

高中生物学《分子与细胞》模块学习进阶教学研究

——以“光合作用与能量转化”为例

詹振凤

扬州大学生物科学与技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2024年12月7日; 录用日期: 2025年1月8日; 发布日期: 2025年1月15日

摘要

文章通过对学习进阶理论的基本要素展开剖析, 探索基于学习进阶理论的教学设计, 形成基于学习进阶理念的新课程教学框架。并以新人教版高中生物学教材必修一《分子与细胞》第五章第四节“光合作用与能量转化”的内容为例, 进行教学实践, 以此促进学生对相关知识的理解并提高学生认知水平。

关键词

高中生物学, 学习进阶, 教学设计

Research on Advanced Teaching of “Molecules and Cells” Module in High School Biology

—Taking “Photosynthesis and Energy Conversion” as an Example

Zhenfeng Zhan

College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Dec. 7th, 2024; accepted: Jan. 8th, 2025; published: Jan. 15th, 2025

Abstract

This paper analyzes the basic elements of learning progression theory, explores the teaching design based on learning progression theory, and forms a new curriculum teaching framework based on

the concept of learning progression. Taking the content of “Photosynthesis and Energy Transformation” in the fourth section of Chapter 5 of “Molecules and Cells”, a new People’s Education Edition biology compulsory textbook, as an example, the teaching practice is carried out to promote students’ understanding of relevant knowledge and improve their cognitive level.

Keywords

High School Biology, Learning Progression, Instructional Design

Copyright © 2025 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

必修一是全体高中生进入高中后要学习的第一个模块，因此必修一是高中生物学的基础，本研究尝试从教学内容的设定思路和呈现方式出发，帮助教师对学生的学习状况有更加清晰的认知，并据此选取适当的方式使学生熟练掌握某些知识点，实现学习进阶。

2. 概念界定与理论基础

2.1. 学习进阶的概念与要素

学习进阶(Learning Progressions, 简称 LPs)是指学习者在一定时间范围内对所学内容由浅入深、依次递进的思维进阶路径。美国国家委员会提出的“学习进阶”是指在一段时间里，学生在学习和探索某个课题时，对其进行连贯的、依次进阶的、逐步深入的思考途径的描述[1]。作为围绕某个主题的长期学习路径，研究者普遍认为学习进阶包括进阶变量、上锚、中间水平和下锚四个构成要素，以及学习任务和测评这两个验证学习进阶的工具与方法[2]。进阶变量是指从哪些角度来刻画学生在主题方面的发展；上锚又称学习目标，是对学习阶段结束学生应该知道什么、能做什么的要求；下锚是学习进阶的起点，通常与学生的日常经验和直观描述有关，源于学生在进阶主题上的可及性、认知和迷失概念等[3]；中间水平是学习进阶发展路径的“阶石”或“垫脚石”，是学生“下锚”迈向“上锚”过程中具有关键变化的发展阶点；学习任务是每个进阶水平学生能够完成的各类任务[4]；测评是一种特定的测量方法，用于校验学习进阶假设路径和诊断学生沿着进阶的发展状况。

2.2. 理论基础

2.2.1. 最近发展区理论

最近发展区理论是苏联学者维果斯基提出的，指学生独立解决问题的实际发展水平与在成人指导或同伴合作中解决问题的潜在发展水平之间的差距。该理论表明教学应该走在儿童现有发展水平的前面，通过创造最近发展区，为学生提供发展的可能性。最近发展区理论中现有水平对应了学习进阶中的起点，并且在经过教师的帮助能达到下个进阶阶层。

2.2.2. 建构主义理论

建构主义认为学习是学习者基于原有的知识经验生成意义、建构理解的过程，这一过程常常是在社会文化互动中完成的。它强调学习者的主动性，认为知识是学习者在一定的情境即社会文化背景下，借

助其教师或学习伙伴的帮助，利用必要的学习资料，通过意义建构的方式而获得。建构主义的代表人物之一是维果斯基，他的基本观点包括：① 知识观：知识并不是对现实的准确表征，它只是一种解释、一种假设，并不是问题的终极答案。② 学习观：知识是由学生自己建构的。③ 学生观：学生不是空着脑袋走进教室的，他们已有一定的认知结构和经验背景。建构主义的学生观对应了学习进阶的起点，其建构的过程也与学习进阶的过程有一定的相似之处。

2.2.3. 螺旋式教学

螺旋式教学亦称“循环教学法”，它强调知识在教学过程中的重复出现，但每次重复都增加深度和详细程度。螺旋式教学的理论基础主要源于布鲁纳的“螺旋课程”理论。他认为要掌握并有效地运用知识，必须通过反复学习，在越来越复杂的形式中加以运用，不断地加深理解，进而逐渐掌握。螺旋式教学方法符合学习进阶理念。

3. 创建“光合作用与能量转化”模块学习进阶假设

3.1. 课标梳理与分析

根据普通高中生物学课程标准，对于“光合作用与能量转化”这一节内容，要求学生能够理解光合作用的原理，即学生能够说明植物细胞的叶绿体如何从太阳光中捕获能量，并将这些能量在二氧化碳和水转变为氧气的过程中，转换并储存为糖分子中的化学能；掌握光合色素的类型与功能，即学生需要了解不同光合色素的类型，以及它们各自在光合作用中所起的作用，特别是它们如何吸收光能并转化为化学能；理解光反应和暗反应的区别与联系，即学生需要了解光合作用的光反应和暗反应两个阶段的物质变化和能量转化过程，并能够理解这两个阶段的区别和联系^[5]。

课标要求对应了学习进阶的上锚要求，即学生应理解光合作用的原理，能从物质和能量的角度来探讨光合作用，并掌握在细胞生命活动中物质和能量相互转化的作用，以及光反应和暗反应的具体过程。

3.2. 教材分析

“光合作用与能量转化”这节内容在教材中具有承上启下的作用。它建立在学生对细胞结构和功能、呼吸作用等基础知识有一定了解的基础上，进一步深入探讨了植物如何通过光合作用将光能转化为化学能，并产生氧气。这一节内容不仅加深了学生对细胞生命活动的理解，还为后续学习生态系统、生物圈等知识打下了坚实的基础。

3.3. 学情分析

高一学生通过初中阶段的学习，已经具备光合作用的基础知识，如光合作用的基本定义、叶绿体的结构和功能等^[6]。在高中阶段，学生们也学习了组成生物体的结构和功能等相关内容。虽然学生对光合作用有一定的认知，但往往只停留在表面，对于光合作用的物质基础和结构基础了解不够深入，无法从物质变化和能量转化的角度认识光合作用。虽然高中生具备一定的观察、认知能力，并具有强烈的探索欲，能够理性对探究实验进行分析，进而获得真知，但该节内容对学生分析、综合、抽象和概括等科学思维能力要求较高。因此，在学习了本节内容后，学生应掌握光合作用的过程与原理，还应结合光合作用的相关曲线，掌握关键点的含义。

3.4. 学习进阶水平分析

进阶水平1：即学生的基础认知，也是进阶起点。学生经过初中学段的学习后知道光合作用的原料、产物以及场所。

进阶水平 2：了解“叶绿体”的结构，从结构和功能观点出发，阐述叶绿体的结构适于进行光合作用。

进阶水平 3：理解光合作用的原理，即光反应与暗反应的具体过程。

进阶水平 4：掌握光反应与暗反应之间的联系，理解其是一个整体，探究影响光合作用强度的因素[7]。

进阶水平 5：理解植物在生态系统中物质循环和能量流动的重要作用。

4. 高中生物学“光合作用与能量转化”模块学习进阶教学设计

通过分析归纳新课标中“光合作用与能量转化”主题的教学目标和教材的知识点，最终，笔者围绕学习进阶的思想理念构建出“光合作用与能量转化”的教学设计。在本次教学中，教师要完成的任务主要为帮助学生从学习起点最终达到进阶水平 5。

4.1. 以学生认知起点创设情境，导入新课

联系初中知识，创设情境，提问“目前全球多个地区都面临粮食短缺的问题，如何解决呢？”学生通过初中的学习，能回答出有机物的来源是来自植物的光合作用。然后，教师给出有关数据：地球表面的绿植每年通过光合作用产生的有机物约为 4.4 亿吨，引导学生积极讨论，并导入新的课程。

设计意图：从学生已知的“植物通过光合作用产生氧气和有机物”这一基本概念出发，明确光合作用是生物界最基本的物质代谢和能量代谢过程[8]。

4.2. 以探究实验进阶关联层级，讲授新课

4.2.1. 探究一：绿叶中色素的种类

教师展示玉米地里正常的绿色玉米植株和不含绿色色素的白化苗，引出色素，并指导学生进行叶绿体中色素的提取和分离实验，观察并分析实验结果，通过实践感知绿叶中的色素，加深对光合色素的理解。接着，教师具体介绍光合作用的色素种类及其作用，并组织学生进行小组讨论，以问题串的形式，引导学生思考以下几个问题：为什么要选用鲜绿的叶片，不然会有什么结果？加入 SiO_2 和 CaCO_3 的作用是什么？为什么要剪去过滤纸的两个角？为何要用铅笔勾画出一条细线，而滤液细线却要重复画上两三次？滤纸条上有几个色素带？其排列次序、颜色、宽度如何？在层析中，绿叶中色素的溶解性怎么样？哪一种色素含量最多？

设计意图：通过对上述问题的分析，可以指导学生把实验结果与实验操作联系起来，明确两者之间的因果关系，培养他们分析问题的能力。

4.2.2. 探究二：叶绿体的结构和功能

引导学生分别从光学显微镜和电子显微镜认识叶绿体的结构，了解叶绿体的膜中有色素，其色素存在叶绿体类囊体的薄膜上。并以恩格尔曼的两个实验为素材，通过分析科学实验，引导学生科学思考后总结出叶绿体是光合作用的主要场所。在光照条件下，叶绿体可以把水光解产生 O_2 ，并且能解释叶绿体适于光合作用的色素、相关酶、基粒和大面积类囊体膜等结构特征。

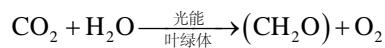
设计意图：阐明了叶绿体适应光合作用的结构基础，明确了概念，培养学生的结构与功能观。

4.2.3. 探究三：光合作用的原理和应用

教师引导学生回顾初中生物中光合作用的相关知识，并呈现光合作用相关科学史，如普利斯特利、萨克斯和恩格尔曼等科学家的实验[9]，帮助学生理解实验设计的基本原则和光合作用的初步概念，让学生利用已有知识总结光合作用从而得出：绿色植物可以通过光合作用积累有机物并且释放出氧气，教师以此引出光合作用的概念，并让学生填写相关知识点：① 主要场所：叶绿体。② 能量来源：光能。③

反应物：二氧化碳和水。④ 产物：有机物和氧气。随后，学生思考后总结出光合作用的化学反应式：

反应简式：



教师组织学生进行小组讨论，并呈现希尔、鲁宾以及阿尔农的科学史。在学生通过了解科学史并阅读课本上“探索光合作用原理的部分实验”后，教师概括讲解光合作用分为光反应阶段和暗反应阶段[10]。

设计意图：学生已经有了“光合作用在叶绿体中进行”的基础认知，但对光合作用怎么发生的并不清楚。因此，需要引导学生结合教材“探索光合作用原理的部分实验”的思考讨论活动进行分析。

4.3. 以综合性阐述提升应用能力，实现进阶

通过以上的教学环节，教师引导学生总结出：光合作用的过程分为两部分：一部分是在有光的条件下进行的，所需要的条件是在相关酶的作用下，以及伴随着 ADP 和 Pi 形成 ATP。在学生已知绿叶中含有的光合色素吸收的光可用于光合作用的基础上，学习光反应下水可以分解成氧气和 H⁺，而 H⁺与氧化型辅酶 II 结合，形成还原性辅酶 II，即 NADPH；另一部分不需要光，将 CO₂ 转化为糖类等有机物，称为暗反应。并且在学生已知绿色植物叶片上有很多气孔，CO₂ 通过气孔进入细胞的基础上，学习暗反应发生的场所是在叶绿体基质中，包括 CO₂ 的固定和 CO₂ 的还原两个部分，在暗反应下通过气孔的 CO₂ 可以在特定酶的作用下与 C₅ 结合，形成 C₃ 分子，C₃ 接受 ATP 和 NADPH，并被其还原。一部分被还原成 C₅，另一部分转化为糖类等有机物。

在此基础上，教师进行总结：在光合作用的光反应阶段，叶绿体内类囊体中的色素捕获光能后使水发生光解，产生氧气(O₂)和氢离子(H⁺)，同时还伴随 ATP 和 NADPH 的生成。因此，光能转化成了 ATP 和 NADPH 中活跃的化学能；光合作用的暗反应阶段发生在叶绿体的基质中，在 NADPH 和 ATP 的驱动下，将二氧化碳转化为糖类，并储存化学能。光反应与暗反应彼此关联，光反应为暗反应提供 ATP 和 NADPH，暗反应为光反应提供 ADP、Pi 和 NADP⁺。

4.4. 以学生讨论发展科学思维，实现进阶

在了解完光合作用具体过程和原理后，教师引入光合作用强度的概念，从光合作用的理论学习转为实践应用，并从不同的角度分析其影响因素。通过设计情景题引导学生分析影响光合作用强度的因素，如 CO₂ 浓度、光照强度和温度等，组织学生进行小组讨论，讨论如何通过调整这些因素来提高光合作用效率，进一步提高学生的综合思考与表达能力。最后，教师向学生渗透光合作用对自然界及人类生命活动的重要意义，如产生氧气，促进碳循环，为其它有机体提供能源等等。

4.5. 以学习任务和测评为手段，验证进阶

根据预期结果，设计能够证明学生学习成果的表现性任务，如：构建光合作用的反应模型，并向他人做介绍。利用光合作用原理，设计转化、利用或储存太阳能的方案。还可以通过其他方式验证学生学习成果的证据，如：编制光合作用各阶段的物质变化与能量转化的测试题；学生之间自评或互评光合作用的模型和方案；通过课堂观摩统计学生的课堂参与情况(推理论证、实验设计、方程式书写等)。

5. 预期教学成果

基于学习进阶理念的光合作用的教学设计开展后，学生掌握解决问题的能力得到提高，能够举例说明光合作用的相关知识与生活和生产紧密联系，关注其原理的广泛应用，认同科学技术的重要价值。而且学生能够全面理解光合作用的原理，掌握光反应和暗反应的过程及其相互关系，能够运用所学知识分

析和解决实际问题[11]。

6. 结论

总而言之,学习进阶理论关注的是学习的过程与发展,描述了学生对某一概念在不同的进阶水平下所能够达到的不同进阶目标,同时也描述出了学生的思维发展路径。本文所呈现的“光合作用与能量转化”是以物质循环和能量循环两个方面对光合作用进阶水平进行描述,并完成了“光合作用与能量转化”的相关教学设计。由此可见,从浅入深的教学设计是串联不同次位概念的纽带。因此,教师进行教学设计要全面考虑到学生进阶水平的出发点,从学生的学习起点出发,对课程概念进行思考,建构从简单到复杂、层层递进的教学过程。

参考文献

- [1] National Research Council (2006) Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. The National Academies Press.
- [2] 张咏梅,田一,李美娟.学习进阶研究的国际进展及本土启示[J].教育科学研究,2024(7): 68-76.
- [3] 张颖之.理科课程设计新理念:“学习进阶”的本质、要素与理论溯源[J].课程·教材·教法,2016, 36(6): 115-120.
- [4] 王晓芳.学习进阶实证研究的国内外比较研究[D]: [硕士学位论文].重庆:西南大学,2020.
- [5] 中华人民共和国教育部.普通高中生物学课程标准[M].北京:人民教育出版社,2018.
- [6] 潘明凤.基于生物学学科核心素养的概念教学实践——以“光合作用的过程”为例[J].中学生物学,2019, 35(4): 30-31, 47.
- [7] 田甜,孙远东.整合式教学在高中生物学中的应用——以“光合作用与能量转化”一节为例[J].才智,2020(33): 39-41.
- [8] 薛红.“光合作用过程”教学的组织[J].生物学通报,2009, 44(8): 31-34.
- [9] 龙李.三个版本高中生物《分子与细胞》教材图像系统比较研究[D]: [硕士学位论文].贵阳:贵州师范大学,2019.
- [10] 王明星.核心素养导向下模型教学在《分子与细胞》模块的应用研究[D]: [硕士学位论文].聊城:聊城大学,2020.
- [11] 孙瑗苑.高中生物学教学中利用科学史进行模型建构的实践研究[D]: [硕士学位论文].济南:山东师范大学,2022.