

分类号: G633.91  
学 号: 20202106010

密 级: 公开  
单位代码: 10759

# 石河子大学

## 硕士学位论文



### 基于科学思维培养的 高中生物学模拟实验的应用与实践

学 位 申 请 人	韩 妮
指 导 教 师	倪伟 教授
申 请 学 位 类 别	专业学位
专 业 名 称	教育硕士
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

2022年6月

分类号: G633.91  
学 号: 20202106010

密 级: 公开  
单位代码: 10759

# 石河子大学

## 硕 士 学 位 论 文



### 基于科学思维培养的 高中生物学模拟实验的应用与实践

学 位 申 请 人	韩 妮
指 导 教 师	倪 伟 教授
申 请 学 位 类 别	专业硕士
专 业 名 称	教育硕士
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

2022 年 6 月

**Application and practice of high school biology simulation experiment  
based on the cultivation of scientific thinking**

A Dissertation Submitted to

**Shihezi University**

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

**Master of Education (Ed.M)**

By

**Han Ni**

**Subject Teaching (Biology)**

Dissertation Supervisor: Prof. Ni Wei

# 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

本人所提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：韩妮 时间：2022 年 5 月 25 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：韩妮 时间：2022 年 5 月 25 日

导师签名：倪伟 时间：2022 年 5 月 25 日

## 摘要

科学思维是生物新课程标准中生物学学科核心素养之一，其含义为尊重事实和证据，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。高水平的科学思维是需要系统的培养和锻炼的，因此在生物学教学中如何落实科学思维是受到普遍关注的课题，其中，实验教学的形式能够培养和提升学生的科学思维，但实验教学易受到时间、空间、设备条件等诸多客观因素的制约，对学生科学思维的培养收效甚微，而生物学模拟实验有其独特性可解决上述困境。因此本研究将在调查高中生科学思维水平现状的基础上探究生物学模拟实验教学对学生科学思维的影响。

本研究以新疆维吾尔自治区石河子市某高中高二学生为研究对象，通过调查问卷法了解高中生科学思维现状，在采用文献研究法明晰科学思维的内涵特征和生物学模拟实验本质的基础上，制定基于培养学生科学思维的生物学模拟实验教学方案，在选取的实验班实施模拟实验的教学，在对照班采用常规教学，采用问卷法测量经教学干预前后实验班和对照班学生的科学思维水平变化。

由前测结果可知，学生科学思维的灵活性和敏捷性处于中等或中等以上水平，但科学思维的深刻性、批判性和独创性普遍处于中等或中等偏下水平。在教学干预后，实验班学生科学思维的灵活性和敏捷性没有发生显著变化，科学思维的深刻性、批判性、独创性发生了显著提高，而对照班的科学思维水平未出现显著变化。综合对研究结果的分析，得出以下研究结论：

第一，高中生科学思维水平总体情况良好，但科学思维各维度的发展不平衡，发展良好的是思维的灵活性和敏捷性，而批判性、独创性、深刻性处于中等偏下水平，应对其进行针对性地培养。

第二，通过生物学模拟实验的教学，学生能够全面分析研究对象，抽象出原型的本质特征，学生的科学思维能力得到锻炼，科学思维的深刻性有显著提升。

第三，通过生物学模拟实验的教学，学生能够提出质疑，发表不同见解，在实验过程中排除次要的干扰因素，科学思维的批判性有显著提升。

第四，通过生物学模拟实验的教学，学生能够总结适合自己的学习方法，探索解决问题的新方向和途径，科学思维的独创性有显著提升。

**关键词：**科学思维；生物学模拟实验；高中生物

## Abstract

Scientific thinking is one of the core qualities of biology in the new biology curriculum standard. Its meaning is to respect facts and evidence, advocate a rigorous and pragmatic attitude towards knowledge, and use scientific thinking methods to understand things and solve practical problems. High level scientific thinking needs systematic cultivation and exercise. Therefore, how to implement scientific thinking in biology teaching is a subject of general concern. Among them, the form of experimental teaching can cultivate and improve students' scientific thinking, but experimental teaching is easily restricted by many objective factors such as time, space and equipment conditions, which has little effect on the cultivation of students' scientific thinking. The biological simulation experiment has its uniqueness, which can solve the above dilemma. Therefore, this study will explore the impact of biology simulation experiment teaching on students' scientific thinking on the basis of investigating the current situation of senior high school students' scientific thinking level.

This study takes 100 sophomores of a senior high school in Shihezi City, Xinjiang Autonomous Region as the research object, understands the current situation of senior high school students' scientific thinking through the questionnaire method, formulates a scientific teaching design of biological simulation experiment based on cultivating students' scientific thinking on the basis of clarifying the connotation and characteristics of scientific thinking and the essence of biological simulation experiment by using the literature research method, and implements the teaching of simulation experiment in the selected experimental class, Routine teaching was used in the control class, and questionnaires were sent to measure the changes of students' scientific thinking level in the experimental class and the control class after teaching intervention.

According to the pre-test results, the flexibility and agility of students' scientific thinking are at or above the medium level, but the profundity, criticism and originality of scientific thinking are generally at or below the medium level. After the teaching intervention, the flexibility and agility of students' scientific thinking in the experimental class have not changed significantly, the profundity, criticism and originality of scientific thinking have been significantly improved, while the level of scientific thinking in the control class has not changed significantly. Based on the analysis of the research results, the following research conclusions are drawn:

First, the scientific thinking level of senior high school students is generally at the upper middle level, but the development of each dimension is unbalanced. From high to low, the order is flexibility, agility, criticism, originality and profundity. The latter two dimensions are at the lower middle level, which can be targeted and strengthened.

Second, through the teaching of biological simulation experiment, students can comprehensively analyze the research object, abstract the essential characteristics of the prototype, exercise students' scientific

thinking ability, and significantly improve the profundity of scientific thinking.

Third, through the teaching of biological simulation experiment, students can raise questions, express different opinions, eliminate secondary interference factors in the process of experiment, and the criticism of scientific thinking has been significantly improved.

Fourth, through the teaching of biological simulation experiment, students can summarize their own learning methods, explore new directions and ways to solve problems, and significantly improve the originality of scientific thinking.

**Key words:** scientific thinking; Biological simulation experiment; High school biology

# 目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
1 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 基础教育的改革和生物学课程标准的要求.....	1
1.1.2 实验教学是提升学生科学思维的重要支撑.....	2
1.1.3 生物学模拟实验教学的重要价值.....	2
1.2 国内外同类研究综述.....	3
1.2.1 国内外科学思维培养研究现状.....	3
1.2.2 国内外生物模拟实验研究现状.....	4
1.3 核心概念界定.....	6
1.3.1 科学思维.....	6
1.3.2 生物学模拟实验.....	7
2 研究的理论基础.....	8
2.1 建构主义理论.....	8
2.2 有意义学习理论.....	9
2.3 “从做中学”的教育理论.....	10
3 研究的目的和意义.....	11
3.1 研究的目的.....	11
3.2 研究的意义.....	11
3.2.1 理论意义.....	11
3.2.2 实践意义.....	11
4 研究的问题及假设.....	12
4.1 研究的问题.....	12
4.2 问题的假设.....	12
5 研究的内容与方法.....	13
5.1 研究内容.....	13
5.1.1 高中生科学思维水平的现状调查.....	13
5.1.2 提升学生科学思维水平的生物学模拟实验教学设计.....	13
5.1.3 生物学模拟实验教学的实践.....	13

5.1.4	生物学模拟实验教学的效果评价 .....	13
5.2	研究方法 .....	14
5.2.1	文献分析法 .....	14
5.2.2	问卷调查法 .....	14
5.2.3	实证研究法 .....	14
5.3	技术路线 .....	14
6	高中生物学模拟实验的设计 .....	16
6.1	生物学模拟实验内容的选择 .....	16
6.1.1	教材中无法实施的实验 .....	16
6.1.2	生物科学史内容 .....	16
6.1.3	抽象的生物学概念、规律 .....	16
6.1.4	教材中要求, 但未给出具体实验方法的教学内容 .....	17
6.2	确定高中生物模拟实验的设计方法 .....	17
6.2.1	利用实物材料开发 .....	17
6.2.2	利用计算机软件开发 .....	17
6.3	生物学模拟实验的设计原则 .....	18
6.3.1	科学性原则 .....	18
6.3.2	可操作性原则 .....	18
6.3.3	开放性原则 .....	19
6.4	生物学模拟实验的实验流程 .....	19
6.4.1	基于原型建立模型 .....	20
6.4.2	对模型进行分析、研究 .....	20
6.4.3	分析结果, 解释原型 .....	20
7	高中生物学模拟实验教学的实证研究 .....	21
7.1	研究工具的编制 .....	21
7.2	研究工具的分析 .....	22
7.2.1	问卷的信度分析 .....	22
7.2.2	问卷的效度分析 .....	23
7.3	研究对象的分析 .....	24
7.3.1	研究对象的选取 .....	24
7.3.2	研究对象的科学思维分析 .....	25
7.4	提升科学探究能力的生物学模拟实验教学的具体实施 .....	30
7.4.1	生物学模拟实验与科学思维水平的联系 .....	30
7.4.2	提升科学思维水平的生物学模拟实验教学的流程 .....	32

7.4.3 提升科学思维水平的生物学模拟实验教学的案例 .....	33
8 研究结果及分析 .....	41
8.1 不同班级学生科学思维水平比较及子维度分析 .....	41
8.1.1 对照班前、后测科学思维水平变化及子维度分析 .....	41
8.1.2 实验班前、后测科学思维水平变化及子维度分析 .....	42
8.2 结果分析 .....	44
9 研究结论与启示 .....	45
9.1 研究结论 .....	45
9.2 研究的不足 .....	45
9.3 建议 .....	45
参考文献 .....	47
附录 A 科学思维水平维度划分 .....	50
附录 B 科学思维水平前测卷 .....	51
附录 C 科学思维水平后测卷 .....	53
致谢 .....	55
作者简介 .....	56
导师评语 .....	57

# 1 绪论

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 基础教育的改革和生物学课程标准的要求

2001年,《基础教育课程改革纲要》发布,教育部全力推动基础课程的变革,构建新的基础教育课程体系,以适应现代教育的需要。六大课程改革的目标包括课堂上减少过分注重理论知识传授的情况、使学生养成积极主动的学习态度、提倡学生积极主动参与探究等<sup>[1]</sup>。2003年《普通高中生物课程标准》实验版发布,课程标准中对学生的生物科学素养提出了要求,并且倡导学生在课堂应进行探究性的学习,生物科学知识应贴近学生现实生活,与现实生活建立联系<sup>[2]</sup>。

2014年,《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》颁布,此次改革的重心放在科学建立学生核心素养体系,围绕核心素养制订课程方案、课程标准等,并且逐步细化确定了每个学段、学科具体的培养目标与任务<sup>[3]</sup>。至此课程改革进入全面深化推进阶段。

2017年,《普通高中生物学课程标准》颁布,在此次课程标准中,正式提出了生物学学科核心素养的具体内涵,分为四个方面:科学思维、生命观念、社会责任、科学探究<sup>[4]</sup>。课标要求把培养学生核心素养作为生物课堂的核心理念。其中,科学思维贯通于另外三个核心素养的形成过程,因此是学生形成核心素养的关键<sup>[5]</sup>。在2017版的新课标中,要求学生能够通过课程的学习,习惯于使用科学思维的方法,养成良好的思维习惯,在面对生物学话题时,能够利用学过的生物学知识和逻辑思维能力对话题展开讨论,形成自己的思考<sup>[4]</sup>。在过去的生物学教学中,学生通常被要求记住大量的生物知识点,但这样记住的知识点之间是相互独立的,学生不能建立知识架构,也理不清生物学知识之间更深层的逻辑关系,对运用科学思维的方法感到生疏,也就无法理解生物科学的本质。一方面中国教育倡导培养学生的科学思维能力,但一方面在实际的教学过程中缺乏有效的手段,因此怎样能够在生物课堂中落实对学生核心素养的培养,使学生更加重视客观事实,学习并归纳与总结科学知识,并通过客观事实和科学研究的演绎对各种观念和论断作出质疑与批判,这些问题值得我们思考和探索。

### 1.1.2 实验教学是提升学生科学思维的重要支撑

在现代生物科学研究中，观察法、比较法、调查法、实验法等都是最基本的科学研究方式，这里面又以实验方式较为主要，因此可以认为现代生物理论就是借助于实验构建出来的<sup>[6]</sup>。在生物学的科学历史上，生物学家运用实验的有效方法来探寻生命的奥秘和发现生命规律。所以实验性则是生物学区别于其他专业领域的主要特点之一，在生物学教学中，采用实验教学的形式是非常普遍的，能够帮助学生厘清知识之间的内在联系与规律性，锻炼学生的科学思维能力。

2017年版的生物学新课标中明确提出，教师可通过实验教学的形式培养学生核心素养。教师在科学设计实验教学时，要以学生为中心，关注学生在实验过程中的创造力及实践能力，激发学生参与实验的兴趣，在发现问题、进行假设、设计实验、实施实验、交流结果的过程中，达到提升自身归纳与演绎、分析与综合、构建模型等的科学思维水平的目的<sup>[4]</sup>。此外，新课标设置了“教学提示”栏目，内容主要是以生物实验的形式帮助学生完成对生物概念的正确认知，进而促进学生核心素养的发展。相比于以往提出的“知识、能力、情感态度与价值观”的三维目标，学科核心素养目标更加具体，能够更好地实现立德树人的根本任务。总之，实验教学过程中有助于发展学生科学思维，同时高水平的科学思维也能帮助学生在实验探究中解决困难。

### 1.1.3 生物学模拟实验教学的重要价值

生物学模拟实验是指基于相似性原理，用建立的模型替代研究对象进行的实验<sup>[7]</sup>。尽管生物学模拟实验的真实性不如在真实条件下操作的实验，但它仍然能够满足实验教学的培养目标，并有其自身的优势，一方面能在目前实验条件不足的情况下为实际实验加以弥补和拓展，另一方面为不能进行实际操作的生物学实验提供创新的思路和方法。

在生物学实验教学实践中，往往由于学校实验仪器短缺、实验时间不够等特殊原因的约束，而不能直接对研究对象进行实际的操作，又或是由于学生基础较薄弱，在实操中易出现各种问题，而造成实验失败，如此便会打消学生的学习积极性。基于以上切实存在的情况，教师利用多种教学手段合理地开展生物学模拟实验成为解决困境的有效手段。此外，在生物科学史上，有许多的科学家利用科学思维的方法设计了经典的实验，这些实验呈现了科学家从发现问题到解决问题的过程，也体现了科学家宝贵的思维火花。因此在教学过程中通过开展模拟实验对这些经典实验进行再现，从而更加直观生动地展示在学生眼前，对于培养学生的科学思维具有很大的实用价值。

综上所述，教育部对于培养学生的科学思维是一以贯之的，从推行的基础教育课程

改革和新课标中都能体现，同时实验教学对学生科学思维的发展有着重要的作用，而生物学模拟实验既能达到真实实验的教学目标，又能弥补真实实验的不足。因此本文基于对学生科学思维的培养，以生物必修二为例，把课本的适合的内容设计为模拟实验的形式，合理地运用于教学中，以期提升学生科学思维水平。

## 1.2 国内外同类研究综述

### 1.2.1 国内外科学思维培养研究现状

为了科学评定高中生科学思维的发展水平，必须了解科学思维的本质和所涵盖的维度，进而制定适当的评价量表，以增强评价的可行性和可靠性。下面对科学思维的构成要素、教学模式等方面的国内外研究成果做出了综述。

#### 1.2.1.1 国外研究现状

早在古罗马、古希腊时期，当时的哲人就非常重视对人思维的培养，并认为教育主要是为了培养人的思维，这是最早关于思维培养的阐述。在近代教育中，许多教育工作者、哲学家都提到了思维教育的重要性。美国实用主义哲学家杜威提出了重要教育理论——“儿童中心论”，倡导在活动中培养儿童的思维能力<sup>[8]</sup>；美国教育心理学家、认知心理学家布鲁纳指出的“发现学习”理论则倡导认知活动中，孩子必须是主动的、积极的知识探究者，这个过程中直觉思维的培养至关重要<sup>[9]</sup>。前苏联教育家、心理学家赞可夫、苏霍姆林斯基、艾力康宁等都认可学生思维培养的意义，并且赞可夫做了有关培养学生思维的教育实验<sup>[10]</sup>。意识到科学思维培养的重要性之后，许多国家在制定相关教育文件时都强调培养学生科学思维以及采用科学思维教学的重要性。例如美国于20世纪80年代启动的“2061计划”就是为了培养公民在科学、数学和信息技术等方面的素养<sup>[11]</sup>。文件中认为，良好的公民是能够紧跟时代发展，了解自然界和社会发展的运转规律的，这就需要公民具备必须的理解能力和思维习惯，能够进行独立思维，可见培养公民的科学思维能力是必要的。所以美国教育对学生的思维能力是十分重视的。

从国外教育界的经典教育理论、教育文件中可以发现，国外教育对科学思维培养的研究起步较早，许多著名的教育家对于培养学生的思维能力的重要性有着共同的想法，并且积极的寻求科学思维培养的途径。

### 1.2.1.2 国内研究现状

我国教育从 20 世纪 80 年代开始越来越关注学生思维能力的培养,浙江省教育厅研究室最先主张用科学的方法对学生实施教育,经过实践探索表明,科学的教学方法是联系学生知识和能力的重要桥梁,因此学校教育应该把科学方法教学融入到各个学科的课程和教学中。

对于思维结构的解析,最早是由我国学者黄奕柱(1990)对思维结构的特性进行阐述,认为思维结构是以主体已有的知识结构为基础,是从低级向高级不断发展的,并提出了思维结构优化的途径,这对思维科学的研究起到重要作用<sup>[12]</sup>。对思维培养途径的探索,早期主要从学科出发。例如,黄宝圣(2000)就指出在化学教学中,可以从创新思维的基本特点入手,如灵敏的观察力、丰富的想象力、主动的求异性来培养学生创新思维<sup>[13]</sup>。李昌勇(2000)提出在数学科目中可以通过营造问题解决情景、建构良好认知结构,增强协同合作精神等途径培养思维能力<sup>[14]</sup>。周素英(2000)认为生物学实验教学对于培养学生思维能力,提高科学素质有着不可替代的重要作用,为此研究了改进和加强生物学实验教学的方法<sup>[15]</sup>。

随着教育的改革,学者对于科学思维的研究进一步加深,围绕思维培养的策略和理论更加综合全面。例如,胡卫平和罗来辉教授(2001)共同建构了中学生科学思维能力的结构体系,提出了科学思维具有灵活性、深刻性、敏捷性、批判性和独创性,并以图表形象地展示了科学思维能力在这五方面的特点表现,后来胡卫平采用“学思维”活动课程对学生进行实验研究,用郑日昌的《创造性思维测验》对学生的思维水平进行评价<sup>[16]</sup>。领荣、任岩(2019)等人将 STEM 教育与科学思维之间的内在关联进行了总结,并提出了在 STEM 教育中培养科学思维的策略<sup>[17]</sup>。

通过以上文献研究可以发现,我国对于学生科学思维的培养已经进行了多方面的有益的探索,但对于如何利用生物模拟实验来培养学生的科学思维有待进一步的探索。因此本研究拟将生物学模拟实验与培养学生科学思维加以联系,以期培养学生的科学思维提供参考。

### 1.2.2 国内外生物模拟实验研究现状

生物学的模拟实验是生物学实验中一个重要部分,基于结构相似性原理,用“模型”替代“原型”开展科学研究,以揭示科学实质和规律。生物学模拟实验既是对不能实际开展的实验的补充,也是一种体现新课程改革理念的教学方法。综合对国内外文献资料的整理和分析,对生物模拟实验的发展进行综述。

### 1.2.2.1 国外研究现状

生物模拟实验的发展与生物实验密不可分。早在公元前六百多年，古希腊生物学家阿尔克米翁最先开始解剖实验，开创了研究人体解剖学和生理学的先河<sup>[18]</sup>。公元前三百多年，“生物学始祖”亚里士多德在实验条件简陋的情况下对约 540 种动物作出了划分，他观察了小鸡在蛋壳中孵化的情况并绘制成图<sup>[19]</sup>。随着时代的发展，生物学实验的内容也在不断丰富，在微生物学、分子生物学等领域都有着令人瞩目的成果。在开展生物实验研究时，需要提出明确的实验目的，选择合理的实验材料。因此有部分实验受到时间、空间或研究对象本身的属性无法实际开展。比如探究生命起源的实验，显然无法回到地球生命起源的开端进行实际观察。为突破上述困难，让实验突破材料和客观条件的限制，生物模拟实验顺势而生。在 1953 年，美国科学家米勒自制了一个实验装置，用来模拟原始地球的大气成分，有甲烷、水蒸气、氢气等，用火花放电模拟电闪雷鸣。通过这个模拟装置，米勒证实了早期地球生命的起源过程<sup>[20]</sup>。1984 年，美国科研人员在无人的沙漠建设了一座实验室，名为“生物圈 2 号”，采取封闭措施，用以模拟地球生态系统，最后实验不幸失败<sup>[21]</sup>。

随着科学技术的迅速发展，多种多样的现代教学方法和科学技术手段与生物模拟实验进行了融合。1995 年，实验技术人员首次用 VR 技术进行了生物学模拟实验，使用“手术刀”解剖“青蛙”，“手术刀”和“青蛙”都是软件虚拟的，通过这个虚拟实验能够观察到“青蛙”皮肤的纹理、内在的肌肉结构，甚至能够将“青蛙”放大，以便观察到更细微的现象<sup>[22]</sup>。在这个实验中采用虚拟实验的方式有明显的优势，一方面能够避免解剖过程中可能出现的安全问题，一方面又能够和真实实验一样呈现实验结果，甚至比真实实验呈现的结果更具体更详细。因此其受到了发达国家的重视，进行大力的开发和广泛的应用。例如美国霍华德休斯生物医学研究会建立的交互式三维医学系统仿真实验室，主要运用于实验模拟、数据收集、数据化实验指导、实践考核等方面<sup>[23]</sup>。在生物实际教学中，美国麻省理工学院构建的 iLabs 可让教师利用软件模拟转基因试验、免疫学实验等内容进行教学<sup>[24]</sup>。总之，生物模拟实验已在海外大量研究和应用，弥补了真实实验的不足。

### 1.2.2.2 国内研究现状

我国对生物学模拟实验的研究，主要是为了帮助学生更好的理解课本中的生物学知识，使学生记忆更加深刻、掌握更加牢固，能够灵活应用，从而提高教学实效。因此国内的生物学模拟实验的研究主要从以下三个方面进行展开。

一是对课本中呈现的生物学模拟实验进行材料、方法方面的改进和优化，使其更符合教学实际，能够充分有效的开展。例如模拟“性状分离比”的实验，不少教师对其实

验材料、操作步骤、教学设计等方面进行了改善。刘铁华老师根据在实验过程中频繁抓小球放球、费时较长的弊端，发明了模拟教具，将两个矿泉水瓶固定在塑料壳中，用贴着字母的玻璃球代替乒乓球的作用，相比于课本中的实验装置，采用新的模拟教具能够使实验效率大大提升<sup>[25]</sup>。还有许多教师对这个模拟实验进行了优化，如韩明贺和李巧灵在完成性状分离比模拟实验时，丰富了实践教学内容，并开展了教学反思，进一步优化教学设计，完成了实验进阶，进一步提高了学生对理论知识的深入掌握。

二是将生物教材中的其他生物学知识开发成模拟实验的形式进行教学，如将抽象的难以理解的知识设计成模拟实验的形式，生物科学史上的经典实验进行模拟复现等。闫女等教师力求将高中生物选修中基因表达载体一节内容用形象生动的模拟形式展现出来，在课堂中利用卡纸、剪刀等工具，让学生模拟 DNA 分子重组质粒的过程，在模拟的过程中发现不足、解决问题<sup>[26]</sup>。丰丙云和李亚军对科学史上的“伞藻嫁接、核移植”实验进行模拟实验的开发，分别在红、绿卡纸上画出伞藻的形状，用剪刀剪下，在背后固定磁铁，利用此教具向学生介绍伞藻类型和结构<sup>[27]</sup>。运用模拟实验的多种形式开展课堂教学，将有利于学生的学习兴趣，并攻破课程的重难点。

三是将现代信息技术与生物模拟实验结合，开发模拟实验更多的可能性。何燕玲等教师使用虚拟遗传学实验室（Virtual Genetics Lab, VGL）软件为孟德尔遗传学杂交实验给出了模拟试验的思路，学生能够亲自感受科学探索的乐趣<sup>[28]</sup>。袁少雄老师设计了 flash 动画，用以模拟植物细胞质流动，在 flash 动画中，学生可通过点击药品、材料、仪器等内容完成实验过程，最终看到实验结果<sup>[29]</sup>。生物模拟实验与现代信息技术的结合可以呈现诸多可能性，更大可能发挥模拟实验在教学中的应用。

综上所述，虽然国内对生物学模拟实验的教学已经进行了多方面的研究，但是由于在中学阶段升学的压力下，国内的生物学模拟实验的研究更加强调在实验过程中对知识点的掌握理解，以便能在考试中获得高分，较为缺少对学生自身能力的培养。本文通过将高中生物学课本上的教学内容开发成模拟实验的形式，在课堂上合理运用，以期发现其对学生科学思维水平的积极影响。

## 1.3 核心概念界定

### 1.3.1 科学思维

科学思维是一种复杂的高级逻辑思维，包括了在提出假设、设计实验、获得科学研究证据、逻辑推理思辨、得出科学研究结论等环节中的全部思维技能，其本质是人类大

脑对事物的本质特性、内在规律性、事物间的联系、相互事件之间关系的反映<sup>[30]</sup>。

胡伟平教授认为，中学生科学思维能力是一个有机的整体，由品质、方法、内容三部分构成<sup>[16]</sup>。其中，科学思维的品质包括了科学思维的独创性、敏捷性、批判性、灵活性和深刻性；方法方面包括分析综合、比较分类、抽象概括和科学推理；基本内容包括了科学问题、规律、概念和科学现象；三个维度构成了科学思维能力的基本模型，科学思维的内容、方法、品质有序地构成了一种相互约束、互补、协调发展的有机整体。

本研究根据《普通高中生物学课程标准》以及胡伟平教授提出的科学思维结构模型，通过结合生物学模拟实验的课堂教学方法，把对科学思维能力的培养贯穿在科学知识和方法中，并以科学思维能力的品质进行测量评估，以期发现生物学模拟实验教学对科学思维能力产生的正面影响。

### 1.3.2 生物学模拟实验

模拟是一种通过概念建模、数理建模等手段进行的虚拟具体假想情境的方法，它通过设计好的模型，即“替代物”模拟反映实验中或设计中的本质过程。生物模拟实验是依据相似性原理，建立出研究对象的“替代物”，即研究模型，通过对模型进行实验获得实验研究对象的数据和信息，揭开研究对象的本质和规律。在实验过程中，实验手段直接作用于模型，而不直接作用于原型，因此生物模拟实验是将模型实验的结果类推到原型上去，从而达到对原型更深的研究和了解的目的。

生物模拟实验中最重要的一步是依据研究对象的特性建立贴切的物质模型，模型与原型之间的相似度决定了实验结果类推到原型的可行性，实验效果越好。按照原型的特性可以分为对象模拟、现象模拟、过程模拟以及仿真模拟<sup>[31]</sup>。其中对象模拟是指研究对象可用客观实体代替，只要这个客观实体能够体现事物的某方面规律，如用不同材料制作动植物的细胞模型，能使学生对细胞有更深刻的印象，也能激发学生的学习兴趣。现象模拟是针对于研究对象的现象不明显，或取材困难、难操作而用简化的方式和材料开展研究的实验，如用气球、塑料薄片、橡皮筋等材料模拟鱼鳍在游动中的作用，实验现象很明显，材料也更容易取得<sup>[32]</sup>。过程模拟是指研究对象是一个过程，直接观察较为困难，因此用能够反应过程本质特征的材料设计成模拟实验的形式来代替观察，如利用食醋、蒜苗、蒸馏水、PH 试纸等试验材料来模拟强酸雨对生物的危害，将原本复杂的酸雨过程简化，帮助学生理解<sup>[33]</sup>。仿真模拟是指用软件进行模拟，如利用计算机软件模拟孟德尔遗传学杂交实验，既提高学生对遗传学知识的掌握，又能锻炼学生理性分析的能力。

## 2 研究的理论基础

### 2.1 建构主义理论

建构主义认为,知识并非经由老师传授而所得,而是由学生在特定的生活情境或社会文化背景下,通过他人的帮忙,或使用必须的教学资源,经由意义建构的方法所取得。建构主义学习理论主张"情境"、"协同"、"会话"和"意义建立"是学习环境中的四大要素<sup>[34]</sup>。

"教学情境":教师需要创建能够帮助学生对学内容进行意义建构的情境,在此情境中,学生能够利用相关资源,通过意义建构的方法学习新的内容。这对于课堂的教学设计提出了考验,也就是说,在建构主义教学环境下,教师设计课堂教学流程时需要充分考虑如何创设合理问题让学生能够进行意义建构,教师要将情境的创设作为教学设计的重点内容<sup>[35]</sup>。

"协作":指合作发生于学习流程的始终。协作对于学习资源的收集与分类、假说的提出与检验、对学习结果的评估直至意义的最终建立,都具有重大影响。

"会话":学习者群体在合作流程中需要通过会话讨论如何实习学习任务,因此会话是合作流程中不可缺少的重要环节。此外,在学习者群体共同学习以及会话过程中,每个学习者的思维成果是由全部学习者群体所共有的。

"意义建构":它是一个认知过程的最终目标。所要建立的含义是指:事物的本性、规律和事件相互之间的内部紧密联系。在学习中协助学习者建构意义正是为了有助于学习者对当前学习中表现的东西的特性、规律和这些东西与其它物质间的内在联系获得较深入的认识。这些认知在人脑中的一种贮存形态便是上述所说的"图式",也便是关于当前学习的认知结构。

从上面提到的“学习”的基本内涵可知,学习的质量就是学习者建立意义学习能力的函数,而并非学习者反映教师思想过程能力的函数。也就是说,学习知识点的质量高低取决于学习者通过自身经历去建立关于知识点的含义的能力,而不决定于学习者记住和背诵老师所讲解内容的能力。“图式”是建构主义理论中的关键范畴,图式是个体对外界的认知结构,也可将其看成是人类心智活动的基本架构或组织架构。图式是认知活动的起点和核心,或者说是人们理解事物的基石。所以,图式的产生与演变就是人类认识发展的实质,认识发展主要受到以下三种重要过程的影响:同化、顺应和平衡。

在生物学模拟实验教学中,离不开建构主义的"情景"、"协同"、"会话"和"意义建立"四大要素,模拟实验给学生创设了更多场景和动手实践的机会,在小组合作中制定实验

方法,开展实验,从真实活动中获取经验,完善原先的认知结构。在整个学习过程中,学习者并非被动的接收教师所传授的知识,而是更主动的投入到建立认知系统的过程中,是有意义的学习,而这种过程和建构主义所强调的“学习”观点是一致的。

## 2.2 有意义学习理论

有意义学习理论由美国心理学家奥苏泊爾提出,他认为有意义学习是通过符号所表示的新认识,和在学习者认识框架中对现有的正确观点,形成非人为的(非任意的)和实质性的(非字面的)相互联结的过程。这一观点界定了机械学习方式与有意义学习的两个标准,一是新知能够与学习者在认知结构中的观念等值,即“形成实质性联络”;二是新旧认识的联络并非人为(非任意)的联络,即这个联络是有效的、可以理解的,但并非他人强加的,九九表中所表示的知识并没有被三岁幼儿所认识,只是他们能够进行机械背诵,这时形成的联络是人为联络,这种学习即是机械的、无意义的学习<sup>[36]</sup>。

奥苏贝尔认为,实现有意义学习需要符合以下三个前提<sup>[37]</sup>。一是学习材料本身是具有逻辑的,也就是学习材料本身是能够和人们已知的观念之间形成联络。如果学习材料不具有逻辑含义,例如没有含义的音节等,那么这个人所学材料也就不能够通过有意义学习来掌握。但一般来说,学生所掌握的知识是人类认识能力的汇总与归纳,它是带有一定逻辑含义的。二是学习者本身是有意义的学习倾向,也就是学习者会在新的信息资料和已有的认知之间积极主动地建立联系,而缺少有意义学习心向的学习者,即使面对具有逻辑含义的材料也没有主动寻求新旧认识间的关系,而只是机械背诵,进行机械的、无意义的学习。三是在学习者本身的认知中有能够同化新知识的观点,这也是影响学生知识掌握程度的关键因素。原认识内容对有意义学习的影响,主要取决于原知识的可利用性、新旧知识间的可区分性,和原认识的稳定性与清晰度。原知识的可利用性是指学习者在原来的认识内容中具有同新认识产生密切联系的必要观点,而这种观念对于掌握新认识也具有固定意义。而新旧知识间的可区分是指新的学习材料与原来认识间的可分化程度,如果可分化程度过小,新旧认识间也就无法相互区分,易于混淆。原有知识点的稳定性与清晰性是指学习者对原来知识点的掌握必须是准确的,如此可以为新掌握的知识点提供有力的稳定点,不然就会在新旧知识点之间产生混乱。

将生物学模拟实验应用于高中生物学课堂,教师根据学生学情,设计出学生认知结构可理解的实验内容,同时模拟实验的教学形式能较好地引起学生学习兴趣,使学生积极主动地进行有意义学习。

### 2.3 “从做中学”的教育理论

杜威的“从做中学”理论认为,经验包含着行动或尝试和所接受的结论之间的联结,“知”和“行”是密切相通的,知从行来<sup>[38]</sup>。因此他主张教学从学生的实际经验和活动开始,教育者应为儿童提供一个环境,在这个环境中允许儿童进行“做中学”活动,设计的活动是在学生的经验范围内的,同他们的需要相联系的,儿童在进行活动时,教育者要适当指导,帮助儿童选择做哪种类型的活动。从教育方面来说,一个好的活动进一步检验的标志是,它有一个足够长的时间幅度,能够将所有的努力和探究包含进去,同时在已完成任务的基础上,提出下一阶段的目标。所以,按照“从做中学”的教育原理,孩子们去做或者参加活动并非为了所谓功利的目的,也不是因为老师为避免孩子懒惰淘气而叫他们做的作业或者练习题,更不是用来替代书本的练习。

生物学模拟实验就是以杜威的“从做中学”教育思想为依据,通过把生物学发展历史内容、抽象的生物学理论知识和无法具体进行的生物学实践内容改编、设置为生物学模拟与实践的方式,使原来由老师通过口述、实物展示或视频介绍的生物学理论知识与实践转变成了学生通过组织合作,动手实践,探究认识生活的方式,学生可以通过老师所给出的有关生物学理论知识与材料工具,在具体的实验操作中分析与发现,进而学会并了解有关的生物学理论知识,培养对生物课题的兴趣,进而发展和培养科学思维能力。

## 3 研究的目的和意义

### 3.1 研究的目的

本论文的主要目的，是在查阅文献的基础上分析通过生物学模拟实验培养学生科学思维能力的可行性。通过把高中生物课程上的教学内容设计为生物模拟实验的形式，在课堂教学上将这些实验内容合理运用于课堂实际，以期发掘生物模拟实验对高中生科学思维水平产生的正面影响，并为高中生物教师在实际教学中利用生物模拟实验来提高学生的科学思维水平提出可借鉴的教学案例和教学意见。

### 3.2 研究的意义

#### 3.2.1 理论意义

通过对科学思维及有关文献资料的梳理与剖析，使广大教师从理论上能够掌握科学思维的基本含义和形成要素，并为其培养与评价学生的科学思维奠定理论依据。通过对生物模拟实验教学文献信息的整合分析、课程内容的筛选和实施，为补充和丰富生物实验教学的不足，利用生物模拟实验提高学生的科学思维水平提供理论支撑。

#### 3.2.2 实践意义

1.突破了中等教育阶段，生物学真实实验教学开展的时间、设施和环境等局限，弥补了实验教学的缺点，进一步充实和丰富了实验教学的内涵。

2.为了提高学生的科学思维能力，本研究通过将生物教科书中的生物学科学史内容、抽象的生物学理论知识，以及无法具体进行的生物实验内容优化、完善，并设计以生物学模拟实验教学的形式加以实施，以此还原生命科学历史，使其中的生物学知识点更加直观形象化，从而有效改变了部分学生被动进行科学认知活动的现状，使其在动手用脑的操作中参与讨论，从而培养其科学思维能力。

## 4 研究的问题及假设

### 4.1 研究的问题

- 1.如何设计基于培养学生科学思维水平的生物学模拟实验教学?
- 2.生物学模拟实验教学开展前后,学生的科学思维水平有哪些变化?

### 4.2 问题的假设

1.在了解学生目前的科学思维水平的基础上,选取生物学教材上合适的内容,结合科学思维品质的内涵,改编设计成科学的模拟实验形式,引导学生按照模拟实验的基本流程——理解原型→建立模型→模拟实验→类推原型进行生物学模拟实验,以提升自身的科学思维水平。

- 2.开展高中生物学模拟实验教学后,学生的科学思维水平得到显著提升。

## 5 研究的内容与方法

### 5.1 研究内容

#### 5.1.1 高中生科学思维水平的现状调查

通过利用文献调查法明晰科学思维的构成要素，在参考经典科学思维水平调查问卷的基础上，综合导师们的意见，编写适合实习学校的、信效度良好的科学思维水平前后测卷，以此分析高中生科学思维水平的现有水平以及薄弱之处。

#### 5.1.2 提升学生科学思维水平的生物学模拟实验教学设计

在梳理文献的基础上，设计基于学生科学思维培养的生物学模拟实验教学方案，在设计的过程中将模拟实验的具体过程与科学思维品质有机结合，从理解原型，构建模型到利用模型，进行实验，最后分析结果，类推原型，每一步注重培养学生科学思维。在设计生物学模拟实验时，选取的内容可以是教材中的生物科学史内容（如光合作用的发现史），或抽象的、学生理解有困难的生物学知识、概念和规律（如基因指导蛋白质合成），无法实际开展的生物学实验（如 DNA 是主要遗传物质中的三个经典实验）也可以作为开发模拟实验的素材。

#### 5.1.3 生物学模拟实验教学的实践

在分析科学思维水平前测卷数据的基础上，选取两个科学思维水平相当的班级为实验班和对照班，实验班开展生物学模拟实验教学，对照班进行常规教学。

#### 5.1.4 生物学模拟实验教学的效果评价

在经过教学干预后，利用科学思维水平后测卷对两个班级学生的科学思维水平变化情况测量评价，以此发现生物学模拟实验对学生科学思维水平的积极影响，为实际教学中使用生物学模拟实验形式教学提供意见。

## 5.2 研究方法

### 5.2.1 文献分析法

利用高校图书馆中的有关纸质资料和网络数字资源数据库,以科学思维和生物学模拟实验作为关键词检索有关的理论著作及文献资料,通过对这些文献进行分析归类,从中发现并提取科学思维的构成要素和主流的评价方式,发现生物学模拟实验的研究现状并进行梳理、概括、总结,寻找科学思维和生物学模拟实验之间可能存在的关联,为后续设计模拟实验教学形式奠定基础。

### 5.2.2 问卷调查法

在文献分析的基础上,借鉴胡伟平教授对科学思维的要素概括,再综合学校导师和实习导师的宝贵意见,明确了科学思维水平的维度划分,并以此编制了科学思维水平测量的前后测问卷。利用科学思维水平前测卷分析学生科学思维水平的现状,并选取两个科学思维水平相当的班级分别作为实验班和对照班,在经过教学干预后,利用科学思维水平后测卷检验模拟实验教学是否对学生的科学思维水平有积极影响。

### 5.2.3 实证研究法

根据科学思维水平前测卷的结果分析,在选定两个班级为实验班和对照班后进行实证研究,教师挖掘教材中适于编写成模拟实验的知识内容,将模拟实验教学与培养学生科学思维有机结合,在实验班实施模拟实验教学,对照班进行常规教学。根据人教版高中生物必修二中适于进行模拟实验的内容,在实验班先后进行4次模拟实验教学,在教学干预后,利用科学思维水平后测卷进行评价,运用SPSS软件对数据进行分析,得出相应的研究结果。

## 5.3 技术路线

本研究的技术路线如图 5-1 所示:

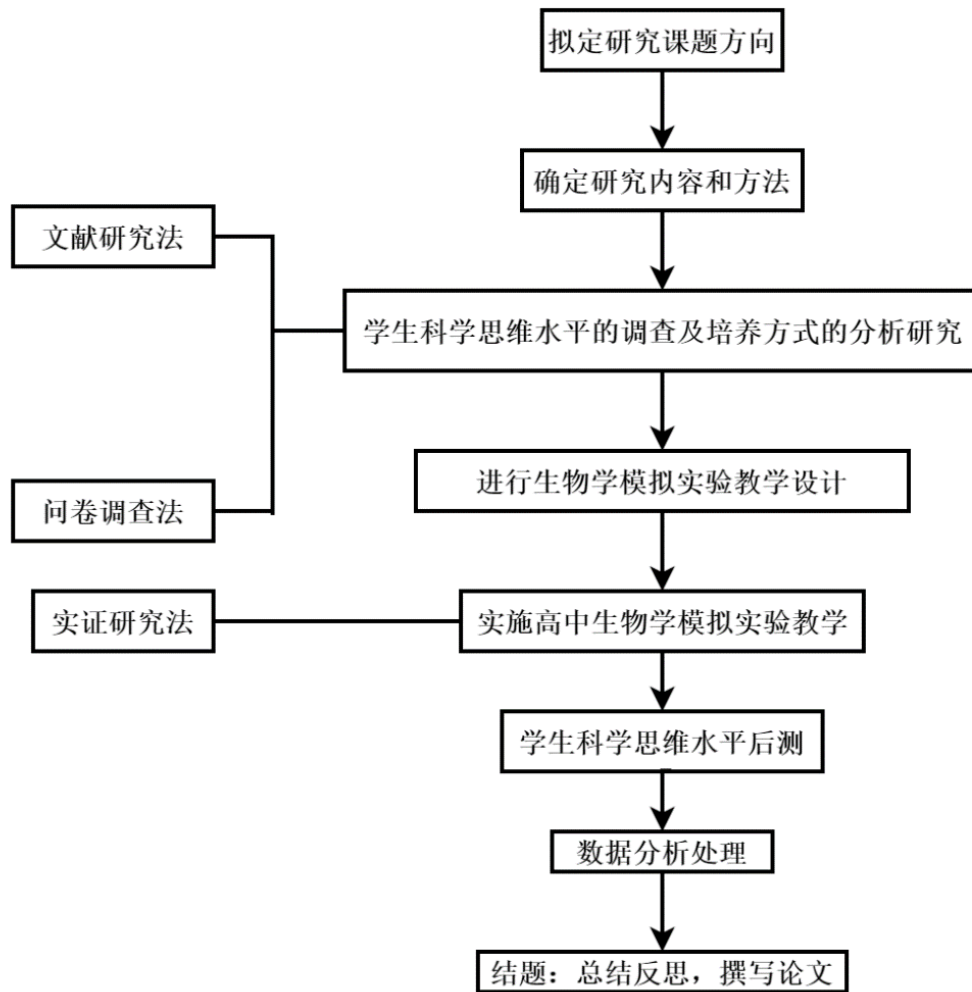


图 5-1 技术路线

## 6 高中生物学模拟实验的设计

### 6.1 生物学模拟实验内容的选择

#### 6.1.1 教材中无法实施的实验

高中生物课本中有许多学生感兴趣但无法开展的实验内容，这部分实验内容往往仅由教师抽象的介绍，不会进行具体实践开展，让学生很难完全掌握。如人教版生物学必修二第 1 章第 1 节孟德尔的豌豆杂交实验，这使孟德尔发现了分离定律和自由组合定律，孟德尔本人用豌豆做实验花费了整整八年时间，学生显然不可能实际进行豌豆杂交实验，但这部分内容可以尝试开发成生物学模拟实验，帮助学生理解原理，促进其科学思维的发展。

#### 6.1.2 生物科学史内容

2017 年版的《普通高中生物学课程标准》中，给出教师的七条建议之一就是重视学生的生物科学史的课程学习，这启示我们可以从生物科学史中挖掘教学素材，帮助学生理解科学的本质<sup>[4]</sup>。科学家在探究生命历程的过程中具有着严谨的逻辑思维、对科学事业的热情和艰辛的付出，学生可以从生物科学史中学习到科学探究时严谨的实验过程、巧妙的实验思路，体会到科学家追求真理的坚韧不拔的精神。但生物学教材中由于篇幅和排版的限制，往往对这类科学史的内容进行简单的阐述，不能体现科学家在探究时波澜壮阔的历程，这就成为生物学模拟实验可以挖掘的内容之一。

#### 6.1.3 抽象的生物学概念、规律

生物学知识涉及范围广泛，微观世界有细菌、病毒，宏观的有大气碳—氧循环，这些都无法用肉眼直接观测到，尤其是必修二中的遗传模块，对于由初中阶段进入高中阶段的学生来说理解较为困难。2017 年版的《普通高中生物学课程标准》提出了大概念的构思，将原本生物学教材内容精简为四个大概念，这为学生对于概念的把握提出了更高的要求，而学生对抽象的生物概念、规律认知较为困难，生物学模拟实验的一大优势就是能够将这些较为抽象的知识以更加具体的形象展现出来，从而帮助学生理解知识，建

构知识框架，从而提升科学思维水平。

#### 6.1.4 教材中要求，但未给出具体实验方法的教学内容

在高中生物教材中涉及许多模拟实验的相关内容，但有一部分教学内容只要求进行模拟实验，却没有详细的模拟实验方法和步骤，这就需要教师发挥能动性将这部分内容进行拓展和补充。比如在生物必修三第六章第四节中就要求学生制作生态瓶来模拟小型的生态的系统，但在教科书中，则未提供生物模拟和实践等具体操作流程，教师可以运用这部分的内容完善对生物学模拟实验的开发，发挥主观能动性补充相应的方法和步骤。

### 6.2 确定高中生物模拟实验的设计方法

#### 6.2.1 利用实物材料开发

在生物学模拟实验中，利用相似性原理制作的“模型”是实验成功与否的关键，材料的便捷性、安全性、可操作性等都会影响实验过程和结果。所以在选择实物材料进行生物模拟实验的研究时，要注意选材的科学性。如人教版高中生物必修二中的“性状分离比”模型实验，大多数教师会取两个塑料小桶标上雌、雄，在小桶里装乒乓球，乒乓球上写上相应的基因，用来代表雌、雄配子，然后让学生依次上台来随机抽取乒乓球以模拟生物在自然生殖过程中的雌雄配子的随机组合<sup>[39]</sup>。但乒乓球若掉在地上不方便拾取，学生依次上讲台也会影响课堂效率，用黑白棋子代替会更好。总之教师在选择材料时要综合考虑学校设备、课时安排、学生学习程度等实际的情况，选取合适的材料进行模拟实验。

#### 6.2.2 利用计算机软件开发

现代计算机技术已深入地渗透并改善了人类的日常生活学习与工作环境，在教育教学的各个领域也充分开发和利用了现代信息技术和资源。生物学模拟实验的开发，也可以利用计算机软件进行，可使用的计算机软件有：①Flash 动画，教师利用 Flash 动画可设计出适合交互的模拟实验形式，例如用 flash 动画，把必修二的“T2 噬细菌侵染”试验制作为交互式的仿真试验，使学习者能够自主操作实验工具，模仿科学家的实验操作流程，培养学习趣味，并增强对实验设计、理论的认识<sup>[40]</sup>；②Microsoft Office PowerPoint 技

术(又称 PPT), PPT 是指微软公司的一款能够把文本、图像、数据、动画、音乐、视频等集于一身且功能强大的演示文稿制作软件,是教师必学的软件之一。使用 PPT,能够把某些抽象的、微观的实验设置为简短的动画、图文进行模拟实验。③希沃白板,希沃白板是一个由希沃公司(seewo)自主开发,专门面向信息化课堂教学而设计的交互式课堂平台,产品以生成式课堂理念为内核,为教师提供了云教材、课程工具、教育资源,以及备课等功能<sup>[41]</sup>。如今希沃白板已经开始普遍走近课堂教学,利用了希沃白板的强大互动性,可以开发更为丰富的生物学模拟实验。

### 6.3 生物学模拟实验的设计原则

生物学模拟实验的设计与实际的学情和学校设备条件等因素密切相关,需要教师自主选择 and 确定。为了确保生物学模拟实验能够顺利开展并获得预期的培养目标,教师在设计模拟实验时必须遵循一定的原则,除设置对照原则、控制变量原则等生物实验的基本原则外,还需遵循由于生物模拟实验特殊性而有的一些独特的原则。

#### 6.3.1 科学性原则

科学性原则是生物模拟实验设计的基本准则<sup>[42]</sup>。由于生物学模拟实验面对的不是真实研究对象和现实的条件,这就要求模拟实验中所设计的模拟对象和原型之间具有很高的相似度,这种相似度不仅仅是表面相似,更重要的是内在的运行规律、科学本质的相似,因此设计生物学模拟实验时,实验思路要清晰、设计目的要明确、设计原理正确、选材科学合理。如在设计制作“减数分裂模型”的模拟实验时,同源染色体如何构建、学生构建减数分裂过程中哪一阶段的染色体变化、如何利用模型达到帮助学生理解减数分裂过程要点等问题,教师在设计模拟实验时就要做到心中有数<sup>[43]</sup>。

#### 6.3.2 可操作性原则

进行生物模拟实验的开发很大程度上是为了能够增加学生亲自动手实践的机会,将一些无法实际操作的生物实验用模拟实验的方式展现出来。因此,教师所设计的生物模拟实验一定要具备可操作性,即生物试验设计的整个流程必须要具备客观现实性才可以借助现成的实践条件的支撑进行整个实验操作。表现为实验材料容易制备、容易获取,既要考虑到实验材料的适应性,也要考虑到材料的成本。例如用 VGL 软件在高中遗传学教学中运用固然能培养学生的创造性思维,但软件本身有一定的使用门槛,学校条件

是否支持使用该软件也有待商榷，设计该模拟实验时就缺少对可操作性原则的理解。除此之外，模拟实验的设计还必须顾及到实验的时长和时间的安排。实验现象也需明显可见，并要求学生在最后阶段能把实验结果类推，以便得到相应的结果。

### 6.3.3 开放性原则

模拟实验的开放性原则是其特有的原则，生物学模拟实验的开放性主要体现以下方面<sup>[44]</sup>。一，学生是进行模拟实验的主体，学生可以自主地发掘和实际生物学模拟实验，教师不再要求学生按照教材的指示按部就班地进行模拟实验，而是鼓励学生充分发挥创造力、想象力，独立设计新颖的生物学模拟实验，教师提供相应的材料和工具，给予恰当的引导，以此培养学生能力。例如在“性状分离比”的模拟实验中，学生能够激发思维，用自己认为合理的方式探索配子随机结合和性状之间的数量关系。二，对同一内容设计的模拟实验，不局限于一种类型，如构建 DNA 双螺旋模型的模拟实验，既可以设计成探究性的实验，也可以设计为验证性的实验，主要取决于学生的学情及课时的安排。三，对模拟实验的开发不再局限于教材，而是将目光聚焦于自然界和社会中的生物资源，如可以让学生通过制作新冠病毒的模型来了解病毒的结构。总之，教师在设计模拟实验时，要更加关注模拟实验与现实生活的联系，在实验过程中给予学生自由创造的空间，根据实际学情设计不同类型的实验，关注到模拟实验的开放性原则。

## 6.4 生物学模拟实验的实验流程

在进行基于科学思维培养的生物学模拟实验的教学设计之前，需要熟悉生物学模拟实验的基本程序，再结合科学思维的内容和方法，设计合理的模拟实验。对生物学模拟实验的基本程序归纳如图 6-1。



图 6-1 生物学模拟实验基本程序

### 6.4.1 基于原型建立模型

建立科学且正确的模型是进行模拟实验的基础，生物学模拟实验的关键步骤就是寻找或建立与原型相似的模型。原型即实验的研究对象，模型则是进行操作的模拟装置。模型的建立需满足以下条件，一是模型必须相似于原型，这种相似并不能拘泥于无足轻重的细节像不像，而是两者的本质规律是否相似；二是模型在实验中能够替代模型开展后续的一系列实验操作；三是模型能够提供关于原型的信息，分析这些信息可以解释原型，并证明相关理论。除了以上条件，模型本身还须具有简明性、切题性、精密性的特点，制作模型所需的材料要易制易得<sup>[45]</sup>。

### 6.4.2 对模型进行分析、研究

当模型成功建立后，生物学模拟实验的第二步是对模型进行分析、研究。这里对模型的分析 and 研究既包括对已制作好的模型进行操作，也包括学生自主建立模型，在制作的过程中对模型进行了解、研究。在对模型进行实验操作时，要反思出现弱化活动中的思维过程，而以形成一个具体化的模型为唯一的目的是追求。比如在制作 DNA 分子双螺旋结构模型时，教师往往会把主要精力放到学生是否正确搭建了 DNA 分子双螺旋模型，而忽视搭建过程中，学生的思维过程，是基于了解 DNA 分子结构而进行的搭建，还是只是依样画葫芦，机械地复制模型<sup>[46]</sup>。

### 6.4.3 分析结果，解释原型

生物学模拟实验的最后一步是将所收集到的实验数据或观察到的实验现象进行分析，得出结论并用以解释原型，最终达到理解原型，对原型有更深层的认识和了解的目的。在这个过程中教师要予以适度的指导，使学生从模型过渡到原型的中锻炼科学思维能力。

## 7 高中生物学模拟实验教学的实证研究

### 7.1 研究工具的编制

本研究通过问卷调查的形式对高中生的科学思维水平进行测量和评估, 调查问卷采用李克特五级量表法<sup>[47]</sup>, 对每一道试题放置“完全符合”、“比较符合”、“不确定”、“比较不符合”、“完全不符合”五个选项, 从学生科学思维的深刻性、灵活性、批判性、敏捷性、独创性 5 个维度进行测量和评价。问卷的维度划分参考了胡卫平教授的《中学生科学思维能力的表现》, 为了更具体清楚地观测 5 个维度的指标, 在综合导师意见后, 对科学思维品质的 5 个维度进行内涵补充, 每个维度拓展为 3-5 个更加具体的、适合观测的行为, 以此提高了问卷的可操作性。最终编制完成的调查问卷有 30 道题, 其中编制正向题 17 道, 反向题 12 道, 测谎题 1 组 (用以评估问卷的有效性)。将题号从 1 编至 30, 并打乱试题次序具体如表 7-1 和表 7-2 所示。完整的科学思维水平前、后测卷见附录 B、C。

表 7-1 科学思维水平调查问卷各指标对应试题

一级维度	科学思维水平前测卷	科学思维水平后测卷
深刻性	4、10、11*、16、22*、27*	7、9*、13、16*、23、26
灵活性	1、3*、15*、17、18、29*	3、6*、12*、18、24*、30
批判性	2、9*、14*、23、26、28	5、10*、15、17*、22、27
敏捷性	5、13*、19、24*、30	2、11、19*、21、28*
独创性	6*、8、12、20、25*	1、8*、20、25*、29

(注: \*为反向题)

表 7-2 科学思维水平调查问卷不同题型示例

题型	题号	题目
正向题	4	我能用语言文字对生物问题或实验现象进行解释，抽象出本质特征
	17	当我在生活中发现与生物学有关的例子，会对此产生思考
反向题	11	感觉生物学的各个知识点在脑子比较散乱，理不清头绪
	15	面对全新的情景时，我常常想不到用已学过的知识和方法去解决
测谎题	7	我在做实验时，我更喜欢独立操作，和别人合作我会觉得受影响
	21	进行生物实验时，我更喜欢和别人合作，共同完成实验

## 7.2 研究工具的分析

本研究编制的问卷含题目 30 题，为确保问卷的可靠性，参照吴明隆对问卷预试人数的建议<sup>[48]</sup>，随机选取了新疆维吾尔自治区石河子市某高中高一年的学生 100 人作为预试对象。共发放科学思维水平前测问卷 100 份，后全数回收，去除无效问卷 8 份，剩余有效问卷共 92 份。将纸质的问卷数据化处理，得到科学思维水平前、后测问卷信度、效度的分析结果，所得具体结果如下所示。

### 7.2.1 问卷的信度分析

#### 7.2.1.1 科学思维水平前测卷的信度分析

科学思维水平前测卷的克隆巴赫系数为 0.813，根据克隆巴赫系数的标准<sup>[49]</sup>，当系数大于 0.8 时，问卷信度较高，可以使用，因此科学思维水平前测卷问卷信度良好，可以投入使用。

表 7-3 科学思维水平前测卷的信度分析

克隆巴赫系数	基于标准化项的克隆巴赫系数	项数
0.813	0.830	5

表 7-4 科学思维水平前测卷的项总计统计量

项目	深刻性	灵活性	批判性	敏捷性	独创性
克隆巴赫系数	0.775	0.823	0.819	0.815	0.784

### 7.2.1.2 科学思维水平后测卷的信度分析

科学思维水平后测卷的克隆巴赫系数为 0.832，问卷信度较高，可以使用。

表 7-5 科学思维水平前测卷的信度分析

克隆巴赫系数	基于标准化项的克隆巴赫系数	项数
0.832	0.846	5

表 7-6 科学思维水平后测卷的项总计统计量

项目	深刻性	灵活性	批判性	敏捷性	独创性
克隆巴赫系数	0.804	0.822	0.837	0.840	0.788

## 7.2.2 问卷的效度分析

### 7.2.2.1 科学思维水平前测卷的效度分析

通过 SPSS 进行统计分析，需要分析显著性和 KMO 值<sup>[49]</sup>，显著性小于 0.05，说明该问卷适于分析，然后看 KMO 值，KMO 高于 0.8，则说明问卷效度高，可以使用。

分析科学思维水平前测卷的效度，发现巴特利特球形检验度显著性  $P=0.000$ ，说明有显著差异，可进一步分析， $KMO=0.857$ ，高于 0.8，说明效度较高，问卷可使用。

表 7-7 科学思维水平前测卷的 KMO 和巴特利特检验

KMO 和巴特利特检验		
KOM 取样適切性量数		.857
巴特利特球形度检验	近似卡方	1079.600
	自由度	666
	显著性	.000

### 7.2.2.2 科学思维水平后测卷的效度分析

科学思维水平后测卷巴特利特球形检验度显著性  $P=0.000$ ， $KMO=0.867$ ，说明变量之间存在相关性，该问卷适合进行因素分析

表 7-8 科学思维水平后测卷的 KMO 和巴特利特检验

KMO 和巴特利特检验		
KOM 取样適切性量数		.867
巴特利特球形度检验	近似卡方	1561.440
	自由度	816
	显著性	.000

## 7.3 研究对象的分析

### 7.3.1 研究对象的选取

研究对象以石河子市某中学高二学生为主，经过简单的了解后，从高二班级中选择了由同一生物老师授课、学习情况和班级人数基本相同的班级发放科学思维水平前测问卷，共 400 份，问卷全数回收，经筛查有效问卷为 375 份，从中挑选两个科学思维水平相近的班级设为实验班和对照班。最终选择高二（10）班作为实验班，高二（13）班作为对照班。其中高二（10）班共 48 人，男生 25 人，女生 23 人；高二（13）班共 52 人，男生 27 人，女生 25 人。两个班级的科学思维水平前测卷的测试结果用 SPSS 进行 t 检验，具体如下表所示，结果显示科学思维水平无显著差异 ( $P>0.05$ )，可以进行后续的研究。

表 7-9 对照班和实验班的独立样本 t 检验

项目	实验班		对照班		方差齐性检验	t 检验
	均值	标准差	均值	标准差	Sig.	Sig. (双侧)
深刻性	3.30	.422	3.25	.667	.788	.791
灵活性	3.46	.515	3.45	.534	.911	.240
批判性	3.32	.336	3.56	.649	.585	.837
敏捷性	3.60	.668	3.58	.761	.789	.795
独创性	3.22	.475	3.26	.374	.758	.805

## 7.3.2 研究对象的科学思维分析

### 7.3.2.1 研究对象的科学思维水平现状分析

本研究从科学思维的深刻性、灵活性、批判性、敏捷性、独创性 5 个维度评价高中生的科学思维水平。根据问卷结果，将 375 份问卷测试数据计分换算，得分低于 2.8 分说明科学思维水平较低；得分在 2.8-3.4 分区间内，说明科学思维水平一般；得分在 3.4-4.2 分区间内，说明科学思维水平较高；得分超过 4.2 分，说明科学思维水平高。

高中生科学思维水平的平均得分为  $3.40 \pm 0.527$  分，说明学生整体的科学思维水平良好，但科学思维水平的各个品质发展不平衡，从高到低依次是敏捷性、灵活性、深刻性、批判性、独创性，敏捷性得分最高，为  $3.55 \pm 0.619$ ，表示水平较高，独创性得分最低，为  $3.22 \pm 0.642$ ，表示水平一般。总体上看，科学思维水平得分主要集中在 3.4-4.2 分之间，约有 47% 的学生科学思维水平较高，32.1% 的学生科学思维水平一般；科学思维水平得分低于 2.8 分的学生只占 1.8%；得分高于 4.2 分，科学思维水平高的学生约有 19.1%。具体结果如下所示：

表 7-10 科学思维水平及各维度的描述性统计分析

项目	范围	最小值	最大值	平均值	标准差
深刻性	2.60	2.40	5.00	3.39	.603
灵活性	3.43	2.57	5.00	3.50	.590
批判性	2.91	2.51	5.00	3.32	.642
敏捷性	3.52	2.40	5.00	3.55	.619
独创性	2.67	2.17	4.25	3.22	.642
科学思维水平	2.14	2.30	4.65	3.40	.527

表 7-11 高中生科学思维水平频数分布比例（人数，%）

项目	分数段			
	(1, 2.8]	(2.8, 3.4]	(3.4, 4.2]	(4.2, 5]
深刻性	14.0%	23.3%	40.3%	22.3%
灵活性	2.6%	9.0%	47.8%	40.6%
批判性	9.0%	25.0%	43.9%	22.1%
敏捷性	3.4%	18.1%	56.3%	22.2%
独创性	21.0%	33.6%	30.4%	15.0%
科学思维水平	1.8%	32.1%	47.0%	19.1%

## 7.3.2.2 研究对象科学思维的各个维度现状分析

表 7-12 科学思维的深刻性

问题	完全 不符合	比较 不符合	不确定	比较 符合	完全 符合
Q4 我能用语言文字对生物问题或实验现象进行解释，抽象出本质特征	12.3%	16.5%	34.9%	32%	4.3%
Q27 我有时分不清生物学概念和规律之间的联系和区别	10.4%	11.5%	27.6%	26.2%	24.3%
Q11 感觉生物学的各个知识点在脑子里比较散乱，理不清头绪	12.7%	30.3%	15.4%	20%	21.6%
Q16 我能正确运用归纳、演绎推理的方法设计生物学实验，归纳实验结果，并推测有些问题的原因	12.7%	24%	28.6%	27.4%	7.3%
Q22 在解决问题时，我总是不能全面分析研究对象和研究问题，缺少一定的推理能力	12.5%	17.3%	25.4%	33.3%	11.5%
Q10 在设计生物学实验时，我能将研究对象及研究过程理想化，抽象出理想模型和理想过程。	8%	24.4%	32.2%	28%	7.4%

在科学思维的深刻性方面，主要调查了学生在学习生物学的过程中对于生物现象、概念、规律的把握（Q4、Q27、Q11），以及科学思维的方法和能力的情况，如归纳推理能力（Q16）、分析综合能力（Q22、Q10）。从问卷结果来看，约有 50% 的学生会出现对于生物学各个概念和规律之间分辨不清的情况，约有 40% 的学生认为生物学的各个知识点在脑中比较散乱，没有形成完整的结构，说明学生不清楚自己在生物学课程中是否掌握了生物概念，没有对知识进行正确的归纳。对于科学思维方法的掌握，约有 1/3 的学生自信能够运用归纳推理、演绎推理、分析综合等方法进行思考，大部分学生对于这些思维方法的运用不熟练。综合以上调查结果，教师在后续的生物学模拟实验教学设计中要注意强调生物概念之间的联系和区别，帮助学生构建良好的知识结构，锻炼学生科学思维方法，明晰思维目标。

表 7-13 科学思维的灵活性

问题	完全 不符合	比较 不符合	不确定	比较 符合	完全 符合
Q15 面对全新的情景时，我常常想不到用已学过的知识和方法去解决	22.5%	31.6%	13.5%	24.4%	8%
Q3 我通常只从一个角度和方向去思考生物学问题	16%	32%	25.2%	20.1%	6.7%
Q18 我善于用多种方法设计实验方案，多角度对活动结果进行呈现和分析	13.6%	22.5%	32.1%	26.8%	5%
Q1 面对一道生物学实验问题，我常常能联想到类似的问题，进行归纳总结	4.7%	17.2%	32.1%	34.5%	11.5%
Q17 当我在生活中发现与生物学有关的例子，会对此产生思考	5.2%	13.8%	20.2%	36.4%	24.4%
Q29 在思考问题的过程中，我缺少综合分析能力，总是顺着一个方向进行思考	15.3%	15.4%	32%	27.3%	10%

在评价学生科学思维的灵活性时，重点考查了学生是否容易受到思维定势的消极作用（Q15）以及是否习惯从多个角度对事物进行分析（Q3、Q18、Q29），从问卷的结果发现，过半的学生可以消除思维定势的消极作用，在面临全新的情景时也能运用旧知，但仍有 45% 的学生不确定或无法排除这种消极作用，在实际运用生物学知识时，容易陷入固定的解题套路，妨碍知识的迁移。从 Q3、Q18、Q29 的调查结果看，大多数学生举一反三的能力有待提高，只有不到 10% 的学生能够灵活分析题目，对待问题分析较为全面。从学生对 Q1、Q17 两题的作答情况可以发现，他们对于日常生活中的生物学常识大多数都抱有好奇心和兴趣，也经常归纳总结生物现象，教师在教学中可以利用学生的好奇心理，将生物学知识与生活经验相联系，提升学生科学思维的灵活性，帮助学生突破思维定势的约束。

表 7-14 科学思维的批判性

问题	完全 不符合	比较 不符合	不确定	比较 符合	完全 符合
Q2 在生物实验过程中, 我喜欢独立分析, 善于提出质疑, 发表不同的看法	8.6%	26.2%	36.7%	22.2%	6.3%
Q23 我能够判断实验结论的合理性和正确性, 总结出其中未能解决的问题及遇到的新问题	4.3%	26.5%	42.2%	23%	4%
Q9 在实验过程中, 对于出现的问题, 我要求助他人的帮助才能正确调整和修改	16.6%	33.1%	22%	20.3%	8%
Q28 在生物学实验过程中, 我能够按照自己的想法进行, 不附和他人的意见	7.7%	30.5%	34.4%	23.2%	4.2%
Q26 我能够区分表面相似但本质不同的生物学概念, 能够排除前科学概念对生物学概念的影响	10.5%	22.6%	36.5%	24%	6.4%
Q14 进行生物学实验设计时, 我总是很难从复杂的条件中排除次要因素	8.7%	33.2%	20.3%	23.3%	14.5%

在评价学生科学思维的批判性时, 主要考察了学生在实验过程中是否敢于提出质疑 (Q2)、发现解决实验可能出现的问题 (Q23、Q9) 独立推断能力 (Q28、Q14、Q26), 从调查结果可知, 只有不到 30% 的学生在实验过程中敢于提出质疑, 约 25% 的学生能够在实验过程中保持独立思考, 不依赖同学和教师的帮助。这说明在课堂上, 学生还是倾向于做一个知识的接受者, 习惯以教师为主体的课堂, 比较缺乏独立的思考, 因此在生物课堂上如何培养学生科学思维的批判性是教师要关注的重点。

表 7-15 科学思维的敏捷性

题目	完全 不符合	比较 不符合	不确定	比较 符合	完全 符合
Q19 面对老师提出的问题, 我能够准确地提取问题的关键, 正确、快速地解决问题	5.6%	23.3%	11.4%	40.3%	19.3%
Q5 我善于对生物学知识进行概括总结, 在需要的时候及时提取, 灵活运用	10%	25.3%	18.4%	37.3%	9%
Q30 在设计生物学实验方案时, 我能够快速抓住变量之间的关系, 提出合理的实验方案	8.1%	24%	16.5%	37.3%	14.1%
Q24 我根据给出的背景材料通常只能提出一至两个探究问题	17.2%	23.2%	20.6%	30%	9%
Q13 在学习生物学知识时, 我通常花费一段时间才能抓住所学内容, 掌握其实质	14.1%	17.2%	15.3%	32.4%	21%

在评价学生科学思维的敏捷性时, 重点考察的是学生是否能够快速掌握知识并调取知识以解决问题。从调查结果可知, 40%以上的学生在接触新知识时能够较为快速、敏捷地掌握。由于在高考中, 学生必须在限定的时间内迅速获取头脑中的有关资料来做题, 所以教师在平时的课堂教学上也就更加注重学生思维敏捷度的训练, 而由此反映的调查结果也表明, 多数学生科学思维的敏捷性处于一般至水平较高状态, 但仍有约 10%的学生思维的敏捷性比较低, 这就需要教师在课堂上注意这部分学生的学习进度, 给予额外关照。

表 7-16 科学思维的独创性

题目	完全 不符合	比较 不符合	不确定	比较 符合	完全 符合
Q8 我能够设计出不同于别人的实验方案, 采用新的实验方法	15.4%	25%	31.4%	20.2%	8%
Q20 我能够根据已有的习题, 通过改变情景、条件, 改编出新的习题	11.3%	18.3%	34.2%	26.2%	10%
Q6 我不能总结出合适自己的、有效的、新颖的学习方法, 习惯模仿他人	13%	34.5%	16.5%	20.6%	15.4%
Q12 我能够根据生物学现象和问题, 提出新的观点和解释	9%	15.3%	32.3%	37.2%	6.2%
Q25 我能通过实验得出一定的结论, 但通常是顺着老师的指导思路得到的	11.2%	14.7%	19.5%	33.6%	21%

在对科学思维的独创性进行评价时, 主要考察学生在生物实验过程中的假设能力(Q12)、实验设计的能力(Q8)、得出结论的能力(Q25), 以及习题改编的能力(Q20)和独立总结能力(Q6)。据调查显示, 约 1/3 的学生在实验过程中没有自主设计实验的能力, 缺少得出实验结论的能力; 对于独立分析总结能力, 有 36% 的学生无法总结出适合自己的学习方法, 16% 的学生选择不确定, 说明对自己的学习方法产生怀疑, 需要加强科学思维的独创性。

## 7.4 提升科学探究能力的生物学模拟实验教学的具体实施

### 7.4.1 生物学模拟实验与科学思维水平的联系

2017 年版的《普通高中生物学课程标准(2017 年版)》明确了高中生物学的基本理念, 包括“核心素养为宗旨”和“教学过程重实践”, 可以看出, 核心素养以及实验实践能力一直是课标关注的重点<sup>[4]</sup>。科学思维是生物学科核心素养之一, 科学思维的培养与生物学实验息息相关。实验探究的一般流程包括提出问题、作出假设、设计实验、进行实验、交流实验结果, 在提出问题和作出假设阶段, 学生是否能提出有价值的问题, 是否能作出合理的假设取决于其科学思维的深刻性和灵活性, 在设计实验阶段, 学生是否

能独立设计科学、新颖的实验方案取决于其思维的独创性，在阐述交流实验结果的过程中，体现了学生科学思维的敏捷性和批判性。实验探究过程与科学思维品质的关系如下图所示。

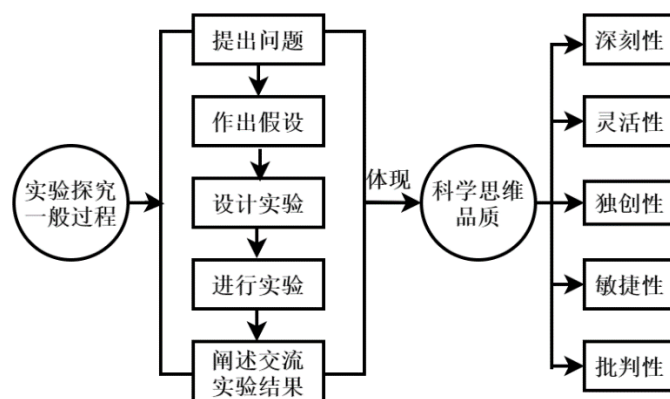


图 7-1 实验探究一般过程与科学思维品质的关系

生物学模拟实验是根据相似性原理，构建研究对象（原型）的替代物（模型）开展的实验。相比于常规的生物学实验，模拟实验在“设计实验”和“阐述交流实验结果”两个环节较为特殊。在设计实验时，需要深刻理解原型，需要抽象概括原型的一般特征；寻找和创建模型的过程需要类比分析，选择最佳的模型。在阐述实验结果时，除了要对在模拟实验中得到的结果进行分析，还需要将结果类推到原型上，这就需要进行科学的推理。总体来说，生物学模拟实验的操作过程与科学思维活动方法紧密相连，具体关系见下图。

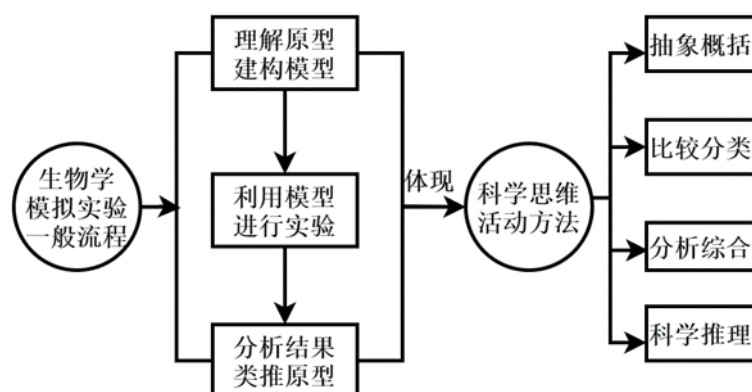


图 7-2 生物学模拟实验流程与科学思维活动方法的关系

总之，实验探究的一般流程与科学思维品质紧密相关，生物学模拟实验的一般流程又能体现科学思维的活动方法，因此设计科学合理的生物学模拟实验并实施有助于学生科学思维的发展，相应的，学生高水平的科学思维也能为模拟实验的进行提供指导。因此，通过生物学模拟实验的教学，学生不仅可以获得相应的实验技能，熟悉实验探究的

一般步骤，同时融入了科学思维的成分，更有利于综合发展学生的科学思维。

#### 7.4.2 提升科学思维水平的生物学模拟实验教学的流程

结合生物学模拟过程及科学思维的品质特点，总结出提升科学思维水平的生物学模拟实验的教学流程，具体包括两个阶段：课堂实践阶段和课后提升阶段，基本流程如图所示。

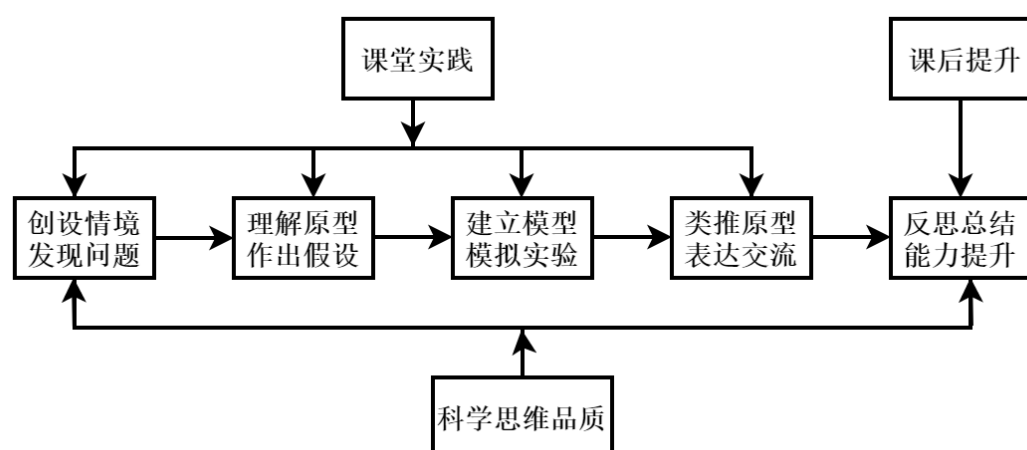


图 7-3 生物学模拟实验的教学流程

第一步，创设情境，发现问题。在不确定的情境中适合激发思维，因此培养科学思维需要创设问题情境，然后让学生发现问题、提出问题。教师在创设情境是，是根据学生原有知识经验进行创设的，以此让学生感受到困难，产生思考，以激发科学思维。因此教师在设计情境时要充分了解学生的学情，要注意设计难度不易过难，也不能让学生感到过于轻松，要给学生搭建展示思维的平台，尽可能从多个角度创设情境问题，设置梯度由易到难，由表及里，促使学生积极地思考，独立发现问题，追求新知。在这个过程中，可以拓宽学生科学思维的广度和深度，引导学生从不同角度、不同方向去思考问题，形成对事物和问题的动态清晰的图景，提升学生科学思维的深刻性和灵活性。

第二步，理解原型，作出假设。对于原型的把握作出合理的假设是实验成功的基础，是后续建立模型模拟实验的前提，因此教师在这一阶段要帮助学生了解原型的本质，通过提供相关资料或言语提示等方式引导学生深入思考，全面分析。在这个过程中，主要锻炼学生科学思维的敏捷性和批判性，学生能够从相关资料中快速准确地抓住原型的特征，独立分析，发表不同的见解，提出合理的假设。

第三步，建立模型，模拟实验。这一环节是提升科学思维的关键环节，可以对科学思维的多种品质产生积极影响。在正式开展生物学模拟实验的教学前，教师需要做好切实的准备工作，估计可能产生的问题并做好相应的应急措施，以减少实验过程中的不利

因素。在正式开展模拟实验教学时，要将课堂还给学生，以学生为主题，可将学生以 4 人一组为单位开展生物学模拟实验。在整个过程中，教师要做好“辅导者”的角色，鼓励学生自主探索，提出不同的看法并进行实践，充分培养学生的科学思维能力。在建立模型前，教师需要确认学生已经了解原型与模型的关系和模拟条件，这有利于学生建立正确、科学、合理的生物学模型；在建立模型时，学生利用事先准备好的材料器具，在理解的基础上建立模型，教师可以给予适当的引导和提醒，但不可直接帮助学生，不能本末倒置，弱化活动中学生的思维过程。在进行模拟实验时，要确保实验操作的规范性，记录实验结果，发现实验中出现的問題，以待后续交流。

第四步，类推原型，表达交流。在这一步中，师生需要将通过生物学模拟实验得到的结果从模型过渡到原型上。在这个过程中，需要学生采取推理分析、综合比较等科学思维方法，挖掘出原型的科学本质。教师在这一步骤中需要将学生的思路从模型引导至原型，帮助学生梳理思路，进一步锻炼科学思维，可以采用问题串的方式引导学生思考，渐渐深入对比分析。在挖掘出原型的本质后，学生需要对整个生物学模拟实验的过程发表观点，从实验设计到实验结果，以及实验过程中发现的问题、迸发的灵感等，师生通过课堂讨论的形式完成这一过程。在这个环节中可以充分锻炼科学思维的批判性和独创性。

第五步，反思总结，能力提升。通过反思总结，学生能够发现在此次模拟实验中不完善的地方，如实验材料尚能改进、实验步骤不够熟悉、实验结果不理想等，从而提出具体的建议，在下一次的实验过程中有针对性地改善。在这个过程中，教师要根据课堂的生成情况，捕捉教学中的反思点，达到教学相长的目的，并引导学生将反思作为一种良好的思维习惯，从而锻炼思维的批判性。由于生物课时有限，学生的反思总结安排在课后，可以通过课后撰写实验报告的形式完成这一环节。

### 7.4.3 提升科学思维水平的生物学模拟实验教学的案例

本研究在实习学校的高二年级开展的基于培养科学思维能力的高中生物学模拟实验教学的实证研究。根据高二年级第一学期的教学安排，在实验班开展的模拟实验有高中生物必修 2 第二章第 1 节减数分裂模型的制作，第三章第 1 节 DNA 是主要的遗传物质，第三章第 2 节 DNA 分子的结构和第四章第 1 节基因指导蛋白质的合成。现将部分案例的具体过程展示如下：

## 教学案例一：DNA 分子的结构

### 1. 教材分析

“DNA 分子的结构”是高中生物人教版必修二第三章第 2 节的内容，包含三部分內容，要求学生掌握 DNA 分子组成，能够阐述 DNA 双螺旋结构模型的要点，能够动手制作 DNA 双螺旋结构模型。在学习本节內容前，已经学习了 DNA 是主要的遗传物质，在本节內容之后将要学习 DNA 复制、基因是有遗传效应的 DNA 片段等內容，因此学习 DNA 分子的结构是为后续学习打下基础，学生只有深刻认识 DNA 分子的结构和特征，才能真正理解 DNA 作为遗传物质的本质，从而为后续学习基因相关内容奠定基础。

### 2. 学情分析

本节课的授课对象是实习学校高二（10）班的学生，经科学思维水平测试，学生在思维的深刻性、批判性和独创性维度较为缺乏，因此在本节课中，掌握 DNA 分子结构的主要特点是教学的重难点。结合学生的知识储备及班级氛围特点，在本次教学中，教师将充分利用生物科学史內容，展开探究性的生物学模拟实验教学，构建 DNA 分子结构模型，帮助学生较好地掌握知识，培养学生的科学思维能力。

### 3. 材料准备

通过查阅文献，结合实际教学条件确定模拟实验材料：彩色硬卡纸（不同颜色表示不同碱基）、泡沫板、双面胶、牙签（表示化学键）、剪刀，在课程开始前按小组分发。根据教室座位，以前后 4 人为 1 小组，共同完成模拟实验。

### 4. 教学过程

#### （1）创设情境，发现问题

在课堂伊始，教师进行回顾旧知导入，通过对上节课 DNA 是主要遗传物质的內容复习，向学生提出问题：DNA 作为主要的遗传物质，应该具有哪些特点呢？学生在和同桌讨论后能够总结出，DNA 作为主要的遗传物质需要能携带大量遗传信息；DNA 经过高温也不失活说明其分子结构较为稳定；DNA 能自我复制以传递遗传信息等。接着教师鼓励学生提出问题：DNA 分子具有上述特性需要有怎样的结构？科学家是如何揭示 DNA 的分子结构的？

#### （2）理解原型，作出假设

在本环节，教师提供【资料一】带领学生复习 DNA 分子化学组成，推导出 DNA 分子结构层次，由 C、H、O、N、P 五种元素构成了组成 DNA 分子的三种物质：磷酸、脱氧核糖、含氮碱基，由这三种物质通过化学键相连构成了 DNA 的基本结构单位——脱氧核糖核苷酸，由于含氮碱基有四种不同类型，因此 DNA 的结构单位脱氧核糖核苷酸也有四种类型。

学生充分熟悉了 DNA 分子的基本结构单位，但尚不清楚磷酸、脱氧核糖和含氮碱基是怎样构成单体的，教师可利用希沃白板呈现脱氧核苷酸分子式，阐明 DNA 分子三种组成物质之间的连接位置，为后续制作 DNA 结构模拟打下基础。接下来针对 4 种脱氧核苷酸如何组成 DNA 分子的问题，邀请学生进行大胆的假设。收集学生提出的假设，教师借助多媒体展示资料进行补充，对比当时科学家是如何推翻或肯定假设的，引导学生跟随着科学家的脚步一步步探索。如教师展示【资料二】列文“四核苷酸假说”，针对这个假说请学生提出质疑，学生通过讨论得出，“四核苷酸假说”不具有多样性，不满足 DNA 分子可以携带大量遗传信息的功能特点。接着提出，你认为脱氧核苷酸分子可能的连接方式是怎样的？教师展示【资料三】威尔金和富兰克林提供的 DNA 衍射图谱及查戈夫发现 DNA 化学组分获得的实验数据，启示学生正确的连接方式。

### （3）建立模型，模拟实验

这一部分是本节课的重点内容，需要学生充分发挥思维能力才能理解。学习这部分内容时，教师介绍模型材料代表的含义，不同颜色的硬卡纸代表不同的碱基，牙签可代表化学键，利用材料指导学生将模型按照 DNA 的基本单位→组成单链→平面结构→空间结构的顺序进行建立，即从平面到立体。由于材料限制，从平面结构至空间结构的过程由教师演示立体模型完成。在整个 DNA 分子逐步建立的过程中，学生对 DNA 分子的结构有了更深的认识。在学生自主建立模型的过程中，教师在旁起辅助作用，观察和记录学生行为，发现有小组建模困难时及时给予适当的指点和帮助，对建模顺利的小组给予表扬，并拓展其思路。

### （4）类推原型，表达交流

在建构模型初步完成后，教师鼓励学生运用 DNA 双螺旋结构模型的要点，尝试对 DNA 分子稳定性、多样性和特异性作出解释。通过学生小组讨论及师生的共同分析，学生体会到了 DNA 分子结构中蕴含的深刻的生命逻辑和意义。接着教师向学生提出进一步挑战，引导学生根据建构出的 DNA 分子摩西提出 DNA 可能的复制机制，学生在尝试解答 DNA 复制机制的过程中，进一步体会到了 DNA 的结构是如何和其功能相适应的，也为后续基因指导蛋白质合成、基因变异改变性状等学习内容埋下伏笔。在交流的过程中，教师鼓励学生发表自己的看法以及在实验过程中发现的问题，在课堂上共同解决。

## 5. 课后提升

教师布置课后任务：1.进一步完善 DNA 分子结构模型，将课堂所学内容展示在模型上，并标注自己认为的关键点。2.根据 DNA 分子结构模型，提出能保证亲子代 DNA 分子遗传信息一致性的 DNA 复制机制的假说。

设计第一个课后任务，可以让学生在完善模型的基础上，自觉回顾课堂内容的重难点

点，并检验自己是否掌握，以此培养学生科学思维的深刻性和独创性。设计第二个课后任务，主要锻炼学生科学思维的灵活性，是否能够举一反三，加深学生对 DNA 分子结构本质的理解。

### 【资料一】

德国生物学家科赛尔首次采用水解法研究 DNA 的化学组成，以下是他的研究成果：

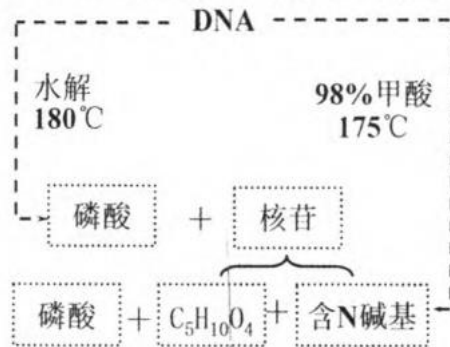


图 7-4 DNA 化学组成分析

### 【资料二】

生物学家列文根据当时对核酸基本化学结构的认识，经过简单的分析就认为，在核酸中四种碱基的数量是相等的，从而提出核酸的基本结构是由 4 个含不同碱基的核苷酸连接成四核苷酸。具体结构如图所示：

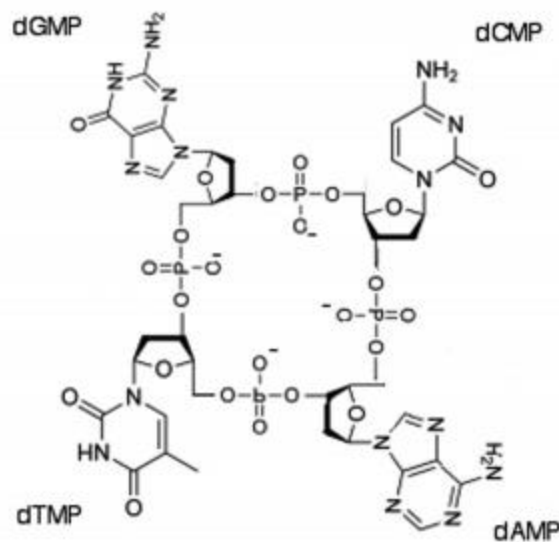


图 7-5 列文的四核苷酸假说

【资料三】英国的化学家富兰克林和生物物理学家威尔金斯用 X 射线衍射技术拍摄了 DNA 晶体的衍射图谱：

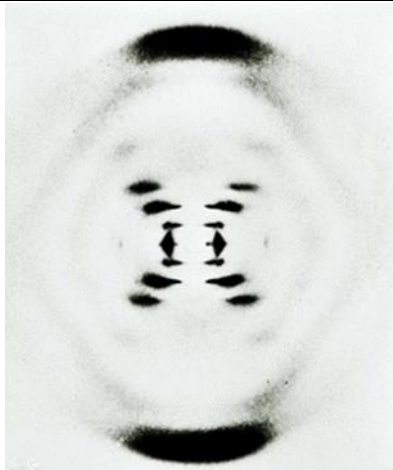


图 7-6 DNA 晶体衍射图谱

著名生物化学家查戈夫研究 DNA 化学组分获得的实验数据如下：

表 7-17 DNA 中的碱基含量（%）

生物	A	T	C	G
人	30.9	29.4	19.9	19.8
鸡	28.8	29.2	20.5	21.5
蚱蜢	29.3	29.3	20.5	20.7
海胆	32.8	32.1	17.7	17.3
小麦	27.3	27.1	22.7	22.8
酵母菌	31.3	32.9	18.7	17.1
大肠杆菌	24.7	23.6	26.0	25.7

## 教学案例二：基因指导蛋白质合成

### 1. 教材分析

“基因指导蛋白质的合成”是人教版高中生物必修二第四章第1节的内容。本节内容的知识点对于高二的学生来说较为抽象和复杂，主要讲述了遗传信息的转录和翻译过程，还包括DNA与RNA的结构比较、三种不同RNA及遗传密码的组成，涉及的物质和概念较多，因此教师要注意知识点的归纳总结，理清知识点内在的逻辑关系。本节内容是在前三章内容的基础上，继续展开的对基因功能的研究，也为下一节基因对性状的控制打下基础。

### 2. 学情分析

本节课的授课对象是实习学校高二（10）班的学生，在学习本节课前，学生已经掌握蛋白质是生命活动的主要承担者，基因是通过指导蛋白质合成进而控制生物的性状等知识，但具体基因是如何指导蛋白质的合成是本节课的重点内容。由于学生在思维的深刻性、批判性和独创性方面较为薄弱，在本次教学中，教师应引导学生自主推理、设想转录、翻译过程，在教学形式上采用图片和模型结合的形式，一方面激发学生的学习兴趣，一方面锻炼学生的科学思维能力。

### 3. 教学过程

#### （1）创设情境，发现问题

教师引导学生回顾前面学过的内容，画出关于科学家基因研究的时间轴，并且展示图片：豌豆的高茎与矮茎、人的有耳垂和无耳垂、果蝇的红眼和白眼，并且提出问题：生物为什么有不同的性状？性状受什么的控制？学生能够较为轻松地回答是基因控制性状，教师再进一步追问：那基因是如何控制性状的？此时部分学生感到困难，大部分学生仍能够轻松说出，基因是通过指导蛋白质的合成控制生物性状的，接着教师再问：那基因又是如何控制蛋白质的合成呢？通过将提问层层深入，既能引发学生的学习兴趣，也能激发学生的科学思维。

#### （2）理解原型，作出假设

教师引导学生复习旧知，基因分布的场所主要是在细胞核中，蛋白质的合成则完成于细胞质中的核糖体上，教师给出资料：基因的分子直径为2 nm，核糖体结构直径为23 nm，而细胞核的核孔直径只有0.9 nm。教师提出问题：细胞核中的基因是如何指导细胞质中蛋白的合成？鼓励学生大胆提出假设，学生提出猜想：可能是有中间物质充当“使者”的功能。教师补充【资料一】布拉舍做的实验，学生经过讨论得出结论：RNA是充当基因和蛋白质之间的“使者”。

接着教师进一步提问：从结构和功能相适应的观点出发，为什么RNA适合作为“使者”呢？学生根据提示，能够从RNA的结构特点出发回答问题，教师顺势帮助学生复

习 RNA 的结构替代,并将 RNA 和 DNA 进行对比分析,加深学生对两者概念的印象。接下来教师展示【资料二】三种类型的 RNA,让学生猜想是哪种类型的 RNA 充当“使者”的任务,学生观察三种 RNA 的结构得出,mRNA 是“使者”,因为其结构与 DNA 相似,可携带遗传信息。

然后教师让学生小组讨论,尝试解释 DNA 是如何将遗传信息传给 RNA 的,在学生表述后,教师再展示转录的视频,还原其中各个细节性的问题。将整个转录过程分为解旋、配对链接、释放三个步骤,对每个步骤的过程和要点和学生一起分析讨论。

### (3) 建立模型,模拟实验

在学生对基因指导蛋白质合成有了初步了解后,教师指导学生画图构建模型,学生前后四人为一小组,教师请小组中的 1 号成员随机写出 DNA 的一条链(20 个脱氧核苷酸),请小组 2 号成员学生画出 DNA 另一条链,并说出 DNA 复制过程中的要点。接着要求小组 3 号成员以 DNA 的一条链作为模板链,写出转录的 mRNA 的碱基序列。接下来请小组 4 号成员对照密码子表找出相应的氨基酸,在这个过程中提醒学生注意起始密码子和终止密码子,帮助学生加深对遗传密码的理解。接下来是难点,请小组共同画出翻译的过程,此时部分学生可能对 tRNA 的三叶草结构不熟悉,无法准确画出,需要教师进行师范和讲解要点,教师可在黑板上画出第一个 tRNA,让学生在纸上接着画其他的 tRNA,并且在 tRNA 上携带准确的密码子,这样让学生体验了翻译的整个过程。最后每个小组都能画出一副独一无二的基因表达过程的简图,利用简图,教师请学生利用数学方法,分析其中的数量关系,如 DNA 的碱基与 RNA 碱基的对应关系。

### 4.课后提升

课后教师布置一道有关转录、翻译的高考真题,将课堂所学的知识应用其中,拓宽原核生物基因表达过程的认识,并联系真核生物基因表达过程进行分析,迁移重要概念,提升学生科学思维的敏捷性和灵活性。

(2012·安徽卷,5)图示细胞内某些重要物质的合成过程。该过程发生在( )。



A | 真核细胞内,一个mRNA分子上结合多个核糖体同时合成多条肽链

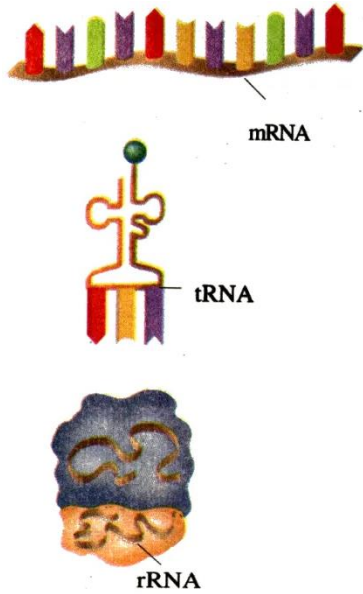
B | 原核细胞内,转录促使mRNA在核糖体上移动以便合成肽链

C | 原核细胞内,转录还未结束便启动遗传信息的翻译

D | 真核细胞内,转录的同时核糖体进入细胞核启动遗传信息的翻译

【资料一】1955年布拉舍用洋葱根尖和变形虫为材料进行的实验：用核糖核酸酶分解细胞中核糖核酸，蛋白质的合成就停止；若再加入抽提出的RNA，蛋白质的合成就有一定程度的恢复。

【资料二】三种类型RNA：



## 8 研究结果及分析

经过教学干预后,利用科学思维水平后测卷对实验班和对照班的学生做第二次问卷调查,并和科学思维水平前测卷的结果进行差异性分析,以期发现生物学模拟实验教学对学生科学思维水平发展的积极影响。

### 8.1 不同班级学生科学思维水平比较及子维度分析

#### 8.1.1 对照班前、后测科学思维水平变化及子维度分析

经过教学干预,对照班学生的科学思维水平得分从  $3.42 \pm 0.427$  分到  $3.50 \pm 0.539$  分,  $t$  值没有存在显著差异 ( $t < 2$ )。从各个子维度分析,科学思维的深刻性、灵活性、批判性、敏捷性、独创性 5 个维度也无显著差异。具体见下表:

表 8-1 对照班科学思维水平前后测组统计量

项目	时间	均值	标准差	标准误差平均值
深刻性	前测	3.25	.667	.120
	后测	3.32	.747	.142
灵活性	前测	3.45	.534	.078
	后测	3.52	.682	.105
批判性	前测	3.56	.649	.117
	后测	3.61	.616	.113
敏捷性	前测	3.58	.761	.133
	后测	3.62	.723	.106
独创性	前测	3.26	.374	.142
	后测	3.35	.404	.135
科学思维水平	前测	3.42	.427	.102
	后测	3.50	.539	.113

表 8-2 对照班科学思维水平前后测成对样本 t 检验

对比组	配对差值						t	Sig. (双 侧)
	平均值	标准 差	标准 误差 平均值	差值 95% 置信区间				
				下限	上限			
配对 1 深刻性 - 深刻性 2	-.068	.954	.125	-.445	.290	-.480	.624	
配对 2 灵活性 - 灵活性 2	-.070	.959	.169	-.484	.251	-.680	.508	
配对 3 批判性 - 批判性 2	-.049	.776	.114	-.462	-.237	-.365	.705	
配对 4 敏捷性 - 敏捷性 2	-.027	.820	.141	-.332	.336	-.066	.967	
配对 5 独创性 - 独创性 2	-.086	.792	.125	-.411	.103	-1.247	.257	
配对 6 科学思维 - 科学思 维 2	-.079	.686	.107	-.281	.151	-.617	.601	

### 8.1.2 实验班前、后测科学思维水平变化及子维度分析

经过教学干预，实验班学生的科学思维水平得分从  $3.38 \pm 0.354$  分到  $3.60 \pm 0.439$  分， $t$  值  $= -2.413 < -2$ ，存在显著差异。从子维度分析，科学思维的深刻性、批判性、独创性 3 个维度都有显著性提高 ( $t < -2$ )，其余维度无显著差异。具体见下表：

表 8-3 实验班科学思维水平前后测组统计量

项目	时间	均值	标准差	标准误差平均值
深刻性	前测	3.30	.422	.072
	后测	3.55	.547	.084
灵活性	前测	3.46	.515	.088
	后测	3.62	.422	.065
批判性	前测	3.32	.336	.063
	后测	3.68	.516	.082
敏捷性	前测	3.60	.668	.106
	后测	3.74	.519	.080
独创性	前测	3.22	.475	.092
	后测	3.61	.534	.073
科学思维水平	前测	3.38	.354	.050
	后测	3.60	.439	.060

表 8-4 实验班科学思维水平前后测成对样本 t 检验

对比组	配对差值					t	Sig.(双 侧)
	平均 值	标准 差	标准 误差 平均值	差值 95% 置信区间			
				下限	上限		
配对 1 深刻性 - 深刻性 2	-.248	.848	.127	-.545	.002	-2.014	.003
配对 2 灵活性 - 灵活性 2	-.159	.859	.134	-.266	-.031	-.630	.208
配对 3 批判性 - 批判性 2	-.356	.831	.140	-.562	-.016	-2.156	.005
配对 4 敏捷性 - 敏捷性 2	-.140	.720	.151	-.132	.364	-.166	.567
配对 5 独创性 - 独创性 2	-.386	.793	.135	-.521	-.013	-1.174	.295
配对 6 科学思维 - 科学思 维 2	-.220	.667	.106	-.481	-.054	-2.523	.000

## 8.2 结果分析

根据高中生科学思维水平前测卷的结果可知,高中生的科学思维水平处于中上水平,但五个维度的科学思维品质发展不均衡,得分从高到低依次是灵活性、敏捷性、批判性、独创性、深刻性,这与升学压力下课堂中重视学生应用知识的能力,重视快速解题能力以得高分的现状相符,在这种教学模式下,学生科学思维的灵活性和敏捷性得到较为充分的锻炼,但同时科学思维批判性、独创性和深刻性被传统教学所忽略,学生倾向于全盘接受教师所讲授的知识,缺乏自己独立、深入的思考,这也说明了利用生物学模拟实验教学培养学生科学思维的可行性。在经过教学干预后,对照班学生的科学思维水平无显著变化,实验班的科学思维水平有了显著的提高,尤其是科学思维品质的批判性、独创性和深刻性三个维度。

实验班学生和对照班学生的科学思维水平变化是由本研究所设计的生物学模拟实验教学引起的。在进行生物学模拟实验教学设计时,教师通过情境创设,激发学生的求知欲,给学生搭建展示的平台,引导学生从多个角度和方向思考问题、提出问题,以提升科学思维的深刻性和灵活性。教师在引导学生理解原型,作出假设阶段,提供相适宜的资料,在课堂上给予学生独立分析的机会,鼓励发表不同的见解,提出合理的假设,以锻炼科学思维的敏捷性和批判性。在建立模型进行模拟实验的重要阶段,教师应充分将课堂还给学生,让学生以小组为单位自由探索,在这个过程中充分锻炼学生科学思维的独创性。在类推原型,表达交流阶段,教师营造轻松的课堂氛围,鼓励学生畅所欲言,这对于提升科学思维品质的批判性有重要作用。在课后阶段,培养学生反思自省的习惯,完善课堂中的不足,形成良性循环。通过以上教学模式,使学生科学思维品质得到提升。

实验班学生科学思维的灵活性和敏捷性两个子维度的前后测不存在显著差异,具体原因可能有两个:一是在传统课堂中,对于科学思维的灵活性和敏捷性较为重视,因此在教学干预后,提升不明显;二是本次研究仍有不足,也许是由这些不足导致的,具体见第九章中的内容。总之在进行实证研究后发现,生物学模拟实验教学模式能对学生科学思维水平产生较大的积极影响。

## 9 研究结论与启示

### 9.1 研究结论

本文运用生物学模拟实验的教学方式对高中生生物科学思维培养进行了研究。经过查阅相关文献及选取合适的教学内容开展了教学实践，根据实证研究的结果，得出以下结论：

第一，高中生科学思维水平总体处于中上水平，但各维度发展不平衡，从高到低依次是灵活性、敏捷性、批判性、独创性、深刻性，其中后 2 项维度处于中下水平，可以对其进行针对性加强培养。

第二，通过生物学模拟实验的教学，学生能够全面分析研究对象，抽象出原型的本质特征，学生的科学思维能力得到锻炼，科学思维的深刻性有显著提升。

第三，通过生物学模拟实验的教学，学生能够提出质疑，发表不同见解，在实验过程中排除次要的干扰因素，科学思维的批判性有显著提升。

第四，通过生物学模拟实验的教学，学生能够总结适合自己的学习方法，探索解决问题的新方向和途径，科学思维的独创性有显著提升。

### 9.2 研究的不足

尽管本研究得出一些符合期望的结论，但依然存在一些不足之处，主要有以下三点：

1. 本研究受到时间、精力、学校设备等客观条件的限制，选取的样本容量不够大，教学干预的周期不充足，不足以准确反映生物模拟实验教学对科学思维的影响。

2. 研究对象是处于动态的变化中的，在实证研究过程中，无法全面排除无关变量的影响，无法达到理想的实验条件，这会影响实验结果的准确性。

3. 本研究中学生填写科学思维水平的调查问卷会有一定的主观性，因此得到的实验数据与学生的真实水平之间会存有偏差。

### 9.3 建议

本研究在经过前期查阅大量文献、中期调研实践、后期数据总结分析的基础上，得

出高中生科学思维水平的现状，以及生物学模拟实验教学对于培养学生科学思维水平是一个有效的手段，但如何完善本研究，更好的运用模拟实验，提出的建议如下：

1.注重对生物科学思维的理论研究，进一步探索科学思维的定义和相关理论，把握科学思维的内涵，如此才能在教学实践中熟练运用科学思维方法，有针对性地培养学生科学思维水平。

2.避免生物学模拟实验形式化。模拟实验是对真实实验的补充拓展，但绝不能取代真实实验，在条件允许的情况下，要坚持以做真实实验为优先。同时开展模拟实验时要做好相应的教学设计，不能空有其形而未有实效，无法达到教学目标。

3.建立多样化的教学效果评价机制，从多个角度评价学生科学思维水平，力求达到准确、真实。同时可以开展生物学模拟实验的教学范例，集思广益，组织更多教师参与其中。

## 参考文献

- [1] 教育部.中华人民共和国教育部基础教育课程改革纲要（试行）[S].教基（2001）17号，2001.
- [2] 教育部.中华人民共和国.普通高中生物课程标准（实验）[M].北京:人民教育出版社，2003.
- [3] 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（摘编）[J]. 青海教育,2014(12):4-5.
- [4] 中华人民共和国.普通高中生物学课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社，2018.
- [5] 和渊.关于高中生物学课程标准中“科学思维”的思考[J]. 生物学通报,2021,56(4):20-24.
- [6] 刘恩山.中学生物教学论[M].北京:高等教育出版社，2009.
- [7] 侯成奎. 高中生物模拟实验的开发和应用[J]. 百科论坛电子杂志,2020(9):696-697.
- [8] 陈峥.杜威的教育本质论评析[J].高等函授学报（哲学社会科学版），2009，22（02）：16-17.
- [9] 肖少北.布鲁纳的认知——发现学习理论与教学改革[J].外国中小学教育，2001（05）：38-41.
- [10] 米广春.科学思维培养的实证研究[D].上海：华东师范大学，2011.
- [11] 孙折.美国实施《普及科学—美国 2061 计划》述略[J].扬州教育学院学报,2004, 22(2): 60-63.
- [12] 黄奕柱. 简论思维结构的特性、功能及其优化[J]. 中国人民大学学报,1990(6):23-25.
- [13] 黄宝圣. 化学教学与创新思维[J]. 上海师范大学学报（哲学社会科学版）,2000(5):11-15.
- [14] 李昌勇,宁锐. 谈中学生数学创造性思维能力的培养[J]. 四川师范大学学报（自然科学版）,2000,23(6): 652-655.
- [15] 周素英. 初中生物学实验教学研究[J]. 生物学通报,2001,(7):28-29.
- [16] 胡卫平,罗来辉. 论中学生科学思维能力的结构[J]. 学科教育,2001,(2):21-31.
- [17] 领荣,安涛,任岩. STEM 教育中科学思维的培养探究[J]. 现代教育技术,2019,(11):107-113.
- [18] PANEGYRES, KONSTANTINE P., PANEGYRES, PETER K. The Ancient Greek discovery of the nervous system: Alcmaeon, Praxagoras and Herophilus[J]. Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia, 2016,

- 29: 21-24.
- [19] JONATHAN JACOBS. The first biologist: Perspectives on aristotlePhilosophical Issues in Aristotle's Biology, Edited by Allan Gotthelf and James Lennox. Cambridge University Press, Cambridge. 1987. Pp. 384, £30.00 hb; £10.95 pb[J]. BioEssays, 1988, 9(5):181.
- [20] ALAINR.BOSSARD, FRANÇOISRAULIN, DIDIERMOUREY, et al. Organic synthesis from reducing models of the atmosphere of the primitive earth with UV light and electric discharges[J]. Journal of Molecular Evolution, 1982, 18(3):173-178.
- [21] 王秀峰.生物学模拟实验[J].生物学教学,2009,34 (5) : 48-49.
- [22] NeaLe H.Nichols S.Theme-based content analysis[C].a flexiblea method for virtual environment evaluation international journal of human-computer studies 2001.
- [23] 单美贤, 李艺.虚拟实验原理与教学应用[M].北京: 教育科学出版社, 2005: 52.
- [24] 白娟.虚拟实验教学及其设计研究[D].西安: 陕西师范大学,2005.
- [25] 刘铁华. "性状分离比的模拟实验" 教具的创新制作 [J]. 实验教学与仪器,2020,37(11):50-51.
- [26] 闫女,郝晶晶,杨廷,等. 基因表达载体的构建模拟实验[J]. 教育,2020(5):66-70.
- [27] 丰丙云,李亚军. 高中生物模拟实验的开发[J]. 实验教学与仪器,2015,32(3):18,33.
- [28] 何燕玲,韩垚,黄紫筠,等. VGL 软件在高中遗传学教学中的应用 [J]. 中学生物学,2020,36(7):10-12.
- [29] 袁少雄,黄群声. 用 flash 动画实现细胞生物学模拟实验的尝试[J]. 实验室研究与探索,2007,26(3):67-70.
- [30] 李迅. 科学思维在高中生物学教学中的培养策略[J]. 中学生物教学,2020(7):4-7.
- [31] 袁谊. 例谈初中生物学模拟实验的教学实践[J]. 生物学教学,2015(10):52-53,54.
- [32] 张永. "探究鱼鳍在游泳中的作用"的实验[J]. 生物学教学,2011,36(3):63.
- [33] 李红菊,张丽蓉,赵京秋. "模拟探究酸雨对植物的影响"实验设计、实施与建议[J]. 生物学通报,2014,49(11):25-28.
- [34] 温彭年, 贾国英.建构主义理论与教学改革——建构主义学习理论综述[J].教育理论与实践, 2002 (05) :17-22.
- [35] 陈月茹. 论建构主义教材观[J]. 教育发展研究,2007,29(12):18-21.
- [36] 王惠来. 奥苏伯尔的有意义学习理论对教学的指导意义[J]. 天津师范大学学报 (社会科学版) ,2011(2):67-70.
- [37] 安佳龙. 有意义学习理论在高中生物学习中的运用[J]. 赤子,2018(3):29.
- [38] 单中惠. "从做中学"新论[J]. 华东师范大学学报 (教育科学版) ,2002,20(3):77-83.
- [39] 杜修全,叶绵雪. "性状分离比的模拟实验"的优化与改进 [J]. 中学生物学,2021,37(8):41-43.
- [40] 王艾平. Flash 生物学课件的制作[J]. 生物学教学,2006,31(11):54-55.

- [41]舒盼,郭劲霞,欧阳方丹,等. 希沃白板 5 在生物化学课堂中的初探[J]. 科教导刊-电子版(上旬),2022(1):139-141.
- [42]王守民. 例谈生物学实验设计的科学性原则[J]. 生物学教学,2017,42(2):50-51.
- [43]王宇,孙颖. “建立减数分裂中染色体变化的模型”教学设计[J]. 生物学通报,2016,51(10):21-23.
- [44]许凡月. 基于提升科学探究能力的高中生物学模拟实验教学研究[D]. 浙江:浙江师范大学,2020.
- [45]朱晓林,张颖,王静. 高中生物学模型模拟类实验的教学[J]. 生物学教学,2014,39(12):42-43.
- [46]徐丁辉. 例谈建模过程对概念生成的作用——以“DNA 分子结构”为例[J]. 文理导航(中旬),2018(5):86,91.
- [47]元莱滨.李克特量表的统计学分析与模糊综合评判[J].山东科学,2006(02):18-23+28.
- [48]吴明隆.SPSS 统计应用实务[M].北京:科学出版社,2003:24.
- [49]曾五一,黄炳艺.调查问卷的可信度和有效度分析[J].统计与信息论坛,2005(06):13-17.

## 附录 A 科学思维水平维度划分

一级维度	二级维度
深刻性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.能从众多的科学现象和事实中，抽象出本质特征，并概括出科学概念</li> <li>2.能正确理解科学概念和科学规律的来龙去脉、实质内涵、外延及相关概念和规律之间的联系和区别</li> <li>3.正确运用归纳推理和演绎推理设计实验、归纳实验结果，进行严密的推理论证，正确运用形式逻辑推理和形式逻辑法则</li> <li>4.善于对科学知识进行比较分类和概括总结，从不同侧面理解系统科学知识，形成合理的知识结构</li> <li>5.在解决问题时，能够正确全面分析研究对象和研究问题，挖掘问题中的隐蔽条件，掌握解决科学问题的一般规则和方法步骤。</li> </ol>
灵活性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.能够排出思维定势的消极影响，善于将已学过的科学知识和科学方法灵活迁移到新的情景中去</li> <li>2.善于从不同的角度，不同的方向去思考问题，理解科学知识，善于用不同的知识、不同的方法正确解决问题</li> <li>3.在思维过程中，能够从分析到综合，从综合到分析，具有一定的综合分析科学问题的能力</li> </ol>
批判性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.在科学学习中，爱好独立分析，善于提出质疑，发表不同的见解</li> <li>2.解决科学问题时目的性强，制订合理的解题计划，确定恰当的解题策略和方法，并能根据具体情况及时调节、修改思路、善于对解题过程和结果进行检验、反思</li> <li>3.抽象概括过程中能从复杂的背景中排除次要因素</li> </ol>
敏捷性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.在学习科学知识时，能迅速、准确地抓住所学内容，在头脑中予以内化，掌握其实质</li> <li>2.在解决科学问题时，能迅速、准确地将问题信息输入到头脑中，利用原有的认知结构，找出问题的关键所在，并迅速、适当地提取知识和方法，正确、快速解决问题</li> <li>3.善于对科学知识进行概括总结，形成合理的认知结构，贮存各种知识组块，并能在解决问题时快速提取，灵活运用</li> </ol>
独创性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.善于设计新的实验方案，采用新的观察实验方法</li> <li>2.能够根据已有习题，通过改变情景，变换条件，从而创造性地改编习题</li> <li>3.善于提出带有探索性的新颖问题，善于采用新颖的解题方法和思路</li> <li>4.能够总结适合自己的、有效的、新颖的学习方法</li> </ol>

## 附录 B 科学思维水平前测卷

班级：\_\_\_\_\_ 性别：\_\_\_\_\_

亲爱的同学：

你好！这份问卷旨在客观地了解你的科学思维水平，问卷的题目没有标准答案，回答结果保密，仅供教学研究使用，你的每一个选择都关系着研究的结果，希望你能填下真实的想法。

请你仔细阅读后，根据实际情况在你要选的选项上打（√）。感谢你的参与和合作！

题目	完全 不符合	比较 不符合	不确 定	比较 符合	完全 符合
1.面对一道生物学实验问题，我常常能联想到类似的问题，进行归纳总结					
2.在生物实验过程中，我喜欢独立分析，善于提出质疑，发表不同的看法					
3.我通常只从一个角度和方向去思考生物学问题					
4.我能用语言文字对生物问题或实验现象进行解释，抽象出本质特征					
5.我善于对生物学知识进行概括总结，在需要的时候及时提取，灵活运用					
6.我不能总结出合适自己的、有效的、新颖的学习方法，习惯模仿他人					
7.我在做实验时，我更喜欢独立操作，和别人合作我会觉得受影响					
8.我能够设计出不同于别人的实验方案，采用新的实验方法					
9.在实验过程中，对于出现的问题，我要求助他人的帮助才能正确调整和修改					
10.在设计生物学实验时，我能将研究对象及研究过程理想化，抽象出理想模型和理想过程					
11.感觉生物学的各个知识点在脑子比较散乱，理不清头绪					
12.我能够根据生物学现象和问题，提出新的观点和解释					
13.在学习生物学知识时，我通常花费一段时间才能抓住所学内容，掌握其实质					
14.进行生物学实验设计时，我总是很难从复杂的条件中排除次要因素					
15.面对全新的情景时，我常常想不到用已学过的知识和方法去解决					
16.我能正确运用归纳推理和演绎推理设计生物学实验，归纳实验结果，推测有些问题的原因					

17.我在生活中常会发现生物学知识的影子,由此产生相应的想法,如为什么是这样					
18.我善于用多种方法设计实验方案,多角度对活动结果进行呈现和分析					
19.面对老师提出的问题,我能够准确地提取问题的关键,正确、快速地解决问题					
20.我能够根据已有的习题,通过改变情景、条件,改编出新的习题					
21.在进行生物实验时,我更喜欢和别人合作,共同完成实验					
22.在解决问题时,我总是不能全面分析研究对象和研究问题,缺少一定的推理能力					
23.我能够判断实验结论的合理性和正确性,总结出其中未能解决的问题及遇到的新问题					
24.我根据给出的背景材料通常只能提出一至两个探究问题					
25.我能通过实验得出一定的结论,但通常是顺着老师的指导思路得到的					
26.我能够区分表面相似但本质不同的生物学概念,能够排除前科学概念对生物学概念的影响					
27.我有时分不清生物学概念和规律之间的联系和区别					
28.在生物学实验过程中,我能够按照自己的想法进行,不附和他人的意见					
29.在思考问题的过程中,我缺少综合分析能力,总是顺着一个方向进行思考					
30.在设计生物学实验方案时,我能够快速地抓住变量之间的关系,提出合理的实验方案					

## 附录 C 科学思维水平后测卷

班级：\_\_\_\_\_ 性别：\_\_\_\_\_

亲爱的同学：

你好！这份问卷旨在客观地了解你的科学思维水平，问卷的题目没有标准答案，回答结果保密，仅供教学研究使用，你的每一个选择都关系着研究的结果，希望你能填下真实的想法。

请你仔细阅读后，根据实际情况在你要选的选项上打（√）。感谢你的参与和合作！

题目	完全 不符合	比较 不符合	不确 定	比较 符合	完全 符合
1.我善于提出新颖的问题，采用新颖的实验方法和思路					
2.在学习生物学知识时，我能够快速准确地抓住所学内容，掌握其实质					
3.我能够将已学过的生物学实验方法迁移到新的情景中去					
4.我在做实验时，我更喜欢独立操作，和别人合作我会觉得受影响					
5.进行生物学实验设计时，我能够从复杂的条件中排出次要的因素					
6.我很少注意到生活中的生物学问题，更不会去思考问题的原因					
7.我能理解生物概念和生物规律的实质内涵及相关概念之间的联系和区别					
8.我能通过实验得出一定的结论，但通常是顺着老师的指导思路得到的					
9.面对众多的生物现象和事实，概括出其中的生物学概念对我来说有点困难					
10.对于实验结论的正确与否，我有时不能确定，也不能找出实验中存在的问题					
11.在面对生物学问题时，我能快速、准确地从脑中提取与问题有关的知识和方法					
12.在学习新的生物学知识时，我容易受到旧知识的影响，导致分不清新旧知识的区别					
13.我会对生物学知识进行分类和概括总结，形成合理的、系统的知识结构					
14.进行生物实验时，我更喜欢和别人合作，共同完成实验					
15.面对教材或老师提供的资料，如果我觉得有不科学之处，我会积极提出质疑					
16.在分析研究对象或问题时，我往往会遗漏一些					

隐蔽的条件，需要在同学的提醒下才能注意					
17.在模拟实验的过程中，我习惯于顺着他人的想法进行实验					
18.在面对一个生物学问题时，我常常能想到多种解决的方式					
19.面对老师提出的问题，我往往比同学慢一步想到问题的关键和解决办法					
20.在做题时，我常常会想，如果是我来出题我会有更好的思路					
21.面对给我的背景资料，我能够提出不止一个探究问题					
22.我习惯于对实验结果进行检验和反思，以确保结果的正确性					
23.在设计模拟实验时，我能将研究对象及研究过程理想化，抽象出理想模型和理想过程					
24.设计实验方案时，只要能想出一种方法我就觉得很满意，不会再去思考别的方法					
25.根据生物学现象和问题，我很少能提出新的观点和解释					
26.在进行模拟实验时，我能够正确运用归纳推理和演绎推理得出原型的本质特征					
27.在实验过程中，如果我认为实验步骤不正确我会及时调整思路					
28.我认为我脑中的生物学知识还没有形成一个清晰的框架和结构					
29.我能够总结出适合自己的学习方法，并根据实际情况进行调整					
30.在思考实验问题的过程中，能够从分析到综合、从综合到分析，有一定的综合分析能力					

## 致谢

时光如梭，转眼间二年的研究生生活已接近尾声，在石河子大学的两年学习生活中，我收获了许多美好的回忆，心中充满了感激与欣喜。在毕业论文即将完成之际，我想借此机会感谢那些一路帮助我陪伴我的老师、同学、朋友及家人。

首先我要感谢我的母校——石河子大学，虽然从杭州到新疆求学路途遥远，但是我从来没有后悔过这个决定，感谢母校为我们提供了成长的平台，不仅让我在学业上更进一步，也让我遇到了许多有趣的朋友，邂逅了奇妙的际遇。是石河子大学让我有机会踏入教育行业的大门，再次感谢母校。

同时我也要感谢我的导师——倪伟老师，从学习、生活、实习等方面都给予我悉心的指导，我得以顺利完成各项课程，圆满度过实习生活，以及完成毕业论文的撰写都离不开倪伟老师的鼓励和帮助。

其次我也要感谢我的实习指导老师——曹熙在老师，在学校实习期间，是曹老师带领我熟悉班主任管理工作，鼓励我讲授新课，并在课后给了我指导意见，帮助我提升教学技能。在石河子市第二中生物组的老师们帮助下，我顺利完成毕业论文的实证研究，获取了研究所需要的数据，再次感谢他们的帮助。

此外，我还要感谢我的男朋友徐斌盛，在我受挫时开导我鼓励我，和我分享成功的喜悦，也共同承担失败的难过，因为有了他的陪伴，我的研究生生活更加丰富多彩。我也要感谢我的师姐陈利，在开学报道的那天迎接我，带我逛校园，熟悉实验室的环境和同学，消解了我到新环境时的陌生和无助。

最后，我要感谢我的父母和姐姐在我背后支持我，在我的成长过程中给予我无私的关怀。愿你们身体健康，工作顺利！

## 作者简介

韩妮，女，生于 1998 年 2 月，籍贯浙江省。2020 年毕业于浙大宁波理工学院生物与化学工程学院生物工程专业，获得工学学士学位。2020 年 9 月起在石河子大学生命科学学院学科教学（生物）专业学习。

### 获奖情况

获 2020-2021 学年石河子大学研究生二等学业奖学金

### 导师评语

研究生姓名	韩妮	学制	2年
专业	学科教学（生物）	研究方向	不区分研究方向
<p>学术评语：</p> <p>该论文以生物学科核心素养培养为目标，以现状调查的结果为依据，进行教学案例设计和实践应用，揭示了生物学模拟实验对科学思维水平提升的推动作用。研究结果对基于科学思维培养的高中生物学模拟实验的教学实践具有一定的参考价值。</p> <p>本研究首先利用文献分析法，对科学思维、生物学模拟实验的概念进行了界定，总结出生物学模拟实验教学设计的系列流程：整理出了研究的理论基础和国内外研究的现状，并用问卷调查法调查学生科学思维水平现状，并开展了基于科学思维培养的高中生物学模拟实验的实践研究。</p> <p>该论文教育教学理论基础较为扎实，研究方案设计总体合理可行。论文结构安排较为合理，研究的工作量也较为饱满，研究结果具有一定的参考价值。论述逻辑性强，表述语句通顺。所采用的方法基本符合教育科学研究的规范。</p> <p style="text-align: right;">指导教师签字：倪伟</p> <p style="text-align: right;">2022年5月25日</p>			