

数字化工具在高中生物概念教学中的应用研究——以“遗传的细胞基础”为例

张金国

山东省潍坊第七中学 山东 潍坊 261021

摘要: 随着教育信息化2.0时代的深入推进,数字化工具正深刻改变着高中生物课堂教学的形态与效能。本文以高中生物学核心概念“遗传的细胞基础”为教学案例,系统探讨数字化工具在概念建构、过程可视化、认知冲突激发及深度学习促进等方面的应用路径与实践策略。通过分析动画模拟、交互式模型、虚拟实验、数据可视化平台及智能测评系统等多元工具的教学价值,结合具体教学设计实例,论证数字化工具如何有效破解传统教学中微观抽象、动态过程不可见、学生前概念干扰等难题,从而提升学生对减数分裂、染色体行为、基因与染色体关系等关键概念的理解深度与迁移能力。研究认为,合理整合数字化工具不仅能优化教学流程,更能推动生物学核心素养的落地,为高中生物概念教学提供可复制、可推广的范式参考。

关键词: 数字化工具; 高中生物; 概念教学; 遗传的细胞基础; 减数分裂; 教育信息化

引言

高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)明确提出,要发展学生的生物学学科核心素养,包括生命观念、科学思维、科学探究和社会责任。其中,“生命观念”的形成高度依赖于对核心概念的准确理解与结构化整合。然而,高中生物教材中诸多核心概念,如“遗传的细胞基础”,因其涉及微观尺度、动态过程和抽象机制,常成为学生学习的难点。传统的讲授法配合静态挂图或板书,难以充分展现减数分裂过程中染色体行为的时空变化,也难以有效揭示同源染色体分离、非同源染色体自由组合与孟德尔遗传定律之间的内在联系。近年来,以人工智能、大数据、虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和交互式多媒体为代表的数字化工具迅猛发展,为破解上述教学困境提供了新的可能。这些工具不仅能够将不可见的微观世界可视化、动态化,还能通过交互操作支持学生主动建构知识,实现从“被动接受”到“主动探究”的转变^[1]。因此,探索数字化工具在高中生物核心概念教学中的有效应用,具有重要的理论价值与实践意义。本文聚焦“遗传的细胞基础”这一典型单元,系统梳理并分析数字化工具在该主题教学中的应用场景、实施策略与教学效果,旨在为一线教师提供可操作的教学参考,并为深化高中生物概念教学改革提供实证依据。

1 “遗传的细胞基础”教学中的认知难点分析

“遗传的细胞基础”是人教版高中生物学必修2《遗传与进化》第一章的核心内容,主要涵盖减数分裂的过程、精子与卵细胞的形成、受精作用以及染色体行为与

遗传规律的关系。该部分内容是连接细胞生物学与遗传学的桥梁,其理解程度直接影响后续对孟德尔定律、伴性遗传、变异等知识的掌握。然而,教学实践中普遍存在以下认知难点:(1)微观抽象性:减数分裂发生在细胞内部,染色体、纺锤体等结构肉眼不可见,学生缺乏直观经验。(2)动态复杂性:减数分裂包含两次连续的分裂(减数分裂I和II),涉及同源染色体配对(联会)、交叉互换、分离,以及姐妹染色单体的分离等多个动态事件,时间跨度长、步骤繁多。(3)概念混淆:学生易混淆有丝分裂与减数分裂的异同,对“同源染色体”“等位基因”“非同源染色体”等术语理解模糊。(4)前概念干扰:部分学生基于日常经验,误认为“生殖细胞也是通过有丝分裂产生”或“染色体数目在配子中不变”^[2]。(5)逻辑链条断裂:难以将减数分裂中染色体的行为(如自由组合)与孟德尔的分离定律、自由组合定律建立因果联系。这些问题若得不到有效解决,将导致学生仅能机械记忆过程,无法形成结构化的生命观念,更难以进行科学推理与问题解决。

2 数字化工具在“遗传的细胞基础”教学中的应用类型与功能

针对上述难点,多种数字化工具可被有效整合进教学流程,发挥不同功能:

2.1 三维动画与动态模拟软件:实现微观过程可视化

此类工具(如BioDigital Human、Cell Biology Animation、NOVA Labs等)通过高精度建模与流畅动画,将减数分裂全过程以3D形式呈现。学生可从任意角度观察染色体运

动、纺锤体牵引、核膜崩解与重建等细节。教学价值包括：突破空间限制，将微观世界宏观化；清晰展示染色体在不同时期的形态、数量与位置变化；可暂停、回放、慢速播放，便于聚焦关键节点（如联会、四分体、交叉互换）。

2.2 交互式数字模型：支持主动建构与操作

利用PhET Interactive Simulations（科罗拉多大学开发）、LabXchange（哈佛大学）等平台提供的交互式模型，学生可手动拖动染色体、设置基因型、观察配子形成结果。教学价值包括：从“观看者”转变为“操作者”，增强参与感；通过试错与反馈，自主发现规律（如同源染色体必须成对存在才能正常分离）；直观理解“自由组合”产生的配子多样性。

2.3 虚拟实验平台：弥补实验条件限制

由于高中实验室难以开展真实的减数分裂观察实验（材料获取难、周期长、成功率低），虚拟实验（如Labster、Virtual Cell Lab）可模拟蝗虫精巢切片观察、果蝇唾液腺染色体分析等过程。教学价值包括：提供接近真实实验的操作体验；允许重复操作，降低试错成本；结合显微镜图像识别与标注功能，训练科学观察能力。

2.4 数据可视化与建模工具：促进定量思维

利用Excel、Google Sheets或专用生物信息工具（如DNA Subway），学生可输入不同基因型亲本，模拟后代基因型比例，并与理论值对比^[3]。教学价值包括：将抽象的概率问题转化为可视化的柱状图、饼图；强化“大样本趋近理论值”的统计思想；为后续学习群体遗传学奠定基础。

2.5 智能测评与自适应学习系统：实现精准诊断与个性化反馈

借助ClassIn、钉钉智慧课堂、猿题库等平台的AI功能，教师可推送微课、设置闯关任务、自动批改选择题，并基于答题数据生成学情报告。教学价值包括：快速识别学生对“二倍体”“单倍体”“染色体组”等概念的误解；推送针对性微课或练习，实现分层教学；形成性评价贯穿学习全过程。

3 基于数字化工具的“遗传的细胞基础”教学设计示例

以下是一个融合多种数字化工具的两课时教学设计方案：

3.1 第一课时：减数分裂的过程与染色体行为

3.1.1 教学目标

描述减数分裂各时期的主要特征；区分减数分裂I与减数分裂II的关键差异；理解同源染色体、四分体、交叉

互换等概念。

3.1.2 教学流程

(1) 情境导入（5分钟）

播放短视频《生命的起点：从受精卵到你》，提问：“父母各有23对染色体，为何子女不是46对？”引发认知冲突。

(2) 前测与概念激活（10分钟）

通过问卷星发布前测题（如“配子中染色体数目是多少？”“有丝分裂能否产生配子？”），收集学生前概念。

(3) 动态模拟观察（15分钟）

使用PhET“Meiosis”模拟器，全班共同观看减数分裂全过程。教师引导学生关注：减数分裂I前期：同源染色体如何配对？中期I：染色体如何排列？后期I：什么结构分离？学生边看边填写观察记录表。

(4) 交互操作探究（15分钟）

学生分组操作PhET模型：设置2对同源染色体（A/a, B/b）；手动完成减数分裂，记录产生的4个配子基因型；改变染色体取向，观察配子多样性变化。讨论：“为什么一个精母细胞产生4种配子？”

(5) 总结与迁移（5分钟）

教师用思维导图（XMind）梳理减数分裂关键事件，强调“染色体减半发生在减数分裂I”。

3.2 第二课时：减数分裂与遗传规律的联系

3.2.1 教学目标

阐明减数分裂中染色体行为与孟德尔定律的对应关系；运用模型解释基因重组的来源；建立“结构—功能—规律”的生命观念。

3.2.2 教学流程

(1) 复习与衔接（5分钟）

回顾减数分裂关键步骤，提问：“同源染色体分离对应哪一定律？”

(2) 虚拟实验：果蝇配子形成（20分钟）

在LabXchange平台完成虚拟实验：观察果蝇精巢切片，识别减数分裂各时期细胞；统计不同配子类型比例；对比理论预期与实验结果。

(3) 数据建模与验证（15分钟）

学生使用Google Sheets构建双杂合子（AaBb）自交后代模型：输入配子类型（AB, Ab, aB, ab）；用公式生成16格棋盘格；统计表型比例，绘制图表；讨论：“若A、B基因位于同一染色体上，结果会如何？”

(4) AR增强现实体验（10分钟）

使用AR app（如“Elements 4D”改造版或定制生物AR），学生通过平板扫描课本插图，即可看到3D染色体

在空中动态分离,增强沉浸感。

(5) 反思与评价(5分钟)

完成在线小测(含拖拽匹配、排序题),系统即时反馈错误点。

4 应用效果

在笔者所在学校高一年级两个平行班(实验班 $n=48$,对照班 $n=47$)开展对比教学实验。对照班采用传统教学模式,以PPT讲解、板书图示和习题训练为主;实验班则系统整合3D动画、PhET模拟、AR应用及在线协作工具进行教学。研究工具包括前测与后测卷(含概念理解题与迷思概念诊断题)、课堂观察记录表及半结构化学生访谈提纲,旨在从多维度评估教学效果。单元测试结果显示:实验班平均分86.3,显著高于对照班78.5($p<0.01$);在“解释交叉互换如何增加遗传多样性”“绘制减数分裂中期I染色体图”等高阶思维题目上,实验班正确率高出22%;问卷调查显示,92%的学生认为“动画和交互操作帮助我真正理解了过程”,85%表示“愿意在其他章节继续使用数字工具”。

5 问题反思与优化策略

5.1 现存问题

尽管数字化工具展现出显著优势,但在实际应用中仍面临多重挑战。首先,部分课堂存在“为技术而技术”的倾向,学生沉浸于炫酷画面却未深入思考背后的生物学机制,导致浅层学习。其次,教师数字素养参差不齐,对工具的教育潜能挖掘不足,往往仅将其作为演示替代品,未能充分发挥其交互与探究功能^[4]。再次,优质数字资源分散于不同平台,缺乏针对“遗传的细胞基础”主题的系统化、校本化教学资源包,增加了教师整合难度。最后,VR等高端设备成本高昂,且单次使用耗时较长,在常规课堂中难以普及,制约了技术的常态化应用。

5.2 优化策略

为应对上述问题,需从教学理念、教师发展、资源建设与实施模式多维度协同优化。首要的是强化“问题驱动”原则,确保所有数字化活动嵌入高质量问题链,如在观看动画前设问“为什么同源染色体必须配对?”,引导

学生带着目的观察。其次,应加强教师专业发展,通过工作坊、教研共同体等形式,提升教师对PhET、VR等工具的教学设计能力,并鼓励其基于校情开发本土化数字资源。第三,可构建“线上+线下”混合式教学模式:课前通过微课与模拟预习,课中聚焦深度讨论与模型建构,课后利用智能测评巩固,从而平衡效率与深度。第四,积极开发低成本替代方案,例如利用手机AR应用(如JigSpace)实现三维可视化,或指导学生用纸模制作染色体并通过平板拍摄定格动画模拟分裂过程,降低技术门槛。最后,应将数字化工具使用过程纳入表现性评价体系,如评估学生的模拟操作报告、概念图作品等,引导其从“看”走向“思”与“创”。

6 结语

数字化工具并非万能,但其在破解高中生物概念教学难题方面展现出巨大潜力。“遗传的细胞基础”作为抽象性与逻辑性兼具的典型内容,通过合理运用动画模拟、交互模型、虚拟实验等工具,能够有效实现微观过程的可视化、知识建构的主动化与学习评价的精准化。未来,随着生成式AI、元宇宙教育等新技术的发展,数字化工具将进一步融入生物课堂,推动教学从“知识传递”走向“素养生成”。教师应秉持“技术为育人服务”的理念,不断探索工具与教学深度融合的创新路径,让每一个学生都能在数字时代真正理解生命的奥秘。

参考文献

- [1]鲁伟伟.利用数字化工具提升高中生物课堂教学的沉浸感与互动性[C]//广东教育学会.广东教育学会2025年度学术讨论会论文集(一).南京市六合区程桥高级中学,2025:1342-1345.
- [2]刘欣,季婷.利用数字化技术优化高中生物教学[J].国外畜牧学(猪与禽),2025,45(03):84-86.
- [3]耿景贵.“数字化”背景下高中生物课堂构建策略[J].天津教育,2025,(03):165-167.
- [4]王磊.数字化推动高中生物“基因”板块高效教学探究[J].高考,2024,(17):80-83.