专业名称	教育
研究领域	学科教学(生物)
所在学院	生命科学学院

中国·新疆·石河子
2026年5月

分类号：
学 号：20232106051

密 级：
单位代码：10759

石河子大学

硕 士 学 位 论 文



培养学生科学思维的高中生物学习题课的教学 实践研究——以“孟德尔定律及伴性遗传”为例

学 位 申 请 人	高艺娟
指 导 教 师	陆嘉惠 教授
	陈晓翠 中级教师
申 请 学 位 类 别	专业硕士
专 业 名 称	教育
研 究 领 域	学科教学（生物）
所 在 学 院	生命科学学院

中国·新疆·石河子
2026年5月

**Research on Teaching Practices in High School Biology
Problem-Solving Classes Aimed at Cultivating Students' Scientific
Thinking: A Case Study of "Mendelian Laws and Sex-Linked
Inheritance"**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Education (Ed.M)

By
Gao Yijuan

(Subject Teaching) (Biology)

Dissertation Supervisor: Prof.Lu Jiahui

May,2026

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：高艺娟

时间：2026年5月19日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：高艺娟

时间：2026年5月19日

导师签名：陆嘉惠

时间：2026年5月19日

摘要

随着《普通高中生物学课程标准（2017年版2020年修订）》的发布，我国高中生物学教育进入深入发展阶段。作为核心素养四大组成之一的科学思维，近年来相关研究颇多，但大多聚焦在以必修1为案例的新授课教学实践研究中。与必修1侧重观察——归纳法不同的是必修2侧重假说——演绎法，特别是在《遗传因子的发现》和《基因和染色体的关系》两章；同时，与新授课侧重学知识不同的是习题课更侧重学思维。因此，“孟德尔遗传定律及伴性遗传”相关习题课教学，是培养学生科学思维重要途径之一。鉴于此，本研究以孟德尔定律及伴性遗传为例，基于科学思维能力培养的现状调查，构建培养科学思维的习题课教学设计框架与讲评策略，并通过实践教学及教学效果多元评价，探索该实践教学途径和教学框架，是否有利于学生科学思维水平的提升。为学生科学思维的培育提供可落地、可操作的实践路径和方法支撑，为一线教师提供教学参考。

本研究借助建构主义学习理论、元认知理论及多元智能理论，运用文献研究法、问卷调查法、访谈调查法及教育实验法，梳理或研究了以下内容：（1）梳理科学思维和生物习题课的研究现状及内涵；（2）调查科学思维的培养现状；（3）建构培养学生科学思维的高中生物学习题课的教学设计框架及讲评策略；（4）进行以孟德尔定律及伴性遗传相关习题为案例的教学实践研究及效果评价。通过上述研究，得出主要结果如下。

1.学生问卷统计分析及教师访谈分析结果表明：学生主要存在科学思维各维度能力发展不均、科学思维习惯培养不足和高阶科学思维更为薄弱等问题；教师教学认知与实践能力也存在明显短板，师生协同效果不佳，双向互动效能低下，并且科学思维教学体系不够完善等。

2.依照“情境性、反思性、差异性”的原则，构建培养科学思维的高中生物学习题课的教学设计框架：课前确定教学目标分析错题；课中分类讲评错题归纳反思；课后教师交流总结持续跟进。并且提出了八大讲评策略：知识梳理与辨析、思维过程展示、变式应用、模型建构、拓展联系、批判质疑与论证和交流互动。

3.教学实践后，科学思维量表、纸笔测验及课后学生访谈三种测评工具的结果为：（1）实验班相较于对照班的科学思维水平在实践教学后显著提升：在归纳与概括、演绎与推理、模型与建模、批判性思维和创造性思维五大维度均有不同程度的提升，尤其演绎与推理维度提升最高。（2）实验班学生纸笔测验平均分相较于对照班由实践前的约1分之差提升到了5分左右，成绩提升较显著。（3）学生访谈中实验班学生对新习题课教学方式表示高度认可，认为有较多收获与提升。

所以基于科学思维现状调查和三大教育学理论建构的“课前-课中-课后”教学框架及八大讲评策略在为期4个月的教学实践后能有效促进学生科学思维水平及解题能力的提升。

关键词：科学思维；习题课；高中生物学；教学设计框架；教育实践

Abstract

With the release of the "Curriculum Standards for Biology in Senior High Schools (2017 Edition, Revised 2020)," biology education in China's senior high schools has entered a phase of in-depth development. Scientific thinking, one of the four core competencies, has attracted considerable research in recent years, most of which focuses on teaching practices using the required Course 1 as a case study. Unlike Course 1, which emphasizes observation and induction, Course 2 centers on hypothesis-deduction methods, particularly evident in the chapters "The Discovery of Genetic Factors" and "The Relationship between Genes and Chromosomes." Moreover, while new-lesson instruction emphasizes knowledge acquisition, exercise classes place greater emphasis on developing thinking skills. Therefore, problem-solving lessons related to Mendelian genetics and sex-linked inheritance represent an important pathway for cultivating students' scientific thinking. In light of this, this study takes Mendel's laws and sex-linked inheritance as examples, investigates the current status of scientific thinking ability development, constructs a teaching design framework and evaluation strategies for exercise classes aimed at fostering scientific thinking, and explores through practical teaching and multi-dimensional assessment whether this approach effectively enhances students' scientific thinking abilities. The study aims to provide feasible, operational pathways and methodological support for nurturing scientific thinking and offer practical guidance for classroom teachers.

Drawing on constructivist learning theory, metacognitive theory, and multiple intelligences theory, and employing literature review, questionnaire surveys, interviews, and educational experiments, this study systematically examined the following: (1) the current research landscape and conceptual understanding of scientific thinking and biology exercise classes; (2) the present state of scientific thinking cultivation; (3) the construction of a teaching design framework and evaluation strategies for high school biology exercise classes that promote scientific thinking; and (4) a teaching practice and effectiveness evaluation based on exercises related to Mendel's laws and sex-linked inheritance. The main findings are as follows:

1. Analysis of student questionnaires and teacher interviews revealed that students generally exhibit uneven development across dimensions of scientific thinking, insufficient development of scientific thinking habits, and notably weak higher-order thinking skills. Teachers also face clear shortcomings in pedagogical cognition and practical capabilities, resulting in poor collaboration with students, low bidirectional interaction efficiency, and an incomplete system for teaching scientific thinking.

2. Based on the principles of contextuality, reflection, and differentiation, a three-phase teaching design framework—pre-class, in-class, and post-class—was developed to cultivate

scientific thinking in high school biology exercise classes: pre-class analysis of errors and goal setting; in-class categorized explanation, error correction, and reflective summarization; and post-class teacher-student exchange, continuous follow-up. Eight evaluation strategies were proposed: knowledge organization and discrimination, demonstration of thought processes, variant application, model building, extension and connection, critical questioning and argumentation, and interactive communication.

3. Results from three assessment tools—scientific thinking scales, paper-based tests, and post-class student interviews—indicated: (1) After the teaching intervention, the experimental class showed significant improvement in scientific thinking compared to the control class, with notable gains across five dimensions: induction and generalization, deduction and reasoning, modeling and model building, critical thinking, and creative thinking, especially in deduction and reasoning; (2) The average score of the experimental class on the paper test increased by approximately 5 points compared to the control class, a substantial improvement from the initial difference of about 1 point; (3) Students in the experimental class expressed strong approval of the new exercise class format, reporting significant gains and improvements.

Thus, the "pre-class-in-class-post-class" teaching framework and eight evaluation strategies, grounded in the current status of scientific thinking and supported by three educational theories, proved effective in enhancing students' scientific thinking and problem-solving abilities after four months of implementation.

Keywords: scientific thinking; exercise class; high school biology; teaching design framework; educational practice

目录

第1章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 高中生物学新课标对科学思维的培养要求.....	1
1.1.2 高中生物学习题课正面临着提质增效的现实需求.....	1
1.1.3 生物学习题课是培育科学思维的关键载体.....	2
1.2 国内外研究综述.....	3
1.2.1 关于科学思维的研究现状.....	3
1.2.2 关于生物学习题课的研究现状.....	9
1.2.3 关于在生物学习题课中培养科学思维的研究现状.....	12
1.2.4 研究述评.....	13
1.3 研究目的、内容与意义.....	14
1.3.1 研究目的.....	14
1.3.2 研究内容.....	14
1.3.3 研究意义.....	15
1.3.4 技术路线.....	15
1.4 研究方法.....	16
第2章 概念界定与理论基础.....	18
2.1 概念界定.....	18
2.1.1 科学思维.....	18
2.1.2 生物学习题课.....	21
2.2 理论基础.....	21
2.2.1 建构主义学习理论.....	21
2.2.2 元认知理论.....	22
2.2.3 多元智能理论.....	22
2.2.4 以上理论对本研究的启示.....	23
第3章 高中生物学习题课培养科学思维的现状调查及问题分析.....	24
3.1 调查目的与对象.....	24
3.1.1 调查目的.....	24
3.1.2 调查对象.....	24
3.2 调查工具设计.....	25
3.2.1 调查问卷编制.....	25
3.2.2 问卷信效度分析.....	26

3.2.3 访谈提纲编制.....	26
3.3 基于问卷调查的结果分析.....	27
3.3.1 归纳与概括维度结果分析.....	27
3.3.2 演绎与推理维度结果分析.....	29
3.3.3 模型与建模维度结果分析.....	31
3.3.4 批判性思维维度结果分析.....	33
3.3.5 创造性思维维度结果分析.....	34
3.4 基于访谈调查的结果分析.....	36
3.4.1 教师对科学思维的了解程度.....	36
3.4.2 教师对培养科学思维必要性的理解.....	37
3.4.3 备课时培养科学思维的意识.....	39
3.4.4 习题课中培养科学思维的方法.....	40
3.4.5 习题课培养中科学思维面临的困难.....	42
3.4.6 习题课培养科学思维所需的支持.....	44
3.5 科学思维培养存在的问题及成因分析.....	45
3.5.1 存在的问题.....	45
3.5.2 成因分析.....	47
3.6 本章小结.....	49
第4章 培养科学思维的高中生物学习题课教学设计的构建.....	51
4.1 培养科学思维的高中生物学习题课教学原则.....	51
4.1.1 情境性.....	51
4.1.2 反思性.....	51
4.1.3 差异性.....	52
4.2 培养科学思维的高中生物学习题课教学设计框架.....	52
4.2.1 课前：确定教学目标、分析错题.....	53
4.2.2 课中：分类讲评错题、归纳反思.....	56
4.2.3 课后：教师交流总结、持续跟进.....	62
第5章 培养科学思维的高中生物学习题课教学实践研究.....	63
5.1 实践目的.....	63
5.2 实践对象.....	63
5.3 实践计划.....	63
5.4 实践案例--以《孟德尔定律以及伴性遗传》为例.....	65
5.4.1 课前：确定教学目标、完成教学设计.....	65
5.4.2 课中：分类讲评错题、归纳反思.....	75

5.4.3 课后：教师交流总结、持续跟进.....	77
5.5 教学实践效果评价.....	78
5.5.1 科学思维水平量表结果分析.....	78
5.5.2 纸笔检验.....	80
5.5.3 学生访谈.....	81
5.6 本章小结.....	84
第6章 结论与反思.....	85
6.1 研究结论.....	85
6.2 研究反思.....	86
参考文献.....	87
附录.....	94
附录 A. 高中生物学习题课培养学生科学思维的现状调查问卷.....	94
附录 B. 高中生物学习题课培养科学思维的教师访谈提纲.....	96
附录 C. 《孟德尔定律及伴性遗传》非选择练习题.....	97
附录 D. 教学实践过程展示.....	99
附录 E. 纸笔检验前测试卷.....	104
附录 F. 纸笔检验后测试卷.....	108
附录 G. 培养科学思维的高中生物学习题课后学生访谈提纲.....	115

第1章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 高中生物学新课标对科学思维的培养要求

随着我国教育改革从知识本位向素养本位的转型,高中生物学教学的目标和内容发生了重要变化,科学思维从隐性的教学要求转变为显性的核心目标。《普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称新课标)明确将生命观念、科学思维、科学探究和社会责任共同列为生物学的四大核心素养。其中科学思维指的是尊重事实和证据,崇尚严谨和务实的求知态度,运用科学的思维方法认识事物、解决实际问题的思维习惯和能力^[1]。这种转向并非简单地要求教师的教学进行调整,而是回应了未来社会对创新型、素养型人才的核心需求。高中生物学作为研究生命系统的学科,其知识体系本身就蕴含着科学思维的逻辑范式,从细胞的结构与功能到生态系统的稳态调节,从遗传规律的分析到进化理论的论证,生物学每一个知识模块的学习都需要科学思维的支撑。在这一时代背景、政策背景下,科学思维不再是挂靠知识学习的附属品,而是学生通过生物学学习必须形成的关键能力。它不仅能帮助学生更深刻的理解生命科学的本质,更能培养学生基于证据判断、理性分析问题的思维习惯,为其后续参与科学研究、应对复杂的社会问题奠定认识基础。因此将科学思维纳入高中生物学教学的核心目标,既是课程改革的必然要求,也是生物学学科教育价值的本质体现,而如何让科学思维在具体的教学环节中落地是当前高中生物学教学研究关注的热点话题。

1.1.2 高中生物学习题课正面临着提质增效的现实需求

习题课是高中生物教学的重要组成部分,其核心功能是连接学生习得知识与思维发展的桥梁,通过习题训练,帮助学生巩固基础知识、发现知识漏洞,更重要的是在问题解决过程中,深化科学思维方法的运用。早在2019年,中共中央、国务院就颁布《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》,提出要提高作业设计质量,基础性作业要精心设计,并且要适当增加探究性、实践性和综合性的作业^[2]。这就要求要从整体上对作业进行重新规划,减少机械重复的作业,并且发挥作业对发展学生思维能力的作用。然而笔者在高中实习的过程中,发现当前高中生物学习题课的教学实践陷入了多重困境,面临着提质增效的现实需求。从教学目标来看,应试导向使得多数教师将习题课的核心定位为解题技巧的传授

和错题的订正, 过度关注学生考试分数的提升, 而忽略了习题课背后所存在的思维价值训练, 在引导学生思考习题背后的科学思维训练上着眼较少, 主动运用科学思维分析问题也较少。从教学方法来看, 讲授式的教学模式仍占据主导地位, 多数课堂仍然呈现教师布置题目、学生完成题目、教师讲评题目的现状, 学生缺乏自主探究、合作讨论和质疑论证的机会, 难以在互动中深化对思维方法的理解与运用, 也存在着能听懂但是不会运用的现象。而从习题设计来看, 现有习题都侧重对基础知识的记忆性考察、题目情境简单、提问方式单一, 对归纳推理、演绎推理、批判性思维等高阶思维能力的训练不足, 缺乏对思维梯度的设计。这些问题的存在一方面难以满足学生发展科学思维的课标要求, 另一方面也没有满足国家对作业提质增效的需求。

1.1.3 生物学习题课是培育科学思维的关键载体

分析高中生物学教学的内在逻辑, 可以发现, 生物学习题课不仅是简单的习题讲解和答案订正, 也是培育学生科学思维的关键载体。习题课对科学思维的培育作用体现在三方面。一是在习题训练过程中, 学生的错误解题思路本质上反映的是其科学思维的漏洞。教师针对这些问题进行深度分析, 可以引导学生回溯思维过程、发现思维误区, 进而通过针对性的训练, 弥补其短板, 实现其科学思维的提升。这种基于学情反馈的思维训练, 是新授课等其他教学环节难以替代的。因为新授课往往侧重知识体系的建构, 而习题课则聚焦于知识应用过程中的思维深化。二是习题课的问题情境性为科学思维方法的运用提供了实践场景。高质量的生物学习题课往往会以真实的生命现象、科学研究案例为情景, 学生在解决这类问题时, 需要向科学家一样从情境中寻找生物学事实与证据, 这过程本质上就是科学思维的模拟实践, 也是对科学思维方法的实际运用与巩固。三是不同习题能够推动科学思维的层次提升, 习题往往是循序渐进具有梯度的, 从基础记忆类题目到理解应用的题目, 再到创新探究类题目, 能够引导学生的思维, 从低阶向高阶逐渐迈进, 这种进阶似的思维训练能够帮助学生将科学思维内化为稳定的认知能力, 而非单纯的解题技巧。因此生物学习题课并非简单的习题讲解, 而是培育科学思维的重要场域, 只有充分挖掘习题课的思维培养功能, 才能真正实现高中生学科学思维培养目标, 为核心素养导向下的高中生物学教学改革提供可行路径。

在科学思维培育层面, 新授课与习题课存在明显差异。新授课以新知讲授为主, 多采用观察归纳的思维方式, 侧重帮助学生理解基础知识、构建核心概念, 能够完成科学思维的启蒙奠基, 易于学生建立基础认知, 但多停留于浅层理解, 难以开展深度逻辑推演, 不易暴露内在思维误区。习题课则侧重知识迁移与实战

运用, 依托习题情境开展假说演绎、逆向推理与逻辑论证, 聚焦高阶科学思维训练, 可有效纠正思维偏差, 锤炼学生严谨推理、综合分析与归纳总结的能力, 实现思维能力的拔高提升。但其教学开展依赖扎实的知识基础, 若教学形式流于单纯讲评答案, 则难以发挥思维培养实效。因此, 新授课重在搭建思维框架, 习题课重在打磨思维品质, 二者互为补充, 其中遗传类重难点知识更适合借助习题课落实高阶科学思维的培养。

1.2 国内外研究综述

为了系统、全面地了解当前对高中生物学习题课培养科学思维的研究现状, 聚焦本文的两个关键词“科学思维”和“生物学习题课”展开研究综述。其中对科学思维的研究综述从内涵、培养路径和测量研究三个方面展开; 对生物学习题课的研究从生物学习题、生物学习题课的理论 and 教学方法展开。此外, 单独综述在生物学习题课中培养科学思维的相关研究, 并找到本文的研究切入点。

1.2.1 关于科学思维的研究现状

(1) 科学思维的内涵研究

自古以来, 从苏格拉底的产婆术培养学生的批判性思维和逻辑能力, 到孔子的“学而不思则罔, 思而不学则殆”强调要引导学生思考, 有众多哲学家、教育家都论述过思维培养的重要性, 共同奠定了思维培养的早期思想基础。但进入现代学界, 科学思维的内涵界定始终未形成统一范式, 学者们从核心属性、能力结构、过程特征等多视角展开探讨, 呈现出多元而深入的研究图景, 其核心观点可归纳为以下三方面:

一方面, 科学思维的核心属性是对理性和证据的强调。虽然科学思维没有一个万能的观念, 不同学者对其的界定也有区别, 但是学者们普遍以理性、证据为核心关键词, 在具体阐释各有侧重。比如谭永平认为科学思维的核心是理性思维, 尽管除了理性思维之外, 还包括直觉和灵感等成分, 但灵感和直觉无法通过系统的训练来习得, 而理性思维却可以在教育教学中得到提升^[3]。因此, 教育中的科学思维实际上指的就是其中的理性思维, 而理性思维指的就是按照一定的原则程序进行逻辑推理的能力^[4]。进一步从生物学学科视角出发, 谭永平曾专门撰文分析过生物学学科素养的内涵和外延, 他提出科学思维工具是围绕概念开展的, 学生通过对现象的抽象概括, 来形成某一生物学概念, 对不同生物学概念之间的关系做辨析和判断, 则形成命题, 在命题的基础之上进行推理, 而归纳和演绎就是推理的手段, 分析和综合则贯穿整个思维过程, 简而言之, 就是抽象概括、归

纳演绎、分析综合在整个思维过程中相互关联,此外,科学思维,除了逻辑推理能力之外,还有态度因素,也就是思维品格^[5]。赵占良和吴成军对科学思维的界定与此相似。赵占良认为,科学思维是基于事实证据、运用科学概念、通过科学推理和论证对事物的本质规律和关系做出预测的认识方式,强调证据、推理、论证的逻辑链^[6]。吴成军则认为科学思维是认知动机、认知行为认知方式和认知品质的统一,而中学生物学课程中的科学思维,主要指的是逻辑思维^[7]。逻辑思维主要包括比教育分类、归纳与演绎、分析与综合、抽象与概括和批判性思维等。此外,吴成君还认为科学思维有一定的显性特征,包括崇尚真理、认同科学知识、正确的逻辑分析、尊重事实与证据等^[8]。也就是说,科学思维方法是对事物的认知方式,而科学思维特征,其实正是在通过使用科学方法的过程中表现出来的特征。从更广义的认知视角来看,库恩将科学思维定义为有意识的追求知识,认为追求和巩固知识是思考的根本目标^[9];胡卫平和林崇德认为,科学思维的核心是大脑的主观能动性,通过多种方式,对自然界的本质和规律以及事物间的联系进行科学反映^[10]。虽然这些观点虽视角不同,但均围绕理性认知与证据支撑两大核心,为科学思维的内涵划定了基本范畴。

另一方面,构建出多维度、多层级的科学思维能力结构模型。除核心属性外,学者们进一步从能力构成视角拆解科学思维,形成了多维度、有层级的结构模型。胡卫平提出科学思维能力结构模型,包括科学思维的品质、科学思维的内容和科学思维的方法三个维度,每个维度又包含四到五个子维度。林崇德则从智力和思维能力为突破口,强调概括能力是科学思维的基础,认为学生首先要掌握概括能力,再通过各学科学习进行批判性思考,才能构建扎实的概念体系,进而发展高阶科学思维。马扎诺在其《学习的维度》一书中对科学思维进行了划分,包括比较、分类、归纳推理、演绎推理、分析错误、提供支持、情况分析、抽象、决策、调查、问题解决、实验探究和创新等13种科学思维能力,覆盖了从基础认知到高阶探究的全范围^[11]。王小燕在《科学思维与科学方法论》一书中将科学思维分为五种,包括感知觉能力、记忆储存能力、逻辑加工能力、思维的控制条件能力以及思维的想象能力^[12]。杜国平在《何为科学思维》一文中阐述了科学思维的能力结构,认为科学思维是包含逻辑思维、数学思维、直觉思维等多种思维在内的,以逻辑思维为核心的探索未知世界的程序,其基本要素包括语言的理解和表达能力、数学运算能力和逻辑推理能力,逻辑推理的方法包括演绎、归纳、类比等^[13]。且提出逻辑思维是最底层基础能力,因为如果没有逻辑思维能力,那么他的语言能力和数学运算能力一定不可能得到很好的发展;而没有语言能力和数学运算能力,一个人的逻辑思维能力依然可以非常清晰。

再一方面,科学思维的发展具有过程性和学科关联性。从过程论来看,赫尔

巴特提出明了、联想、系统、方法的思维程序，杜威在此基础上发展出“五步思维法”，二者均强调科学思维是有序推进的认知过程；李正福等人则结合科学探究活动，提出科学思维是应用科学探究方法推理或解决问题的过程，且这一过程伴随知识的获得与变化，凸显了科学思维与科学实践的关联性^[14]。从学科视角来看，张恩德在《科学思维素养的重新审辩与教学实现》一文中提出极具启发的观点：物理学科素养是在遗忘了所有的学过的物理知识后所剩下的东西，是在学科认识活动中形成并应用的理论体系^[15]。他以物理学科为例，指出物理学科的科学思维核心在于“对材料的加工处理方式”，这一观点可迁移至生物学，正如生物学的科学思维，正是学生在遗忘具体生物学知识后，仍能运用的基于生命现象提取证据、通过逻辑推理阐释规律的认知方式。

综上所述，当前学者对科学思维并未有统一的概念界定，但是认同科学思维以理性和证据为关键词；在科学思维的能力结构上，强调逻辑思维的基础地位与多维度能力的协同发展；在科学思维的过程性特征上，科学思维的发展是有序推荐的认知过程。

（2）科学思维的培养路径研究

在阐述科学思维的培养路径研究之前，首先要回应科学思维能否培养这一问题。在这个问题上，国内外学者持有共同意见，即科学思维可以通过课程进行培养。但是在如何培养上有两种不同的观点，一种认为，科学思维是可以被独立教学的，认为思维能力如同技能可通过系统学习习得。比如德波诺认为思维可以通过不断的学习而被掌握，其开发的 CORT 思维训练教程也得到广泛运用^[16]。另一种认为，科学思维要与学科的知识内容相结合，因为思考需要指向具体的对象，因此思维教学要通过与具体学科领域的知识相结合才能进行，比如迈克佩克就持有这种观点，认为脱离学科语境的思维训练难以形成可迁移的能力^[17]。值得注意的是，两种理念并非完全对立，而是在政策推动下逐步走向融合。如英国在 2000 年将思维技能纳入国家的课程体系，既保留专项思维训练模块，又要求学科教学渗透思维培养；欧洲议会在 2019 年就提出科学素养，应该纳入学校课程，科学素养应该培养学生对科学相关议题的批判性思考，并且能够做出明智的决策^[18]。在明确科学思维可以培养后，在如何培养科学思维这一议题上，当前研究主要有以下几种视角：

第一，在课堂中培养学生的科学思维。在 2010 年，林崇德等学者聚焦思维结构，提出要构建思维性课堂，在课堂中强调认知冲突、学生自主建构和自我监控，以及对知识和技能的应用迁移，思维型课堂要求明确课堂目标，重视知识和技能的形成过程，并且要联系已有的知识经验，以训练学生的思维品质^[19]。可以发现，培养科学思维需要在对知识和技能的学习建构、应用迁移中习得。赵国

庆等学者则认为思维发展型课堂需要具备四大核心要素,包括问题情境、认知冲突、可视化和变式运用,其中思维发展需要依托问题的情境,而思维需要在认知冲突中来得到发展,思维过程和思维结果的显性载体是可视化,要想促进思维迁移,则需要通过变式运用^[20]。因此,要在课堂中培养学生的科学思维,则需要重视认知冲突和情境建构,还需要通过对知识的技能的运用来促进思维迁移。其中认知冲突是指学生原有认知经验与新问题情境之间的矛盾,被视为激活科学思维的关键触发点。在创造认知冲突方面,要能够帮助学生链接新旧知识,借助课堂实验,并且巧妙设计问题^[21]。黄耐明认为要从生活中提炼问题,并通过问题来引导学生不断进行探究^[22];高俊英则认为要运用思维要素来设计问题^[23];邵玉韦认为问题设计要情境化、深度化、任务化和整体化^[24]。在情境建构方面,情境是科学思维应用的具体场域,优质情境能让学生在解决真实问题中运用科学思维。史晓胜认为情境的创设能够激发学生的发散性思维,可以从知识点、插图、实验讲解来设计发散的思维情境;此外,还有学者认为,要将学习的内容与学生的经验需要和兴趣相联系,引导学生主动发问和探究^[25]。还可以在生物学课堂中引入社会性议题,来引导学生对观点进行推理和论证。

第二,创新教学模式培养学生的科学思维。比如论证教学、建模教学及其他教学模式。一方面,论证教学是一种有效促进学生科学思维发展的教学模式,论证是科学思维的核心表现形式,通过提出观点、提供证据、反驳质疑、完善结论的过程,能直接训练学生的逻辑思维与批判性思维。刘恩山提出要教会学生掌握如何提出、支持、评价、修正观点,能够运用证据来支持观点,在论证过程中训练思维能力^[26]。国外学者 Deanna Kuhn 认为,在初中和高中阶段是培养学生科学思维的关键阶段,并且探究和论证技能在培养学生科学思维过程中占据重要地位;此外,还提出在科学技能中批判性思维是当前普遍缺失的,因此更应培养求真务实、批判质疑的态度和品质^[27]。另一方面,还有学者研究建模对科学思维的培养作用,建模是科学研究的核心方法,也是培养科学思维的重要载体,学生在构建、修正模型的过程中,需综合运用归纳概括、演绎推理、分析综合等思维方法。比如尹虎军认为构建模型的过程可以帮助学生将所学的概念、方法有机的进行联系,并且通过综合分析形成模型,在建模过程中培养分析、判断、推理等科学思维能力^[28]。邵乃军认为,建模活动本质上是一种创造性的思维活动,但创造性的思维活动并不是完全的猜测,而是需要基于实证的猜想,在对模型的质疑和完善过程中不断地进行论证推理,丰富学生的思维活动^[29]。沈伟云针对模型构建、提出问题、归纳演绎和鼓励质疑提出相应的策略^[30]。再一方面,还有学者基于理论模型或者教学方法在生物学课堂中培养科学思维,比如占迪专以单细胞生物为例,运用 ADI 模型,来引导学生体验问题的生成、分析、论证和解