

基于信息加工理论的教学模式在高中生物课堂中的应用

——以“细胞的能量‘货币’ATP”为例

曹玥彤, 殷宝法*

扬州大学生物科学与技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2026年3月11日; 录用日期: 2026年4月10日; 发布日期: 2026年4月21日

摘要

《普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)》明确提出生物学课程要以核心素养为宗旨, 内容聚焦大概念作为基本理念, 这使得概念教学在中学生物学教学中占据核心地位。在传统的教学中, 学生在学习过程中存在“重结果、重记忆、轻过程”的倾向, 导致学生对重要概念的理解停留在表层, 知识内涵掌握不牢。一旦遇到陌生的生物学情境, 便难以有效调动和运用所学知识, 表现出适应性与迁移能力的不足的情况。本文以“细胞的能量货币ATP”一节为例, 阐述信息加工理论在高中生物课堂教学中的运用, 为教学实践提供参考。

关键词

信息加工理论, 生物核心素养, 生物学教学

Application of Information Processing Theory-Based Teaching Model in High School Biology Classrooms

—Taking the “Cell’s Energy Currency ATP” as an Example

Yuetong Cao, Baofa Yin*

College of Biological Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: March 11, 2026; accepted: April 10, 2026; published: April 21, 2026

*通讯作者。

Abstract

The “General Senior High School Biology Curriculum Standards (2017 Edition, Revised in 2020)” clearly state that the biology curriculum should be guided by core competencies, with content focused on big concepts as a fundamental idea, which places concept teaching at the core of high school biology education. In traditional teaching, students tend to “emphasise results and memorisation while neglecting the process” during learning, resulting in a superficial understanding of key concepts and an unstable grasp of knowledge. When faced with unfamiliar biological contexts, it becomes difficult for students to effectively mobilise and apply the knowledge they have learned, showing a lack of adaptability and transferability. This article takes the chapter “ATP as the Energy Currency of Cells” as an example to illustrate the application of information processing theory in high school biology teaching, providing a reference for teaching practice.

Keywords

Information Processing Theory, Core Competencies in Biology, Biology Teaching

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

基于信息加工理论的教学模式, 强调在生物学教学中注重核心概念的渐进式建构。该模式引导学生从生物学概念的初步感知, 到巩固与反馈, 再到模型迁移与应用, 从而促进其生物学观念的持续发展[1]。在这一过程中, 学生不仅能够深入理解、内化并灵活运用生物学概念, 其关键能力和核心素养也能得以协同提升。

依据信息加工学习理论, 感受器获取的信息首先进入于感觉寄存器, 经选择性注意进入短时记忆, 通过编码加工与精细复述, 信息获得意义建构并转入长时记忆保存。当学生需要调用所学内容时, 从长时记忆提取相关信息, 调入短时记忆核实确认后进入反应发生器, 最终经由效应器输出为可观察的行为表现, 这一完整的认知加工流程, 即为美国心理学家加涅所提出的学习与记忆模型(如图 1) [2]。

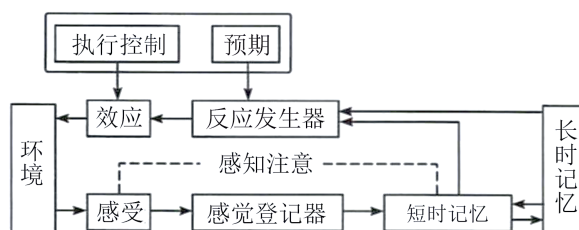


Figure 1. Learning and memory model of information processing theory

图 1. 信息加工理论的学习与记忆模型

学生在学习中普遍存在概念混淆、理解浅层化、应用能力薄弱等问题, 迷思概念广泛存在于核心概念学习中, 是导致学生学习困难的重要障碍。信息输入时, 迷思概念作为长时记忆中已存储的信息, 会干扰新信息的接收与初步编码, 进入信息编码与存储阶段, 概念转变模型则推动相关迷思概念重构与科

学概念编码, 确保科学概念能被有效存储于长时记忆, 最终在信息应用过程中, 促进长时记忆中概念的提取与应用, 完成信息加工的闭环。

2. 教材分析

教材本章开篇以酶的相关知识展开论述, 这类生物催化剂是细胞能量代谢环节的核心参与者, 对维持生命运转具有关键意义。ATP 是驱动生命过程的即时能量来源, 在细胞层面的物质转化中占据重要地位。生化反应既需要酶促机制的参与, 也依赖能量形态的转换, ATP 与 ADP 之间的循环再生提供了生理活动的动力保障, 这种高能化合物在储能反应与释能反应间实现能量传递。因此, 本节课程不仅延续了先前关于酶的探讨, 更为后续深入理解细胞呼吸与光合作用奠定了认知基础。

3. 学情分析

前面的课程中学生学习了细胞中有机物的基础内容, 学生对于蛋白质、糖类、脂肪等成分在生物体内的功能定位形成了初步印象。但是学生尚未明确细胞中能源物质的能量利用途径, 不清楚大分子能源物质与细胞生命活动之间的关系, 对“直接能源物质”的概念没有认知。此外, 学生对“高能磷酸键”的化学本质和特性缺乏了解, 难以理解 ATP 与 ADP 之间的转化机制, 这是本节课需要重点突破的重点内容。

4. 教学目标

(1) 通过对科学史进行推理, 构建 ATP 分子结构物理模型, 简述 ATP 分子的化学组成和结构, 说明 ATP 分子特征与其直接供能作用的内在关联。(生命观念)

(2) 借助 ATP 与 ADP 转化的资料分析与实验现象分析, 帮助学生总结 ATP 形成过程中的能量来源及该过程的生物学意义。(科学思维)

(3) 设计对照实验, 尝试探究萤火虫放光的直接供能物质, 掌握科学探究的方法。(科学探究)

(4) 结合生活实例, 增强 ATP 知识的迁移运用, 培养解决问题能力。(社会责任)

5. 基于信息加工理论的教学设计

依据加涅的理论框架, 学习活动遵循八个相继展开的阶段, 强调每一学习环节需匹配特定的教学事件(如表 1), 实现学习进程与教学设计的结合。教学每一个环节的设计都应从学生的学习过程出发。以信息加工学习理论为依据进行教学设计[3]。

Table 1. The correspondence between teaching events and learning stages

表 1. 教学事件与学习阶段的对应关系

学习阶段	教学事件
动机阶段	引起注意, 激发学习动机, 告知学习目标
领会阶段	指导注意, 将关键信息分化出来
习得阶段	刺激回忆, 将信息进行编码, 提供学习指导
保持阶段	增强保持
回忆阶段	
迁移阶段	
作业阶段	促进知识迁移与运用
反馈阶段	

5.1. 创设情境激疑, 引起注意

教师播放萤火虫发光的视频, 并提供资料 1: 萤火虫的尾部发光器中有荧光素和荧光素酶, 荧光素接受能量后就被激活, 在荧光素酶的催化下, 激活的荧光素与氧气发生化学反应, 形成氧化荧光素并且发出荧光[4]。教师提出问题: 萤火虫发光所需的能量从何而来? 引发学生思考, 聚焦“直接能源”这一核心问题。

引导学生回顾: 之前学习过的能源物质有哪些。

设计意图: 利用大自然的奇妙来激发学生的探究欲望和学习兴趣, 视频激活感官登记, 引发选择性注意; 提出问题“能量从哪里来?” 引导学生聚焦“直接能源”这一关键概念。产生热爱自然和生命的情感共鸣, 为后续实验探究环节埋下伏笔。

5.2. 聚焦问题情境, 编码加工关键信息

5.2.1. ATP 是驱动细胞生命活动的直接能源物质

教师提问: 萤火虫发光需要消耗能量, 那么细胞中哪种物质最可能是其直接的能量来源? 我们又该怎样设计实验来验证这一推测? 提供实验材料等量的萤火虫捣碎的发光器、葡萄糖溶液、蒸馏水、脂肪溶液、ATP 溶液[5]。让学生分组讨论提出假设, 利用实验材料设计实验并讨论完善, 预测实验结果和结论, 探究细胞内直接能源物质(表 2)。

Table 2. Exploring the direct energy substances within cells

表 2. 探究细胞内的直接能源物质

组别	实验材料	实验结果
1	等量的萤火虫捣碎的发光器 + 等量且适宜的蒸馏水	无荧光
2	等量的萤火虫捣碎的发光器 + 等量且适宜的葡萄糖溶液	无荧光
3	等量的萤火虫捣碎的发光器 + 等量且适宜的脂肪溶液	无荧光
4	等量的萤火虫捣碎的发光器 + 等量且适宜的 ATP 溶液	有荧光

设计意图: 通过实验设计与现象分析, 引导学生基于已有知识(糖类、脂肪)、ATP 进行假设, 设计实验; 通过“预测 - 观察 - 解释”流程, 促进信息在工作记忆中的加工与整合。学生基于实验现象荧光素只有在接受 ATP 供能后才能被激活并发光, 由此推断萤火虫发光直接由 ATP 供能, 进而形成次级概念: ATP 是细胞生命活动的直接能源。

5.2.2. ATP 是一种高能磷酸化合物

教师引导学生从 ATP 结构的角, 分析 ATP 为何能直接为萤火虫发光供能。提出问题: (1) ATP 的元素组成包括什么? (2) AMP 与 ATP 的结构有什么区别? (3) ATP 结构简式中的字母和符号分别代表什么?

提供资料 2: (1) 英国化学家托德发现 AMP 是 RNA 的降解产物; (2) 德国生物化学家罗曼发现 ATP 能促进磷酸肌酸水解, ATP 分解为 AMP 和两分子磷酸; (3) ATP 内携带可供能的化学键不稳定, 具有较高的转移势能, 美籍化学家李普曼建议用符号“~”代表。学生阅读教材内容及资料后, 进行小组合作, 利用教师提供的卡片模型, 包含嘧啶、嘌呤、磷酸基团、核糖、脱氧核糖、高能磷酸键与普通磷酸键, 选择组件构建 ATP 结构模型, 完成模型后, 选取一组上台展示并讲解模型各部分构成与连接方式(图 2), 其他小组则进行评价与补充, 共同完善对 ATP 结构的理解[6]。教师将特殊的化学键类比为压缩的弹簧, 在压缩时既积聚了弹性势能又处于不稳定的紧绷状态, 使学生能够生动理解特殊化学键兼具较高转移势

能和不稳定的结构特征[7]。

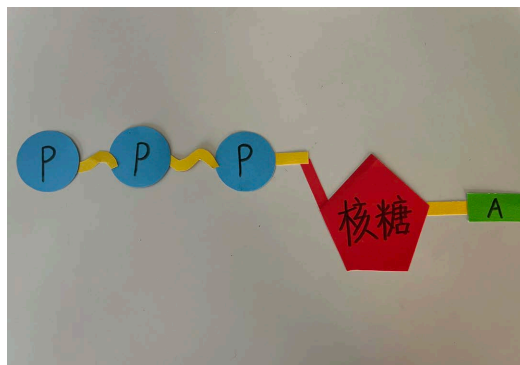


Figure 2. ATP model built by students
图 2. 学生构建的 ATP 模型

设计意图：利用卡片模型逐步建构 ATP 分子，从腺苷到 AMP 再到 ADP 最后构建出 ATP 模型，逐级编码，引导学生进行深加工。ATP 结构模型不仅是知识呈现，更是学生内部认知图式的外化与修正工具。建构过程有意将两种糖类物质同时展示，产生辨识难度，促使学生进行观察对比，最终确定 ATP 组分中的糖为核糖，能够发展学生的批判性思维及自主思考的能力，让模型建构真正服务于深度理解，而不仅仅是动手体验。学生生成次位概念：ATP 的结构适于为细胞直接供能。

5.2.3. ATP 与 ADP 可以相互转化

萤火虫发光一般在夏季 19:30~24:00，能持续这么长时间发光就需要源源不断的能量供给，会消耗大量 ATP。教师提问：萤火虫体内是否储备了足够的 ATP？ATP 又是通过什么途径持续生成的？

提供资料 3：成人体内 ATP 总量仅 2~10 毫克，骨骼肌细胞含量只够维持 3 秒剧烈运动；安静时一天消耗 40 千克，活动时每分钟消耗 0.5 千克[8]。学生分析资料 3 后，能得出“ATP 在生物体内含量少，但需求量大”的结论。

提供资料 4：(1) 磷酸肌酸(C~P, C 为肌酸)在肌酸激酶催化下将磷酸基团转移给 ADP 生成 ATP。研究者用电刺激蛙肌肉，检测对照组和肌酸激酶抑制组收缩前后 ATP 和 ADP 含量(表 3)；(2) ^{32}P 标记磷酸后加入细胞培养液中，短时间内快速分离 ATP，ATP 的总量变化不大，但是大部分 ATP 末端的磷酸基团已经带有放射性标记；(3) 赫尔曼等科学家的实验表明，在进行光合作用与细胞呼吸作用时，其内部 ATP 的含量大幅增加。通过对实验组与对照组的数据比对，学生得出 ATP 与 ADP 存在可逆的转化关系，结合资料分析，学生进一步认识到 ATP 的合成与分解速率极为迅速，正是这种快速转化机制，有效化解了细胞内 ATP 储量有限而生命活动对能量需求旺盛的矛盾，并明确 ATP 合成的场所及能量来源。教师进一步设疑：ATP 与 ADP 之间的转化是可逆反应吗？引导学生从能量来源、场所、酶等方面分析其不是可逆反应，而是“物质可逆，能量不可逆”的循环过程。

Table 3. The content of ATP and ADP before and after muscle contraction

表 3. 肌肉收缩前后 ATP 和 ADP 的含量

腺苷磷酸	对照组/($10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{g}^{-1}$)		实验组($10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	
	收缩前	收缩后	收缩前	收缩后
ATP	1.30	1.30	1.30	0.75
ADP	0.60	0.60	0.60	0.95

设计意图：学生从资料中接收到关键信息：“ATP 含量少”与“消耗量大”。这两个信息点在工作记忆中形成了认知冲突，驱动后续的信息加工活动。通过对所有资料信息的持续整合与意义建构，学生将各个信息点“ATP 含量少、消耗大；ATP 与 ADP 之间快速转化；转化是非可逆反应”串联成一个完整的思维过程，形成次位概念：细胞通过 ATP 与 ADP 的迅速相互转化，保证了能量的持续供应。

5.3. 提供学习指导，促进学生迁移运用

教师提问：ATP 水解释放的能量既可用于萤火虫的发光反应，还可为哪些生命活动提供动力来源？ATP 是怎样供能的呢？提供 ATP 应用的相关资料，让学生进一步分析。例如，播放 Ca^{2+} 主动运输过程的视频(图 3)，让学生描述过程。

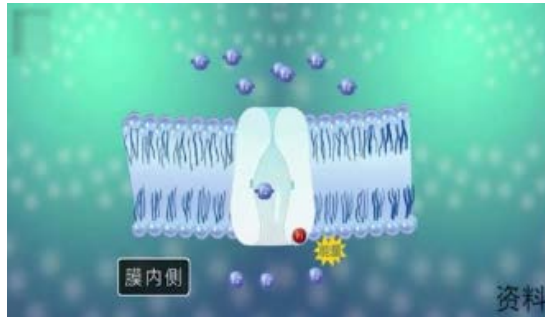


Figure 3. Active transport of calcium ions
图 3. 钙离子主动运输过程

设计意图：以主动转运过程中的 ATP 供能为典型案例，引导学生深入理解 ATP 驱动各项生命活动的内在机制。通过指导学生解读图示、分析过程，强化其从图像中提取信息并转化为语言表达的能力，从而真正掌握磷酸化与去磷酸化在能量传递中的核心作用。

5.4. 回顾反思，强化概念的理解

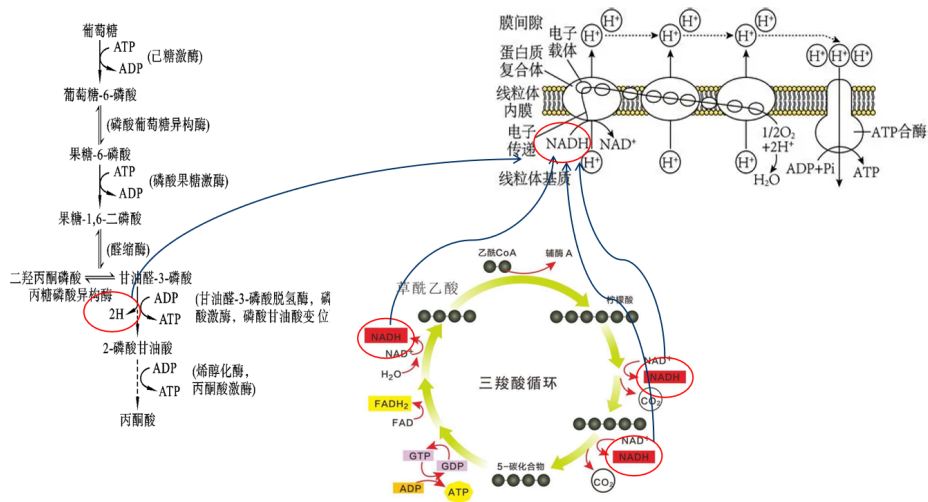


Figure 4. The oxidative decomposition process of glucose
图 4. 葡萄糖的氧化分解过程

教师提问：细胞为什么不直接利用葡萄糖等有机物中的能量？引导学生回顾之前所学有关糖类、脂

肪等物质的相关知识,从结构的角度进行思考。学生尝试回答出“葡萄糖、脂肪结构复杂,而ATP结构简单”,教师继续以“葡萄糖的氧化分解”为例,提供示意图(图4),请学生简单描述过程,说明为什么不以葡萄糖作为直接能源物质。

设计意图:通过制造认知矛盾,引导学生调用已有知识,借助直观图示进行科学推理,最终自主建构出“ATP是直接能源物质”这一核心概念。并且教师通过提问,引导学生观察进行推理的流程来完成,让学生学会基于证据进行逻辑推理,从而提升其对信息分析与论证能力。

5.5. 课堂小结

以小组为单位,总结ATP相关的核心概念进行汇报,理清整节课的知识脉络。

设计意图:以小组汇报的形式,对学生信息加工过程的输出环节进行训练,学生从被动的信息接收者转变为主动的信息加工者,其认知策略水平也得到了提升,深化“细胞的能量货币ATP”这个概念。

5.6. 课后作业

查阅课外资料,进一步了解的有关ATP的应用,例如:注射药物;PCR技术等。学生课后查询相关资料,交流自己的想法,将所学知识进行运用。

设计意图:学生将课堂所学内容应用于解决实际问题,发展创造性思维,增强社会的责任意识。

6. 教学反思

立足新课程标准“素养立意、大概念统领、实践育人”的基本要求,本节课的设计突出两大特色:其一,通过多形式、多层次的学生活动,推动学生对信息进行加工、整合与运用,借助实验探究、模型构建等途径,让学生深度参与课堂,发展学科核心素养。其二,以“萤火虫发光”为贯穿始终的教学情境,依托问题引领,帮助学生提炼生物学证据,实现概念的逐步生成,使学生由知识的接受者转变为知识的建构者。但是由于时间关系,概念检测未能做到实时反馈,对于学生的课堂学习情况的反馈还不够明确与清晰。

7. 结论

本教学案例参照信息加工教学模式的基本框架,围绕概念的引入、深化、巩固与应用等环节层层推进,契合学生的认知发展规律。在概念引入阶段,注重激活学生的已有经验,创设认知冲突,引导其进入学习状态;在知识深化环节,借助多样化的信息呈现方式激发学生的学习兴趣;在迁移应用环节,则聚焦发展学生的模型建构能力与逻辑推理思维,促进其科学思维与综合素养的协同发展。整体设计契合学生认知发展的内在规律,体现了信息加工理论对教学实践的有效指导。同时存在一些不可忽视的局限性,如果教师严格按照线性设计教学内容,过度追求流程的完整性,可能无法应对学生认知需求的反复,导致教学僵化,所以教师在教育实践中,结合具体教学情境与学生反馈,灵活调整教学,善于取长补短,发挥教师的教学智慧。

参考文献

- [1] 石如灿. 基于加涅信息加工理论的高中生物有效学习策略初探[J]. 试题与研究, 2024(32): 43-45.
- [2] 余泉, 喻平. 加涅教学理论对中学数学教学的启示[J]. 教育研究与评论(中学教育), 2023(8): 8-15.
- [3] 杨晓霖, 潘玉君, 晏祥选. 基于加涅信息加工学习理论的地理教学模式探究[J]. 中学地理教学参考, 2023(9): 17-19+23.
- [4] 周湘. “细胞的能量‘货币’ATP”一节同课异构教学[J]. 生物学教学, 2022, 47(5): 29-31.

- [5] 王佳虹, 徐丹丹, 韩菲. 基于科学探究和科学思维的教学探索——以“细胞的能量‘货币’ ATP”为例[J]. 生物学通报, 2021, 56(12): 28-31.
- [6] 赵剑, 祁云. 基于模型建构的深度合作学习——以“细胞呼吸”的一轮复习为例[J]. 教学考试, 2021(33): 9-12.
- [7] 甄洁述. “细胞的能量‘货币’ ATP”一节的情境教学组织[J]. 生物学通报, 2020, 55(10): 25-28.
- [8] 李德伟. 以“细胞的能量‘货币’ ATP”为例, 构建高效 5E 课堂[J]. 生物学教学, 2019, 44(11): 34-36.