

# “基于模型的探究”教学模式在“生物进化理论”教学中的实践应用

詹琪芳 (上海市卢湾高级中学 上海 200023)

**摘要** 将“基于模型的探究”(MBI)教学模式在“生物进化理论”的教学中加以应用,对如何围绕模型构建设计探究活动进行了详细诠释。教师引导学生,在科学探究活动中收集论据、不断回顾并修正模型和假设,学生调动科学思维,模仿科学家发现科学规律的过程,提升核心素养。MBI 教学模式作为现有课堂科学探究模式的有力补充,为生物学教师开展高质量的科学探究活动提供參考。

**关键词** 基于模型的探究 生物进化理论 核心素养

## Practical application of the “model-based inquiry” teaching model in the teaching of “biological evolution theory”

ZHAN Qifang

(Shanghai Luwan Senior High School, Shanghai 200023, China)

**Abstract** The “Model-Based Inquiry” (MBI) teaching model in the teaching of “Biological Evolution Theory” was applied, providing a detailed interpretation of how to design inquiry activities centered around models. Teachers guided students to collect evidence during scientific inquiry activities, continually reviewing and revising models and hypotheses. Students engaged their scientific thinking, mimicking the process by which scientists discover scientific laws, thereby enhancing their core competencies. The MBI teaching model served as a strong complement to existing classroom scientific inquiry models, offering references for biology teachers to conduct high-quality scientific inquiry activities.

生活经验,从个体和群体视角探讨霍乱的防控措施,深入分析采取这些措施的科学原理和依据,并鼓励学生相互评价,归纳出传染病防控的三个措施,建构概念“控制传染源、切断传播途径和保护易感人群等措施可以控制传染病的流行”。

2.2.4 探寻人体的三道防线 教师提出质疑:尽管医生在长时间近距离治疗霍乱患者的过程中接触到了病原体,但许多医生并没有感染霍乱。患者治愈后,在短时间内再次感染霍乱的可能性显著降低。学生通过阅读教材,分析原因及其具体过程,由此建构概念“人体能够通过特异性免疫和非特异性免疫抵抗病原微生物的侵染”。

2.2.5 任务五:疫苗与治疗 教师呈现相关情境:①1896 年,德国的考来用灭活霍乱弧菌制成了疫苗并投入使用。2004 年,中国推出了新型口服霍乱疫苗,降低了成本和副作用,被世界卫生组织推荐。近年来,非洲霍乱疫情促使 200 多万人接种了口服霍乱疫苗,有效控制疫情发生。②1928 年,细菌学家弗莱明发现青霉菌具有杀菌作用。目前,口服补液、静脉输液和抗生素治疗已能有效控制霍乱,死亡率可降至 1% 以下。引导学生结合教材内容就霍乱的疫苗的作用机制和治疗方法进行深入探讨,以建构概念“接种疫苗能够提高人体对特定传染病的免疫力”。此外,教师还应向学生

介绍中国在全球疫情防控中承担的责任和所做的贡献,帮助学生深入理解相关概念的同时,拓宽国际视野,培养态度责任感。

### 3 应用实践,统整概念

核心素养的形成和发展贯穿于概念建构的过程,但核心素养不是各级概念的简单堆砌,需要在概念统整和应用实践的过程中方能得以体现。因此,在深入探讨如何应对霍乱后,教师可以安排新的任务——防控全球新型冠状病毒肺炎疫情,引导学生结合生活经验,分析新冠肺炎疫情对社会、经济等产生的影响,并灵活利用已构建的重要概念解决新情境中的现实问题,将传染病的传染性和流行性、传播途径、有效的预防措施以及人体的免疫机制等内容所对应的次位概念统整起来,建立起结构化、系统化的概念体系,提升解决实际问题的能力,形成批判性思维和创新思维等高阶能力,以促进其核心素养的发展。

### 主要参考文献

- [1] 盛国跃,李艳华,龚 静,等.聚焦重要概念的生物学单元教学实践研究·情境与问题[M].杭州:浙江科学技术出版社,2022:19.
- [2] 何梦洁,董素君.利用主题单元教学促进学生深度学习[J].新课程教学(电子版),2022(8):1.◇

**Keywords** model-based inquiry; biological evolution theory; core competencies

“生物进化理论”是沪科版高中生物学教材必修 2 第 4 章第 2 节“生物进化理论在不断发展”中的内容,主要阐述了生物进化的过程和原因。《普通高中生物学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》对应了 5 个次位概念,明确了学生的学习内容,从多个方面对重要概念“适应是自然选择的结果”进行了支撑<sup>[1]</sup>。在实际教学中,教师通过视频、图片或文本等形式帮助学生理解自然选择在生物进化过程中所起的作用和意义,但由于缺少针对性和系统性的教学设计和指导,学生不能很好地应用具体的科学思维方法和科学探究活动落实结构与功能观、进化与适应观等,对于核心素养的达成造成一定阻碍。教师迫切需要能反映科学实践过程和科学本质特征的探究活动对生物进化理论中的内容整合加工。基于模型的探究(model-based inquiry, MBI)作为一种学习和教学的模式,能够帮助学生在科学探究的过程中理解与建构概念,提升探究欲望和学习热情,值得一线教师尝试和参考。

## 1 MBI 教学模式的提出与内涵

《美国国家科学教育标准》提出,科学探究可以是科学家用于研究自然界,并基于此种研究获得的证据提出种种解释的多种不同途径,也可以指学生用以获取知识、领悟科学的思想观念,以及领悟科学家研究自然界所用的方法而进行的各种活动<sup>[2]</sup>。国外大量的研究表明,科学探究能力是一种具有复杂结构的高层次能力,对它的培养不能简单化和程式化<sup>[3]</sup>。基于上述背景,Windschitl 等在 2008 年提出了将建模教学与科学探究相结合的 MBI 教学模式,认为它最有希望取代传统的“学科方法”成为新时代科学教师的教学范式。原因在于模型与建模是科学发展中的重要元素,是科学家的核心活动,也是科学学习中不可或缺的认知与能力<sup>[4]</sup>。重要的模型往往对应的是该领域中的核心概念或原理,构建、验证和完善模型的过程能更贴切地展现科学知识发生、发展的过程<sup>[5]</sup>。科学模型主要包括三类:概念模型、物理模型和数学模型。MBI 教学模式以模型为载体,开展科学实践活动,能很好地体现科学本身的诸多特征,如科学知识的可检测性、可修正性,科学是推测性的、具有解释力、能产出新的推论或预期等。学生构建和修正科学模型有助于更好地理解、预测自然界规律。

## 2 MBI 教学模式的操作流程

MBI 教学模式是一组与科学探究和推理密切相关的实践活动。在正式开始前,教师需要根据学生的兴趣和想法的科学重要性,基于核心概念或原理,选择可

理解的因果关系的相关现象。然后从四个阶段实施具体步骤:①梳理资源和经验,清楚需要探究什么,构建初始模型;②假设模型成立,使用该模型解释一组可能的关系或事件;③收集证据测试模型,用于辨识可观察世界中的模式或关系;④构建因果论点,最终支持或驳斥原始模型中假设的解释过程或实体的主张(图 1)。值得一提的是,MBI 是一个有机的过程,这四个步骤很少会按照上述顺序发生,当新的信息或见解出现时,需要频繁回顾之前的步骤<sup>[4]</sup>。MBI 的最终目标中的“自然世界”是指生物学、物理、地理或化学的一般领域的过程、事件或结构,“可辩护的”指在创造这样的解释时使用证据,“解释”是为了强调最终产品应是一个有助于从因果关系的层面进行理解的陈述。

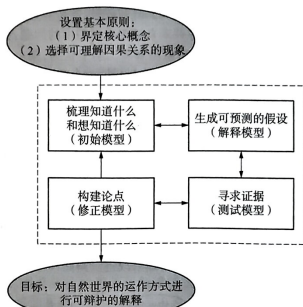


图 1 Windschitl 等提出的 MBI 教学模式结构图<sup>[4]</sup>

## 3 MBI 教学模式在“生物进化理论”教学中的应用示例

“适应是自然选择的结果”是本节的重要概念,围绕这一概念,教师出示了下列资料:夏威夷群岛是由火山喷发形成的小岛。科学家推断,大约 500 万年前,由于某种偶然因素,少量蜜旋木雀来到了其中的一座岛上,它们有着麻雀一样的喙,取食果实、种子和昆虫。随着时间推移,蜜旋木雀,具有形态各异的喙,取食不同食物。定居在不同岛屿和同一座岛屿不同地区的蜜旋木雀种群相互隔离,形成了许多种。无独有偶,加拉帕戈斯群岛是位于南美洲附近的岛屿,生活着 13 种地雀,长有不同形态的喙,食性大不相同,相互之间不能

繁殖交配并产生后代。要求学生根据上述材料,描述蜜旋木雀或地雀的进化历程。

设计意图:根据 MBI 的教学原则,教师围绕本节的重要概念,授课时出示与之相关的真实现象。由于学生在初中学习过长颈鹿进化的例子,知道“多种多样的生物是经过自然选择长期进化的结果”<sup>[6]</sup>,但如何进化,谁在主导,学生并没有清晰的认知。根据上述材

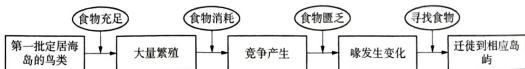


图2 学生构建的初始模型

料,学生需要调动已有的知识经验,抽取有用信息,在它们之间建立起因果逻辑关系并加以阐述。

料,学生需要调动已有的知识经验,抽取有用信息,在它们之间建立起因果逻辑关系并加以阐述。

3.1 构建初始模型 学生经过思考、讨论,以蜜旋木雀为例,给出如下进化模型(图2)。模型中存在两个问题:①食物匮乏,个体之间的竞争加剧,导致蜜旋木雀的喙发生变化;②喙发生变异的蜜旋木雀定向地迁徙到具有相应食物的岛屿上。

设计意图:初始模型的构建可以暴露学生自身对于进化理论的认识不足,模型中略有瑕疵的因果关系为后续的深入理解和打磨奠定了基础,也为教师提供了针对性的教学切入点,做到有的放矢。

了如下活动环节。

探究活动一:将吸管对折成镊子模拟蜜旋木雀的喙,前端可插入剪短的牙线棒模拟细长喙或者咖啡搅拌棒模拟粗短喙,后端用透明胶带固定(图3)。假设第一代木雀是粗短喙,要求学生模拟木雀后代可能出现的喙。教师提示:喙的形成与食物的匮乏存在因果关系吗?



图3 自制可拆卸镊子模拟蜜旋木雀的细长喙和粗短喙

3.2 解释模型 教师并未直接指出模型中的问题,而是鼓励学生对上述模型做出解释。学生认为,第一批定居海岛的木雀在没有竞争的岛上,面对充足的食物,大量繁殖,但随着食物的不断消耗,竞争逐渐加剧,食物匮乏,这导致了木雀的喙出现了不同形态的变异,有的喙细长而弯曲,适于从管状花中取食花蜜,有的喙短且粗,适于凿开树皮取食昆虫等。为了获取充足的食物,它们迁徙到有相应食物的岛屿,最终形成了现在蜜旋木雀的分布。

根据已有的“遗传与变异”的知识,经过模拟,学生认识到由于存在遗传现象,后代木雀有粗短喙,同时存在变异现象,还有可能出现细长喙、粗长喙、细短喙等,这些喙的出现与食物并无必然联系,并对初始模型进行了修正(图4)。

设计意图:教师不要急于直接纠正模型中的问题,应给予机会让学生阐述观点,只有通过自身的认知冲突,才能更好地暴露问题并加以改进。为此,教师设计

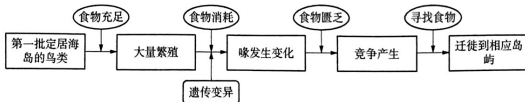


图4 学生初次修正的模型

设计意图:通过模拟后代喙的形态,学生将所学知识应用到建模中,对模型进行了修正,充分理解了生物进化的内因和生物多样性的前提。

相应岛屿的吗?相互隔离的小岛上的蜜旋木雀为何不能繁殖交配呢?上述问题的提出让学生进一步思考不同蜜旋木雀物种形成的原因。同样,为了帮助学生理解,教师设计了如下活动环节。

3.3 测试模型 根据修正后的模型,学生修改了原有阐述:第一批定居海岛的木雀大量繁殖的同时,由于存在遗传与变异,后代逐渐出现了不同类型的喙,适应不同的食物……

探究活动二:两张桌子相隔一段距离分别代表A、B两个岛屿。其中,A岛屿上放置5个三角烧瓶和1个培养皿,B岛屿上是5个培养皿和1个三角烧瓶,其内均放有30粒黄豆。三角烧瓶中的黄豆模拟长管状花的花蜜,培养皿中的黄豆模拟树皮里的小昆虫。12名

设计意图:经过修改后,形态各异的喙的形成原因有了科学的解释,但蜜旋木雀是因为食物定向迁徙到

学生随机分成两组,每组 6 人,其中 3 人持有 5 cm 长的镊子,另外 3 人手持 20 cm 长的镊子,两组学生同时用镊子夹取黄豆,计时 60 s。要求每人至少夹取 20 粒,否则被淘汰,成功通过的学生允许增加 1 名携带相同规格镊子的同学重复上述过程,模拟可遗传变异在种群中的繁衍所造成的数量上的增多,记录结果(表 1)。3 轮结束后,比较 A、B 岛屿上学生持有的镊子长短,分析原因,推测 A、B 岛屿种群后续的进化方向。(注意:

表 1 模拟 A、B 岛屿蜜旋木雀喙长进化记录表

| 地点              | 镊子种类  | 每轮结束后镊子的数量 |       |       |
|-----------------|-------|------------|-------|-------|
|                 |       | 第 1 轮      | 第 2 轮 | 第 3 轮 |
| A 岛屿<br>(长管状花多) | 5 cm  |            |       |       |
|                 | 20 cm |            |       |       |
| B 岛屿<br>(小昆虫多)  | 5 cm  |            |       |       |
|                 | 20 cm |            |       |       |

每轮开始前要补足黄豆的数量。)

设计意图:学生通过模拟自然环境对喙长(镊子长短)的选择压力,直观感受 A、B 岛屿截然相反的结果,理解对种群进化起决定作用的不是生物个体的主观选择,而是食物或者是环境,使种群中具有优势性状的个体所占比例逐渐增加,也就是优胜劣汰、适者生存。

3.4 修正完善模型 经过上述过程,学生对于现有蜜旋木雀的分布有了科学的认知,完成了模型的进一步修正与完善(图 5),并给出了合理的解释:第一批定居海岛的木雀大量繁殖,自身存在遗传与变异,后代有的喙长而细,适于从管状花中取食花蜜,有的喙短且粗,适于凿开树皮取食昆虫等。随着食物的消耗,竞争加剧,为了获取充足的食物来源,它们随机迁徙到其他岛屿,岛屿上的食物对具有优势性状的个体进行了选择,这种可遗传变异日积月累,导致后代之间的差异越来越大,直至不能相互繁殖交配,最终形成不同的物种,有了现在蜜旋木雀的分布。

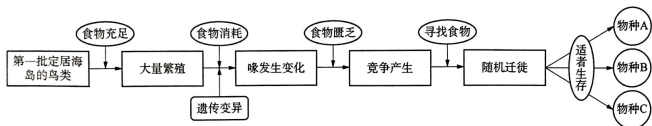


图 5 学生再次修正的模型

设计意图:通过对模型的修正和阐述,学生很好地解释了为什么经过几百万年,最初属于同一个物种的蜜旋木雀可以进化出形态各异、食性不同的多个种,建立了解释生物物种多样性的因果关系逻辑链,从科学的角度对生物进化理论进行了主张和举证,最终指向本节的重要概念“适应是自然选择的结果”。

#### 4 MBI 教学模式的应用小结与展望

对于“生物进化理论”的学习,以往学生很容易陷入拉马克的唯心主义学说中,会错误地认为,长颈鹿为了够到树上的嫩叶,不断伸长了脖子。同样,在对本文例子进行解释的初期,学生也会认为蜜旋木雀为了获取食物,喙变细长或变短粗,而一旦有了这种看似正确的既定思维,就会错误地理解物种多样性的形成。借鉴 MBI 教学模式开展这一内容的学习,帮助学生从根源上对概念进行了梳理,同时,模型与建模的科学思维和科学探究能力也得到了培养,学生能从唯物主义的观点出发,清晰地认识生物的进化历程。课后当再次探讨“如何理解抗生素滥用导致耐药性极强的超级细菌的诞生”这一问题时,学生已能轻松构建出如下

模型:“某种细菌在适宜的环境中大量繁殖,自身存在遗传与变异,当施加抗生素后,绝大多数细菌死亡,少数具有抗性的细菌存活下来,反复施加抗生素,最终将抗性最强的细菌筛选了出来,成为后来的超级细菌。”

MBI 教学模式的实质是模仿科学家发现科学规律的过程,任何一个科学发现或规律的总结都不是偶然,科学家在论据收集的过程中,经常学习到一些东西,这会让他们频繁回顾并修正建构的模型和假设。当教师呈现一组蕴含核心概念的教学情境时,学生会根据已有经验提出因果关系的假设,而不断寻求论据求证的过程,就是在模仿科学家行走的科研之路,这与课程标准提出的“理解科学的本质和科学研究的思路和方法”“科学知识可能随着研究的深入而改变”<sup>[1]</sup>等理念高度吻合。MBI 作为现有课堂科学探究模式的有力补充,不仅敦促学生构建模型解释现象深入参与,对教师的专业素养要求也更高,教师需要对探究活动中可能出现的问题做好充足的应对措施,以促成学生核心素养的更好落实。

# 基于氧化还原本质的“光合作用的原理”建模教学设计

张郅睿<sup>1</sup> 李秋石<sup>2</sup> 赵萍萍<sup>3,\*</sup>

(1 河南省郑州市第十一中学 郑州 450016; 2 河北师范大学教师教育学院 石家庄 050024; 3 北京师范大学未来教育学院 珠海 519085)

**摘 要** 在“光合作用的原理”教学中,运用基于证据的建模教学理念,从光合作用的氧化还原本质出发,以电子传递为线索设计问题串及对应的证据链,引导学生逐步建构光合作用过程的模型,以发展学生的科学思维及对光合作用中物质和能量变化的深刻认识。

**关键词** 光合作用 氧化还原 建模教学 证据 高中生物学

## Modeling teaching design of “principle of photosynthesis” based on the essence of redox

ZHANG Zhirui<sup>1</sup>, LI Qiushi<sup>2</sup>, ZHAO Pingping<sup>3,\*</sup>

(1 Henan Zhengzhou No. 11 High School, Zhengzhou 450016, China;

2 College of Teacher Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

3 College of Education for the Future, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

**Abstract** In the teaching of “The Principles of Photosynthesis,” an evidence-based modeling teaching approach was employed. Starting from the redox nature of photosynthesis and using electron transfer as a clue, a series of question and corresponding evidence chains were designed to guide students in gradually constructing a model of the photosynthesis process. This aimed to develop students’ scientific thinking and deepen their understanding of the changes in matter and energy during photosynthesis.

**Keywords** photosynthesis; redox; modeling teaching; evidence senior; high school biology

### 1 教学内容分析及设计思路

“光合作用的原理”是人教版高中生物学教材必修 1《分子与细胞》第 5 章“细胞的能量供应和利用”中第 4 节的重要内容。教学建议安排 3 课时,本节作为第 2 课时,旨在引导学生了解光合作用具体过程及其中的物质与能量变化,为下一课时学习“光合作用原理的应用”奠定基础。

### 主要参考文献

- [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] National Research Council. National Science Education Standards [M]. Washington DC: National Academy Press, 1996: 23.
- [3] 郭玉英. 学生的科学探究能力: 国外的研究及启示[J]. 课程·教材·教法, 2005(7): 93-96.
- [4] WINDSCHITL M, THOMPSON J, BRAATEN M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations [J]. Science Education, 2008, 92(5): 941.
- [5] 张春雷. MBI 教学模式在科学探究活动设计中的应用——以“植物如何能向光生长”为例[J]. 生物学通报, 2019, 54(11): 8-11.
- [6] 中华人民共和国教育部. 义务教育生物学课程标准(2022 年版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 26. ◇

光合作用是最经典的氧化还原反应之一,相关科学史料展现了科学家如何基于科学探究中的证据建构模型,理解自然界的运作规律<sup>[1]</sup>。教师应鼓励学生像科学家一样思考,不断基于科学证据建构及完善模型以解释自然现象<sup>[2]</sup>。本课时从光合作用的氧化还原本质出发,引导学生探索电子得失和传递的路径,通过建构深入了解光合作用过程及其中物质与能量变化。学生利用教师提供的探究情境,基于“提出问题—分析证据—得出结论—建构模型”的模型产出范式,形成层层递进的问题串,分析与子问题对应的证据链,并根据结论螺旋上升地构建出科学模型,发展科学思维。

### 2 教学目标

基于课程标准的内容要求、学业要求和学业质量标准,并围绕培养学生核心素养的要求,制订了如下教学目标:

(1) 通过了解光合作用的探究历程及分析相关证据,能基于物质与能量观以及光合作用的氧化还原本质,阐述光合作用的基本原理和过程。

(2) 通过逐步构建光合作用过程的模型,熟悉科学探索的一般思路和常用科学方法,并认同科学工作依据证据和推论及采用实证的范式。

(3) 阐明光合作用对生物圈的重要意义,自觉践