

基于SOLO分类理论的高中生物学 “教 - 学 - 评”一体化教学设计 ——以“孟德尔的豌豆杂交实验(二)”为例

邢园霞, 申玉华*

赤峰大学化学与生命科学学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2026年6月7日; 录用日期: 2026年7月8日; 发布日期: 2026年7月16日

摘 要

本文以“孟德尔的豌豆杂交实验(二)”为例, 基于SOLO分类理论开展“教 - 学 - 评”一体化教学设计研究。研究结合课程标准、教材内容与学情分析, 依据SOLO认知层次对自由组合定律的学习目标进行分层设计, 并围绕实验现象分析、假说建构、测交验证、机制解释和迁移应用构建递进式学习任务与表现性评价量规。研究形成了“目标分层 - 活动递进 - 评价取证 - 反馈调节”的课堂实施路径, 有助于目标、教学与评价的协同统一, 为诊断学生对自由组合定律的理解层级和开展课堂反馈提供了具体依据, 可为高中遗传学教学及“教 - 学 - 评”一体化课堂构建提供参考。

关键词

SOLO分类理论, “教 - 学 - 评”一体化, 高中生物学教学, 自由组合定律, 教学设计

Integrated “Teaching-Learning-Assessment” Instructional Design in High School Biology Based on the SOLO Taxonomy —A Case Study of “Mendel’s Pea Hybridization Experiment (II)”

Yuanxia Xing, Yuhua Shen*

College of Chemistry and Life Sciences, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: June 7, 2026; accepted: July 8, 2026; published: July 16, 2026

*通讯作者。

文章引用: 邢园霞, 申玉华. 基于 SOLO 分类理论的高中生物学“教-学-评”一体化教学设计[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 563-569. DOI: 10.12677/ae.2026.1671404

Abstract

Taking “Mendel’s Pea Hybridization Experiment II” as an example, this study explores the instructional design of the integration of teaching, learning, and assessment based on the SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) taxonomy. By integrating curriculum standards, textbook content, and learner profile analysis, this study hierarchically designs the learning objectives for the Law of Independent Assortment according to the cognitive levels of the SOLO taxonomy. Furthermore, it constructs progressive learning tasks and performance assessment rubrics centered on the analysis of experimental phenomena, hypothesis construction, testcross verification, mechanism explanation, and transfer application. The research formulates a classroom implementation pathway characterized by “hierarchical objectives, progressive activities, evidence-based assessment, and feedback-driven regulation”. This pathway facilitates the synergistic alignment of objectives, instruction, and assessment. It also provides a concrete basis for diagnosing students’ cognitive levels of understanding regarding the Law of Independent Assortment and for delivering classroom feedback, thereby offering a valuable reference for high school genetics instruction and the construction of classrooms integrating teaching, learning, and assessment.

Keywords

SOLO Taxonomy, Integration of Teaching, Learning, and Assessment, High School Biology Instruction, Law of Independent Assortment, Instructional Design

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

教育强国建设背景下, 高质量课程实施成为落实立德树人根本任务的重要保障。《普通高中生物学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》强调, 高中生物学课程应以发展生命观念、科学思维、科学探究和社会责任等核心素养组织教学, 并在真实问题解决中落实育人目标[1]。然而, 教学目标由正式课程向课堂教学转化的过程中, 受学校课程实施条件、教师课程理解、教材处理方式及学情差异等因素影响, 课堂教学容易出现内容偏移、随意增减或关键概念遗漏等问题, 导致理想课程与真实教学之间存在一定落差[2]。

“教 - 学 - 评”一体化的核心在于以课程标准为依据, 将核心素养转化为具体的学习目标, 并使教学、学习与评价围绕同一目标展开, 形成目标一致、过程衔接、结果可检验的教学闭环[3], 是减少课程落差的重要抓手。使课堂教学真正做到教有所依、学有所向、评有所据。

然而, 在实际课堂中, “教 - 学 - 评”一体化仍面临操作层面的困难: 首先学习目标容易停留在知识点罗列或能力要求的笼统表述, 缺少对学生学习结果层级的界定; 其次, 教学活动与评价任务虽然在主题上相互关联, 但二者之间缺乏明确的认知水平对应关系; 再次, 评价标准往往偏重结果判断, 难以揭示学生理解水平的差异, 也难以作为教师的即时反馈和后续教学调整提供依据。

SOLO 分类理论(Structure of the Observed Learning Outcome)即“可观察的学习成果结构”。该理论关注学习者在完成任务时表现出的学习结果结构复杂度, 能够将学生的理解水平划分为前结构(P)、单点结构(U)、多点结构(M)、关联结构(R)和拓展抽象结构(E)五个层级[4]。与传统理论相比, 该理论更关注学生

“理解到何种程度”，聚焦学生思维结构的进阶层次。将其嵌入“教－学－评”一体化中，有助于把课程标准中的核心素养要求转化为可观察、可评价的学习表现，进而为学习目标分层、教学任务编排和评价量规制定提供清晰框架。

高中生物学“孟德尔的豌豆杂交实验(二)”是高中遗传学教学的重要内容，涵盖自由组合定律的发现过程、遗传图解分析、概率推理和假说－演绎方法，兼具概念理解与科学思维训练价值。学生在学习本节内容时，容易停留在遗传符号记忆和题型套用层面，对“9:3:3:1 性状分离比产生原因”“自由组合定律适用条件”等问题缺少关系性理解。因此，本文以该内容为例，构建基于 SOLO 分类理论的高中生物学“教－学－评”一体化教学设计，以期为核心素养导向下的课堂教学提供可借鉴的设计思路。

2. 理论基础与设计逻辑

2.1. “教－学－评”一体化的核心要求

“教－学－评”一体化以学习目标为指引，推动教学活动和评价任务的深度协同。课程标准集中体现国家对人才培养的基本要求，是落实国家意志的重要依据。因此，学习目标的制定必须以课程标准为基础，并在学期目标、单元目标和课时目标层面逐级具体化，以保证教学方向与国家育人要求一致。

学习目标的制定不能囿于宏观要求层面，还须结合具体学情。教师需要结合本班学生的认知基础、学习经验和发展规律，将课程标准中的要求转化为适合本班学生的学习目标。同时，教材作为课程标准的重要载体，是目标设计的重要依据。据此，教师应在分析课程标准、解读教材内容和分析学情的基础上，形成清晰、合理且可评价的学习目标。

“教－学－评”一体化的关键在于评价，用于检验学习目标的达成度。评价任务的设计应先于教学活动，明确指向学习目标，让学生清楚“做什么”和“做到什么程度”。同时，基于任务制定评价量规，帮助教师诊断学情，学生自我监控，使评价真正成为教与学的支架。评价并非教学后的独立环节，应将其嵌入教学全过程之中。教师需要在教学前依据目标设计评价任务和评价标准，在教学中持续收集学生回答、遗传图解、推理说明、合作讨论等学习证据，并据此开展反馈、追问和补救教学。学生也可以借助评价标准反思自己的学习表现，明确改进方向。

2.2. SOLO 分类理论的内涵

SOLO 分类理论以可观察的学习结果为依据，将学生的理解水平由低到高划分为五个层级[4]。与仅判断答案正误的评价方式相比，SOLO 分类理论更关注学生是否能够提取有效信息、是否能够整合多个线索、是否能够在新情境中迁移运用，其层级划分如表 1。

Table 1. Thinking levels of SOLO taxonomy and students’ performance in this lesson
表 1. SOLO 分类理论的思维水平及本课表现

SOLO 水平	英文缩写	核心表现	在本课中的典型表现
前结构水平	P	未能提取与问题相关的有效信息，回答偏离任务要求。	不能识别亲本、F ₁ 、F ₂ 及其关系，无法解释实验现象。
单点结构水平	U	能够提取一个相关信息或使用单一线索作答，但缺少进一步分析。	能说出分离定律或写出一个基因型，但不能推导配子类型或比例。

续表

多点结构水平	M	能够提取多个信息或线索，但线索之间尚未形成有机联系。	能分别分析颜色和形状两对性状，但难以说明二者为何能自由组合。
关联结构水平	R	能够整合多个线索，在给定情境中形成结构化解释。	进一步说明两对性状相对独立，互不干扰。
拓展抽象水平	E	能够概括一般规律，并迁移到新情境中解决问题。	能将自由组合定律推广到多对性状或杂交育种问题中。

2.3. 基于 SOLO 分类理论的“教 - 学 - 评”设计逻辑

基于 SOLO 分类理论开展“教 - 学 - 评”一体化设计，可按照“目标层级化、任务递进化、证据具体化、反馈过程化”的思路展开。首先，将课程标准和教材内容转化为不同层级的学习目标；其次，围绕目标设计能够推动学生认知进阶的学习任务；再次，明确每一环节需要收集的学习证据；最后，依据学生所处 SOLO 水平开展追问或拓展。

SOLO 分类理贯穿于课前诊断、课中评价与课后分析全过程。通过观察学生在任务中的学习表现，判断学生思维水平，并据此动态调整教学进行优化。

3. 基于 SOLO 分类理论的“教 - 学 - 评”一体化教学设计

3.1. 教学分析

3.1.1. 教学内容分析

“孟德尔的豌豆杂交实验(二)”选自人教版高中生物学必修 2《遗传与进化》第 1 章第 2 节。教材以科学史为线索，引导学生在观察实验现象、提出假说、演绎推理和实验验证的过程中理解自由组合定律，体现了假说 - 演绎法的科学思维价值。

本节内容既是对分离定律的深化，又是为后续学习伴性遗传、人类遗传病和生物育种等内容奠定基础。自由组合定律的实质与减数分裂过程中染色体行为密切相关，故本节教学设计立足于学生已有减数分裂知识的基础上，引导其从细胞水平理解遗传规律的本质，促进学生由简单记忆表型比例走向更深层的学习。

3.1.2. 学情分析

课前可通过诊断了解学生已有水平，学生已学习一对相对性状的杂交实验和分离定律，多数学生能够回忆分离定律的基本内容，处于 SOLO 单点结构水平；部分学生能够分别分析两对性状的遗传比例，达到多点结构水平。尽管学生已储备减数分裂的相关知识，多数学生仍难以将性状的分离与组合过程同减数分裂期的染色体动态行为进行关联，面临从多点结构向关联结构跨越的思维瓶颈。

针对上述学情瓶颈，本文以推动学生向关联结构和拓展结构跃迁为指向，设定以下学习目标及评价证据(见表 2)。

3.1.3. 教学目标设计

Table 2. Correspondence among learning objectives, SOLO levels and assessment evidence

表 2. 学习目标、SOLO 水平与评价证据的对应关系

目标维度	学习目标	可观察学习表现	SOLO 水平	评价证据
概念理解	阐明自由组合定律的实质及适用条件。	能说明等位基因随同源染色体分离，非同源染色体上的非等位基因自由组合。	R	机制解释、遗传图解、课堂追问回答

续表

科学思维	基于两对相对性状杂交实验现象提出假说, 并通过测交实验进行演绎验证。	能写出 F_1 基因型, 推导配子类型, 预测测交结果并说明验证逻辑。	M-R	假说表述、测交设计、比例预测
模型建构	运用遗传符号、棋盘格或分支法表示自由组合过程。	能用规范符号表示亲本、 F_1 、 F_2 及测交过程, 并解释 9:3:3:1 的来源。	R	遗传图解、推理说明
迁移应用	运用自由组合定律解决多对性状遗传和杂交育种问题。	能推广出 n 对独立遗传性状的表型种类和比例, 并用于品种改良情境。	E	拓展问题解答、应用方案

依据课程标准、教材内容和学情分析, 本课学习目标可分解为表 2 所示的可观察学习表现。

3.2. 教学过程设计

环节一：情境引入，激活已有经验

教师创设真实情境，呈现黄色圆粒与绿色皱粒豌豆的实物图，抛出问题：“黄色圆粒豌豆的后代是否一定是黄色圆粒？控制子叶颜色和种子形状的遗传因子是否会相互影响？”驱动学生调取分离定律并尝试初步猜想。该环节旨在诊断学生能否将已学知识迁移到两对相对性状情境中。若学生只能回忆分离定律基本内容，而不能关联两对性状问题，说明其理解多停留在单点结构水平，教师需提供提问支架“两对性状能否分别分析”，引导其拆解问题；若学生能够提出“两对性状可能分别遗传”的初步猜想，则标志其思维进入多点结构水平。

环节二：提出问题，分析实验现象

教师展示孟德尔两对相对性状杂交实验过程及结果，引导学生观察 F_2 中亲本类型和重组类型，并分别统计颜色和形状两对性状的分离比。该环节的评价重点在于学生能否将复杂的 9:3:3:1 表型比例拆解为两个 3:1 的分离现象。若学生只能识别 F_2 中新性状组合，但不能分别统计两对性状比例，说明处于单点结构水平；若能分别统计颜色和形状比例，则达到多点结构水平；若进一步说明两对性状可能相对独立并发生重新组合，则进入关联结构水平。

环节三：作出假说，建构遗传解释

在分析实验现象的基础上，教师引导学生思考：“如果生物性状可以重新组合，那么控制性状的遗传因子是否也会自由组合？”学生基于 F_1 表现型和 F_2 比例，写出 F_1 基因型 $YyRr$ ，并推导其可能产生 YR 、 Yr 、 yR 、 yr 四种等量配子，从而形成“控制两对相对性状的遗传因子在形成配子时自由组合”的假说。教师基于学生行为表现判断 SOLO 水平，进而给出反馈建议，见表 3。

Table 3. SOLO assessment rubric
表 3. SOLO 评价量规

评价标准(学生行为表现)	SOLO 水平	教师反馈建议
不能用遗传符号表示 F_1 基因型，假说表述与实验现象无关。	P	回到亲本纯合和 F_1 显性表现，帮助确定基因型。
能写出 F_1 基因型 $YyRr$ ，但不能推导配子类型。	U	借助分支法或棋盘格演示两个基因对如何组合。
能写出 F_1 基因型并列出四种配子，但不能说明其等量关系。	M	追问减数分裂中等位基因分离与非等位基因组合的关系。
能由 F_2 表型比例反向推导 F_1 产生四种等量配子，并形成合理假说。	R	要求学生用遗传图解完整表达推理链。

环节四：演绎推理，设计测交验证

进一步提出问题：“如何验证 F_1 确实产生四种等量配子？”引导学生设计测交实验，即 $F_1(YyRr)$ 与隐性纯合个体($yyrr$)杂交，并预测后代应出现黄色圆粒、黄色皱粒、绿色圆粒、绿色皱粒四种表型，比例为 1:1:1:1。教师进一步展示孟德尔实际测交结果，引导学生比较预测结果与实验结果，从而理解测交实验对假说的验证作用，见表 4。

Table 4. Assessment rubric for the deduction and verification session
表 4. 演绎验证环节评价量规

评价标准(学生行为表现)	SOLO 水平	教师反馈建议
不能说明测交实验的目的，无法确定亲本组合。	P	说明隐性纯合个体能够反映 F_1 产生配子的种类和比例。
能写出测交亲本组合，但不能预测后代表型及比例。	U	要求学生分别列出 F_1 配子和 $yyrr$ 配子，再组合后代表型。
能预测 1:1:1:1，但不能解释该比例与假说的关系。	M	追问“若只有两种配子，测交结果会怎样”。
能完整说明测交设计、预测结果和验证逻辑。	R	引导学生概括假说 - 演绎法的一般步骤。

环节五：阐明机制，明确适用条件

教师追问：“ F_1 为什么能够产生 YR 、 Yr 、 yR 、 yr 四种等量配子？自由组合定律在什么条件下成立？”由于学生在前一环节已完成 F_1 配子类型的初步推导，本环节主要关注学生能否进一步解释四种配子等量产生的机制，并判断自由组合定律的适用条件。因此，以下重点呈现单点结构至拓展抽象结构水平的典型回答。若学生仍将“配子类型”与“后代表型”混淆，或回答明显偏离问题，则可判定为前结构水平。

1) 单点结构水平

“因为这两对基因在不同的染色体上，所以它们可以自由组合。”

回答仅抓住“基因位置”单一信息，未说明同源染色体分离与非同源染色体组合的动态过程。可进一步追问：“不同染色体在减数分裂中怎样组合？若两对基因在同一对同源染色体上，还会出现四种等量配子吗？”

2) 多点结构水平

“ F_1 基因型是 $YyRr$ 。减数分裂时 Y 和 y 分开， R 和 r 也分开。若两对基因在不同染色体上，就可能形成 YR 、 Yr 、 yR 、 yr 四种配子。”

学生能调动基因型、等位基因分离、配子类型等多个信息，但未能将“非同源染色体自由组合”与“四种配子等量”建立因果关联。教师可追问：“位于非同源染色体上时，为什么四种组合机会相等？若位于同一对同源染色体上呢？”

3) 关联结构水平

“若 Y/y 和 R/r 位于非同源染色体上，减数分裂时它们随同源染色体分离，非同源染色体自由组合，形成四种等量配子。若位于同一对同源染色体上，则一般不能，亲本型配子比例较高。”

学生将基因行为与染色体动态整合，完整解释了配子等量的原因，并对比了不同位置的差异，形成系统解释。

4) 拓展抽象结构水平

“四种等量配子的前提是基因位于非同源染色体上。位于同一对上则表现为连锁，亲本型多、重组

型少; 发生交换可产生重组型, 但不一定达到自由组合的比例。因此, 自由组合定律的适用要看基因位置关系。”

学生不仅解释了机制, 还综合比较了自由组合、连锁与交换, 抽象出定律的适用边界, 实现了从具体机制到一般规律的拓展。

环节六: 迁移应用, 提炼一般规律

教师提出应用问题: “某农民想培育同时具有抗病(显性基因 A)和抗倒伏(显性基因 B)的小麦品种, 现有亲本基因型为 AABB 和 aabb, 如何通过杂交育种实现目标?”, 教师进一步提出: “若基因型为 AaBbCc 的个体自交, 子代表型有几种? 比例如何? 若 n 对独立遗传的相对性状又有什么规律?” 学生通过分支法归纳出: 在完全显性且各基因独立遗传条件下, n 对相对性状自交后代代表型种类为 2^n , 表型比例可表示为 $(3:1)^n$ 。该环节主要用于观察学生能否将自由组合定律由两对性状推广到三对及 n 对性状。若学生只能解决两对性状的简单问题, 不能拓展到三对或多对性状, 说明处于多点结构水平; 若能归纳出 n 对独立遗传性状的表型种类和比例, 并能说明该规律成立的条件, 则表明其达到拓展抽象结构水平。

4. 结论

本文依托 SOLO 分类理论, 对“孟德尔的豌豆杂交实验(二)”进行“教-学-评”一体化教学设计。该设计将分层目标, 递进式学习任务, 过程性评价量规深度融合, 形成了目标、活动、评价和反馈统一的课堂实施路径。实践证明, SOLO 分类理论能够为高中生物学课堂评价提供较清晰的认知层级框架, 有助于教师判断学生对自由组合定律的理解程度, 并据此开展追问、支架支持和后续教学调整。

该设计路径具有一定迁移价值。在“光合作用的探索历程”等实验探究类内容中, 评价聚焦在实验现象解释、证据整合和科学结论概括上; 在“生态系统的稳态”等系统分析类内容中, 则应转向概念关系建构、调节机制解释。然而, 迁移并非框架的简单套用, 而应依据不同章节的知识结构、核心素养指向、学生已有经验和学习难点, 对学习目标层级、评价任务类型、学习证据形式和教师反馈支架进行相应调整。后续研究亟待生物课堂中实证, 通过系统采集学习证据, 持续验证该“教-学-评”一体化路径的适用范围与实施效能。

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) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] Brophy, J.E. (1982) How Teachers Influence What Is Taught and Learned in Classrooms. *The Elementary School Journal*, **83**, 1-13. <https://doi.org/10.1086/461287>
- [3] 崔允漷. 教-学-评一致性: 深化课程教学改革之关键[J]. 中国基础教育, 2024(1): 18-22.
- [4] Biggs, J.B. and Collis, K.F. (1982) Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy. Academic Press.