

基于问题驱动的高中生物学教学设计过程 ——以教学内容“DNA的复制”为例

李书昆

聊城大学生命科学学院, 山东 聊城

收稿日期: 2024年7月30日; 录用日期: 2024年8月30日; 发布日期: 2024年9月6日

摘 要

本文以“DNA的复制”一节为例, 学生基于DNA的结构, 在教师的问题驱动下, 提出DNA复制的猜想, 引导学生通过小组合作进行演绎、求证、推理, 培养学生自主探究的能力。并利用扭扭棒建构模型, 化抽象为直观, 总结DNA的复制方式和过程, 提升动手操作和科学探究能力, 从而实现发展学生生物学科核心素养的目的。

关键词

基于问题, DNA的复制, 学习策略, 核心素养

The Problem-Based Design Process of High School Biology Teaching —Taking the Teaching Content “DNA Replication” as an Example

Shukun Li

College of Life Sciences, Liaocheng University, Liaocheng Shandong

Received: Jul. 30th, 2024; accepted: Aug. 30th, 2024; published: Sep. 6th, 2024

Abstract

This article takes the section on “DNA replication” as an example. Based on the structure of DNA, students propose hypotheses about DNA replication under the guidance of teachers’ questions, guiding students to perform deduction, verification, and reasoning through group cooperation, and cultivating students’ ability to explore independently. And using a torsion bar to construct a model, turning abstraction into intuition, summarizing the replication methods and processes of DNA, enhancing hands-on and scientific exploration abilities, thus achieving the goal of developing students’

core literacy in biology.

Keywords

Based on Problem, DNA Replication, Learning Strategies, Core Competencies

Copyright © 2024 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

问题驱动教学是一种教学方法，是在对课程目标、教材和学情进行具体分析的基础上，以教学目标为导向，以问题为核心，按照一定的逻辑来设计问题。通过创设真实合理的问题情境，推动学生利用头脑中已有的知识结构，通过主动参与和自主探究，得到问题答案。本文坚持以学生为主体，以针对性问题为导向，来延伸学习内容，促进学生围绕问题来探索解决方案，在探究问题的过程中体验生物的“再发现”过程，获得具体知识。

问题教学思想早在中国古代就有所体现，著名教育家、思想家孔子曾经说过“不愤不启，不悱不发”，这是我国问题教学的萌芽。随着学者们的探索，在问题教学的基础上，逐渐演变出了问题驱动式教学。近代教育家陶行知现实受其老师杜威的影响，提出了“生活教育”的主张，即在教学过程中，教师应引导学生从生活中的所见所闻发现问题、解决问题，从而促进学生灵活运用知识，这与问题驱动式教学的理念相契合。从古至今，利用问题进行学习是学者们的共识。在问题驱动式教学的研究领域，我国虽然起步较晚，但随着课程改革的逐步更新，问题驱动式教学队伍正在逐步发展壮大。

2. 教材分析

“DNA 的复制”是人教版高中生物学教材必修二《遗传与进化》第三章第三节课的内容，本节课可帮助学生从分子角度理解细胞的增殖和遗传，为后期基因的表达、基因的突变及其他变异和生物的进化奠定基础。

本节课在贯彻生物学核心素养的前提下，提出驱动型问题，激发学生探索欲望，引导学生自主探究，验证假设，得出结论。

3. 教学重难点

- 1) 教学重点：DNA 半保留复制的过程、条件和特点。
- 2) 教学难点：DNA 复制方式的探究。

4. 教学目标

生命观念：理解遗传信息通过 DNA 分子从亲代传递给子代，认识到生命延续与发展的本质。

科学思维：能够准确概述 DNA 分子的复制过程、条件和特点。

科学探究：通过设计相关实验，探究 DNA 分子的复制方式是半保留复制的原因，提高科学探究的能力。

社会责任：领悟科学家们勇于探索的精神，认识到科学技术的进步推动着当今社会的发展，提高社会责任感。

5. 教学过程

5.1. 新课导入，创设科学探究的氛围

资料 1：沃森和克里克在论述 DNA 的双螺旋结构的论文最后提到：“值得注意的是，我们提出的这种碱基特异性配对方式，暗示着遗传物质进行复制的一种可能的机制。” [1]。

通过 PPT 向学生展示资料 1，并补充，1953 年，沃森和克里克运用构建物理模型的方法，发现了 DNA 的双螺旋结构，教师展示 DNA 双螺旋结构模型，学生观察并回顾 DNA 分子结构特点，引导学生猜想 DNA 的复制机制。

设计意图：使学生认识到，DNA 独特的结构特点，为其精确的自我复制奠定了基础，并帮助学生构建结构与功能相适应的生命观念。并在此基础上，建立新旧知识联系，激发探究欲望。

5.2. 基于问题学习

5.2.1. 对 DNA 复制方式的推测

问题 1：新合成的 DNA 是全新的 DNA 分子吗？复制过程是否类似于复印的过程？

如果 DNA 分子的复制类似于复印的过程，那么产生的子代 DNA 和亲本完全相同，这是一种无性生殖的方式。然而，在有性生殖过程中，产生的子代的遗传物质一半来自父方，一半来自母方，引导学生对 DNA 的复制方式进一步猜想。

任务 1：要求学生，红色笔代表母链，蓝色笔代表新合成的子链，鼓励学生大胆想象，学生根据自己的推测自己绘图，画出 DNA 复制的复制过程，标注亲代和子代 DNA，并用箭头画出亲代 DNA 链到子一代再到子二代的传递路径。

学生展示 1：随机选取两名小组代表进行板演，结束后，其他同学与之对比、检验(黑线代表母链，细线代表新合成的子链，如图 1 所示)。

DNA复制半保留

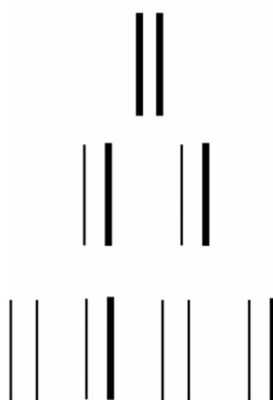


Figure 1. Model of semi-retained DNA replication

图 1. DNA 半保留复制的模型

设计意图：该过程将新旧概念融合并伴随思维建模活动，把碎片化的 DNA 结构相关知识纳入严谨的探究体系，促进对 DNA 半保留复制的深度建模。

5.2.2. 明确 DNA 的复制方式—半保留复制

教师明确，科学家们证实，DNA 的复制方式为半保留复制，正是刚刚我们所画的复制过程，猜想正确。

问题 2: 什么是 DNA 的半保留复制? 说出半保留复制的概念。

任务 2: 要求学生依据刚刚建构的半保留复制模型, 自主总结 DNA 半保留复制的概念。

学生展示 2: 随机选取小组代表, 阐述 DNA 半保留复制的概念, 即 DNA 复制时, 双螺旋解开, 分别以两条母链为模版, 合成新的子链, 产生两条完全相同的子代 DNA, 一条单链来自亲本, 另外一条是新合成的。

设计意图: 将新旧知识结合, 在思维建模活动的基础上, 自主总结 DNA 半保留复制的概念。

5.2.3. 提出其他假说

问题 3: 对于 DNA 的复制方式, 其他科学家还提出了哪些假说?

任务 3: 学生自主阅读教材 P. 53 内容, 小组讨论, 说出关于 DNA 的复制方式的其他假说。根据两个假说的内容, 画出子代 DNA, 并与半保留复制下的 DNA 子代进行对比。

学生展示 3: 学生回答, 除了半保留复制外, 科学家们还提出了弥散复制和全保留复制。随机抽取两个小组代表进行板演, 板演结束后其他同学进行对比、检验(如图 2 所示)。

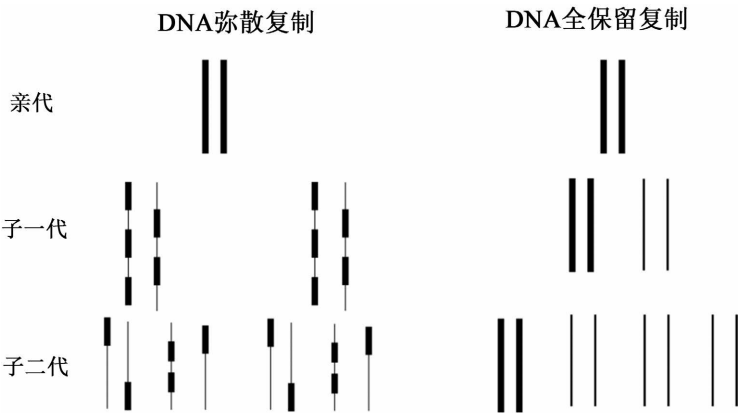


Figure 2. Models of DNA diffusion replication and full retention replication
图 2. DNA 弥散复制和全保留复制的模型

设计意图: 在明确 DNA 的复制方式为半保留复制的前提下, 建构弥散复制和全保留复制的模型, 引发学生思考, 二者产生的子代与半保留复制产生的子代有何不同?

5.2.4. 演绎推理, 实验验证

问题 4: 为什么不是全保留复制或弥散复制呢? 我们应如何证明呢?

针对这个问题, 科学家们进行了五年的探索, 用了许多科学方法来证明 DNA 的复制方式[2]。下面就让我们跟随科学家们的脚步, 沿着他们的研究历程, 探索 DNA 复制的微观世界。

首先介绍两种技术: 1) 密度梯度离心技术: 首先将需分离的样品加至密度梯度溶液的顶部, 当被分离的物质分别到达与之密度相同的介质的部位时, 便不再移动, 进而根据密度的不同, 达到分离的目的。该技术常用氯化铯制作密度梯度, 其密度可达 1.7 g/cm^3 , 这种方法可分离核酸、亚细胞器等物质。2) 同位素标记技术。同位素标记可用于追踪物质的运动轨迹和变化规律, 通过追踪同位素标记的化合物, 可以探究化学反应的详细过程。例如 ^{14}N 和 ^{15}N 的相对原子质量不同, 被标记的物质相对分子质量不同, 因此密度也会有所差异, 可以通过密度梯度离心的方法来分离[3]。

任务 4: 在已了解两种技术的前提下, 要求学生阅读教材 P. 54 证明 DNA 半保留复制的实验, 并尝试回答以下问题, 基于四个问题, 明确学习任务, 组织学生小组合作, 进行讨论。

- 1) 如果要在实验中区别母链和子链, 应采取什么方法?
- 2) 如果用同位素进行标记, 应该用什么元素, 为什么?
- 3) 把用 ^{15}N 标记的 DNA 放在 ^{14}N 的培养液中培养, 则亲代、子一代和子二代的 DNA 分别是怎样的?
- 4) 如何用实验方法区分开亲代、子一代和子二代的 DNA? 为什么?

学生展示 4: 小组代表阐述以上四个问题。根据已有材料, 学生总结出采用同位素标记和密度梯度离心的方法, 即用 ^{15}N 标记亲代大肠杆菌 DNA, 然后将亲代大肠杆菌转移到含 ^{14}N 的普通培养基进行培养, 由于在不同复制方式下产生的子代 DNA 质量不同, 用密度梯度离心进行区分。

设计意图: 学生通过模型构建可知, 我们的目的在于要追踪母链 DNA 分子的去向, 首先要解决的问题是如何区分 DNA 母链和新合成的子链, 可采用同位素标记法和密度梯度离心。同时, 使学生认识到, 假说是否成立, 需要实验进一步验证, 在学生自学两种技术的基础上, 引导学生像梅塞尔森和斯塔尔那样创造性地寻找解决问题的方法, 为后期对子一代和子二代在离心管中分布情况的演绎做好铺垫。

问题 5: 半保留复制下的子代 DNA 在离心管中如何分布?

任务 5: 学生分析 DNA 的半保留复制, 预测并绘制出离心之后 DNA 分子在试管中出现的条带分布位置, 并在条带旁边注明 DNA 被哪种同位素标记。

学生展示 5: 学生展示(如图 3 所示)。

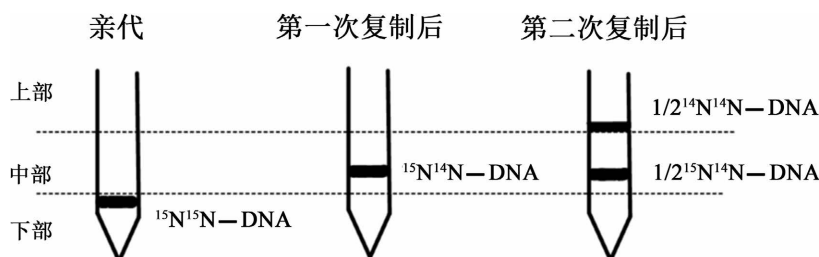


Figure 3. DNA replication mode of semi-reserved replication of progeny and centrifugation in test tubes

图 3. DNA 复制方式为半保留复制下的子代情况和离心后在试管中的位置

随后, 教师播放科学家们密度梯度离心过程的视频, 发现科学家们真实的实验结果与演绎的半保留复制方式完全一致, 最终验证我们的猜想, DNA 的复制方式为半保留复制。

设计意图: 将学生自己的演绎结果与科学家真实的实验结果做对比, 引导学生批判性的看待已有的科学成果, 提高学生科学思维和科学探究能力。

问题 6: 如果为弥散复制和全保留复制, 子代 DNA 在离心管中又如何分布呢?

任务 6: 引导学生根据弥散复制和全保留复制的原则, 推测子代 DNA 在离心管中的分布情况。

学生展示 6: 学生展示, 从而进一步验证假设见(如图 4、图 5 所示)。

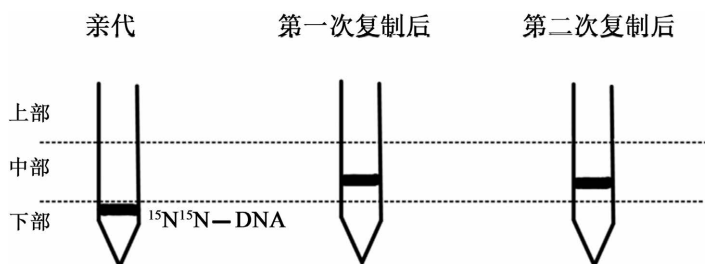


Figure 4. DNA replication mode shows the progeny condition under diffusion replication and the position in test tube after centrifugation

图 4. DNA 复制方式为弥散复制下的子代情况和离心后在试管中的位置

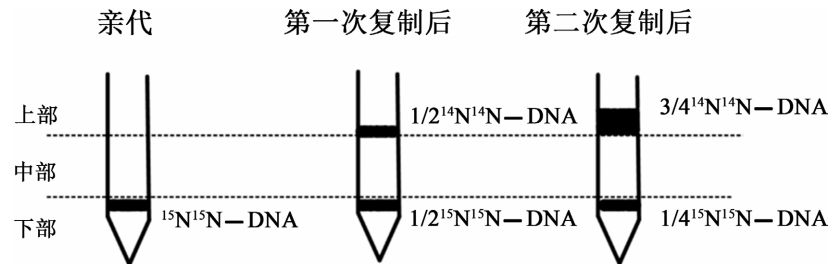


Figure 5. DNA replication mode is the progeny condition under full preservation replication and the position in test tube after centrifugation

图 5. DNA 复制方式为全保留复制下的子代情况和离心后在试管中的位置

设计意图：教师提出一系列问题，学生以小组为单位进行推理、求证，通过构建模型，并展示科学家真实的实验结果，使学生认识到，真理是通过实践检验出来的，最终得出 DNA 复制方式为半保留复制的结论。

5.2.5. 推演 DNA 复制的过程

问题 7：

- 1) DNA 复制时，要使 DNA 内部的碱基裸露出来，这要破坏 DNA 的什么结构？
- 2) 如何破坏这个结构？
- 3) 这个过程是全部解旋完毕后再进行复制，还是边解旋边复制？

任务 7：学生阅读教材 P. 55 DNA 的复制过程以及 DNA 复制示意图，自主总结 DNA 的复制过程，回答问题 7。

学生展示 7：学生回答，解旋酶破坏 DNA 的双螺旋结构，然后边解旋边复制。

问题 8：

- 1) DNA 的复制产生新的子链需要什么原料？
- 2) 新的子链需要大量的脱氧核苷酸，它们是如何连接在一起的？
- 3) 这个过程需要能量吗？

教师补充，天然的 DNA 聚合酶只能将单个游离的脱氧核苷酸连接到已有核苷酸单链的 3'端。

任务 8：以小组为单位，利用 DNA 扭扭棒模型完成 DNA 的复制，并根据教师补充修正各自的模型。

学生展示 8：选取一名小组代表上台展示各自的模型，并在黑板上画出 DNA 的复制过程，在子链上用箭头标出 DNA 复制的方向，并将 DNA 聚合酶和解旋酶标注在正确位置。

设计意图：在此过程，学生会发现其中一条子链是连续合成的，另一条 DNA 子链的合成并不连续，得到许多 DNA 片段，教师引导学生归纳出 DNA 的复制方式为半不连续的复制。

问题 9：新合成的 DNA 片段如何连接成一条完整的 DNA 子链的呢？

任务 9：学生进一步完善自己的 DNA 复制模型和过程，得出 DNA 复制的相关结论，

设计意图：充分实现以问题为导向，以教师为主导，学生为主体，“DNA 模型的构建”为载体，以小组为单位，组内成员团结协作，进行分析论证，实现建模活动与分析论证的整合。通过师生共同参与，促进对 DNA 复制过程的深度建模。

5.3. 基于问题总结

教师展示资料 2：美国科学家科恩伯格验证 DNA 能否自我复制的实验中，他的实验思路是：如果细胞能够进行自我复制，则细胞内肯定会有相应的酶起作用，于是他制作出大肠杆菌提取液，在里面添加

DNA 复制所需的原料，以及微量 DNA 模板和镁离子，在 37℃ 下保温 30 min，随后，在 DNA 分子中检测出了放射性标记，于是他提纯了这些 DNA 分子并对其碱基组成进行检测，结果发现新合成的 DNA 与加入的 DNA 模板极其相似，从而验证了 DNA 的复制[1]。

问题 10：依据材料 2，科尔伯格制作的大肠杆菌提取液中，原料是什么？镁离子的作用是什么？需要什么酶？这个过程是否需要 ATP？

任务 10：在问题 10 的基础上，结合已有知识，组织学生小组讨论，完成图 6，构建知识框架。DNA 的复制过程是本节课重点，通过学生完善知识框架，能够帮助学生理解重要概念，厘清知识脉络。

学生展示 10： (如图 6 所示)。

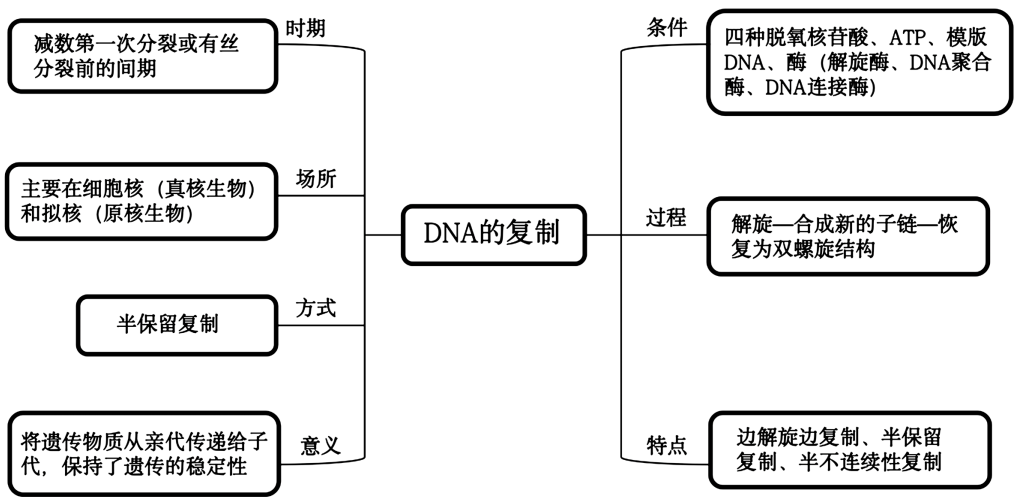


Figure 6. Conceptual model of “Replication of DNA”
图 6. “DNA 的复制”概念模型图

5.4. 基于问题拓展

问题 11：最后，引出教材本节课 P. 36 的拓展应用问题：DNA 分子平均每复制 10^9 个碱基对，就会产生一个错误，那人类基因组约有 31.6 亿个碱基对，在复制时可能会产生多少个错误？这些错误可能造成什么影响？

任务 11：学生独立思考。

学生展示 11：在复制时可能约有 6 个碱基对发生错误。

教师补充，科学家在对数千个肿瘤基因组进行测序后，发现每天吸烟约 20 支的人每年每个肺细胞平均有 150 个基因发生突变，大大提高了患肺癌几率[4]，而且这些突变是永久不可改变的，会危害自己及后代健康。

设计意图：使学生认识到不健康的生活方式对 DNA 复制的不良影响，比如不规律作息、吸烟喝酒和恶劣的饮食习惯等，都有可能对子女的 DNA 上打上“烙印”，危害下一代健康。结合生活实际，关注不健康的生活方式对 DNA 复制产生的不良影响，从而促进学生健康合理的生活理念的形成与发展。

5.5. 基于问题提升

问题 12：在 DNA 复制过程中，任意一个碱基的突变，都会导致后代产生不利性状吗？

任务 12：在解决这个问题之前，我们需要知道，DNA 如何控制生物体的性状？请同学们阅读教材下一节，并尝试回答问题。

学生展示 12: 教材中提到, 基因通常是有遗传效应的 DNA 片段, 并指导蛋白质的合成。

教师补充, 基因是 DNA 上的片段, 并不是连续分布在 DNA 上的, 并指导蛋白质合成。同时, 在基因表达过程中, 氨基酸种类与密码子并不是一一对应的关系。

设计意图: 通过本节课对 DNA 复制的学习, 学生了解到, 不健康的生活方式可能会导致 DNA 复制发生错误。通过问题 12, 引出下节课内容。将教材知识与生活实际相联系, 激发学生的学习兴趣, 提高生命观念, 从而实现发展生物学核心素养的目的。

6. 教学反思

本节课基于“问题提出 - 问题解决”的教学策略, 教师按照知识的逻辑提出一系列问题, 创设问题情境, 并以此为主线, 调动学生学习的积极性, 引导学生合作探究, 自主得出实验结论。首先, 教师向学生阐述有性生殖的特点, 引导学生画出 DNA 的复制过程, 自主得出 DNA 半保留复制的概念, 进而教师提出 DNA 复制的另外两种假说, 在问题的驱动下, 学生通过合作探究去自主演绎、求证、推理, 使学生亲身感受科学探究的魅力, 有效激发学生的学习兴趣, 提高科学思维和科学探究能力。本节课教学将传统讲授法、小组合作和讨论法等多种教学方法相结合, 尊重学生的主体地位, 充分体现了生物学核心素养, 符合当今新课标的基本理念。

7. 结语

经以上教学实践证明, 围绕问题构建学习任务, 引导学生自主演绎推理, 运用已有知识指导实践并解决问题, 能够使得学生能够真正理解知识并应用知识。总而言之, 基于问题驱动的教学符合新课标倡导的以学生为主本的基本理念, 充分贯彻了以学生为主体, 教师为主导的原则, 能够有效提高学生科学思维和自主探究的能力, 但对教师的知识储备、逻辑思维能力、引导能力和应变能力等方面具有较高要求。因此, 本文在为一线教师提供教学参考的同时, 为了有效施以教学, 倡导教师从以上几个相关方面加以提升。

参考文献

- [1] 何军, 黄文俞. 科学史循环探究方式在高中生物学教学中的应用——以“DNA 的复制”为例[J]. 广西教育, 2023(20): 129-132.
- [2] 刘本举. “DNA 的复制”基于科学史探究的教学[J]. 生物学教学, 2008(3): 31-33.
- [3] 朱正威. 普通高中教科书[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.
- [4] 储云鹏, 叶长青. 基于数据库筛选吸烟相关肺癌基因并探究其在肺癌中的意义[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2024, 16(3): 40-49.