

高中生物教材必修二中的数学思维

牟红玉^{1,2}, 吴红梅¹, 董洪进¹, 潘小月¹, 余姣君^{1*}

¹黄冈师范学院生物与农业资源学院, 湖北 黄冈

²大悟县思源实验学校, 湖北 孝感

收稿日期: 2025年11月15日; 录用日期: 2026年1月13日; 发布日期: 2026年1月22日

摘要

《高中生物学课程标准》指出生物学和数学、物理、化学等学科是相互渗透、共同发展的, 在生物学教学中加强学科间的横向联系有利于学生建立科学思维和健全的生命观。本文以2019年人教版高中生物必修二《遗传与进化》教材为具体案例, 探讨了生物学与数学之间的跨学科融合, 系统总结了生物学遗传领域13个核心知识点及其对应的数学思维, 为中学生物学教学课程设计提供参考。

关键词

高中, 生物学, 数学, 遗传与进化, 跨学科

Mathematical Thinking of the Biology Textbook of Compulsory Volume II in High School

Hongyu Mou^{1,2}, Hongmei Wu¹, Hongjin Dong¹, Xiaoyue Pan¹, Jiaojun Yu^{1*}

¹College of Biology and Agricultural Resources, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

²Dawu County Siyuan Experimental School, Xiaogan Hubei

Received: November 15, 2025; accepted: January 13, 2026; published: January 22, 2026

Abstract

“High School Biology Curriculum Standards” points out that biology, mathematics, physics, chemistry and other disciplines interpenetrate and develop collaboratively. Strengthening horizontal connections between disciplines in biology teaching helps students establish a scientific thinking and a sound outlook on life. Taking the 2019 People’s Education Press (PEP) edition of High School Biology Compulsory Volume II “Genetics and Evolution” as a specific case, this paper explores the

*通讯作者。

文章引用: 牟红玉, 吴红梅, 董洪进, 潘小月, 余姣君. 高中生物教材必修二中的数学思维[J]. 创新教育研究, 2026, 14(1): 413-420. DOI: [10.12677/ces.2026.141051](https://doi.org/10.12677/ces.2026.141051)

interdisciplinary integration between biology and mathematics, systematically summarizes 13 core knowledge points and their corresponding mathematical thinking, in order to provided new sight for the curriculum design of biology teaching in middle school.

Keywords

High School, Biology, Math, Genetics and Evolution, Interdisciplinary

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

《普通高中生物学课程标准》着重强调了学生综合素质能力的提高[1]。在新课程改革的时代背景下，基础教育越来越重视科学教育的发展，新高考政策“3+1+2”模式的推行，打破了传统高考文理分科界限明显的弊端，学生能够依据自己兴趣选择学科，使得原本界限分明的文理科相互融合，学科综合趋势越来越明显[2]，跨学科教育的重要性也日益凸显。跨学科研究中数学与科学融合是核心议题之一，数学思维则是维系数学与生物、物理等科学学科知识关联的底层逻辑。从理论功能看，数学思维不仅体现为具体的知识工具(如统计分析)，更承担着跨学科知识整合的逻辑支撑角色，对学生科学思维(如逻辑推理、量化分析能力)的培养有着不可代替的作用[3]。

生物学是自然科学的基础学科之一，是研究生命现象和生命活动的科学[4]，有其自身的特色。但更多的情况，生物学知识的学习常常涉及到物理、化学、地理、数学等多个学科的交叉[5]。《基础教育课程教学改革深化行动方案》强调，在当前分科教学背景下，应树立跨学科主题学习的课程意识和课程研究思维，加强课程实施的综合性与实践性[6]。例如，广东省的实施方案中明确提出了加强课程整合、综合育人的的重要性，并强调了跨学科项目化学习的推进，以促进学生在真实情境中综合运用知识解决问题的能力。为此在教学过程中应积极思考如何将生物学与其他学科融合，在提高学生生物学专业素养的同时，培养学生综合思辨能力。

《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》规定跨学科主题学习原则上应不少于 10% 的教学要求。在此大背景下，生物学教学过程中常常会融合其他学科知识进行交叉教学，帮助学生学好生物学科的同时，迁移其他学科知识学以致用，提高综合素质水平。数学是自然科学发展的基石，能将许多概念和规律转化为抽象的数学语言，所包括的数学思维种类丰富，能很好锻炼学生的逻辑思维能力，化繁为简，化抽象为具体，由此对数学思维的应用不仅限于数学学科，在其它学科中也常被借鉴使用。数学思维是以“三会”(用数学的眼光观察现实世界、用数学的思维思考现实世界、用数学的语言表达现实世界)为核心导向，由思维活动、思维环境、思维映射、思维层级及思维主体构成的结构化认知系统[7]。在认知过程中以推理为核心，通过演绎、归纳、统计等具体逻辑方法解析问题本质、构建认知关联的高阶思维形式[8]。其跨学科价值突出体现在打破单一学科壁垒，实现数学工具与生物学科核心知识的深度融合，为生物现象的精准解读提供逻辑支撑。

在高中生物学教学中，必修二遗传学部分历来是学生学习的重点与难点，其中较为突出的就有遗传概率计算问题[9]。实践教学中，我们可借用数学思维量化，化抽象为直观，帮助学生理解、分析、运用对应的生物学内核。本文系统整理了 2019 人教版生物必修二《遗传与进化》的核心知识，归纳出 13 个与数学思维紧密结合的知识点(图 1)，涵盖图表、符号、公式及统计等数学形式，进一步划分为统计、排

列组合、数形结合、符号和集合五大类。其中，数形结合与符号的应用尤为突出，各占 4 个知识点；排列组合紧随其后，涉及 3 个知识点；统计与集合则各占 1 个知识点。



Figure 1. Mathematical thinking in the textbook of Compulsory Volume II in High School Biology
图 1. 高中生物必修二教材中的数学思维

2. 研究内容

2.1. 遗传因子的发现

遗传因子的概念源于孟德尔豌豆杂交实验对豌豆性状统计规律的系统实验研究。基于数学中的统计思维，通过分析实验结果，发现了全新的遗传规律[10]：F₂ 代中显性性状与隐性性状的比值接近 3:1。有的教师在日常教学中采用模拟实验，使用两个装有等量、同形状大小小球的不透明塑料袋，每袋小球一半标记 D，一半标记 d。两袋同时抽取一小球组合，抽取后放回并重复，记录组合类型和数量。但发现模拟实验比值与孟德尔实验比值偏差大，主要因样本量和实验次数少，忽视了统计原则。建议教师在开展此类模拟实验时，充分利用实验过程再现分离比原理，并指出实验不足，引导学生认识统计思维的基本原则，理解背后的数学逻辑。

孟德尔的单组及两组性状分离比，均基于豌豆性状宏观研究得出，实则源于豌豆中遗传因子的随机组合。遗传因子概念对学生既微观又抽象，加之随机组合，增加了学习难度。教材分别采用十字交叉法（第 5 页的图 1-4）[11]和棋盘法（第 11 页的图 1-8）[12]将遗传因子的随机组合具体化[13]，都以父本或母本的配子为基础，分别与母本或父本的每种配子组合形成新一代合子，其中应用的主要思维便是排列组合。

排列组合思维常被用于多样性计算，在数学中分为重复排列组合和不重复排列组合，应用于生物教学中时应根据实际问题实际分析[14]，比如此处应用的排列组合指不重复排列组合。

2.2. 基因和染色体的关系

减数分裂过程伴随着DNA、染色体和姐妹染色单体的数量变化，折线图便于反映数据动态变化。以减数分裂时期为横轴，染色体数目为纵轴，分别作DNA、染色体和姐妹染色单体数量变化的折线图(图2)。将折线图应用于减数分裂中，化数为形，让学生更清晰地看到各阶段的数量变化[15]。数形结合就是数字与图形两种表述方式的转换，用空间形式表示数字的关系[16]。

在减数分裂过程中，除了DNA、染色体和姐妹染色单体数量上的变化外，还涉及到它们之间的相互联系。这一过程同样运用了数形结合的思维方法。与前者不同的是，这里将数的关系转变为了简化的模型图(图3)。联会的同源染色体含有两个着丝粒。其中，1与2(或3与4)互为姐妹染色单体，DNA则分别位于成对的染色体上，并随着染色体的复制而复制。图形清晰展现了两条染色体、两对姐妹染色单体以及4分子DNA的相互关系。

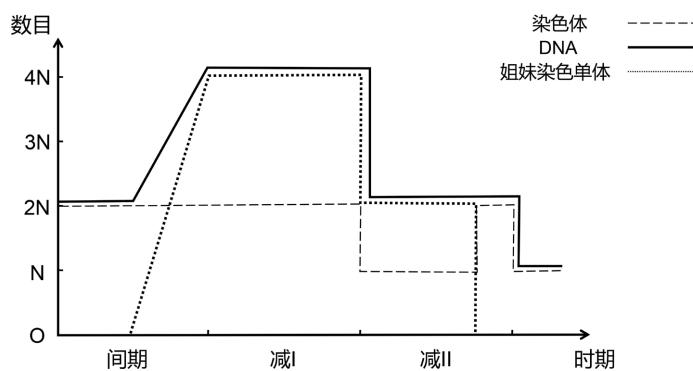


Figure 2. Changes in the number of chromosomes, DNA, and sister chromatids during meiosis

图 2. 减数分裂染色体、DNA、姐妹染色单体数目变化

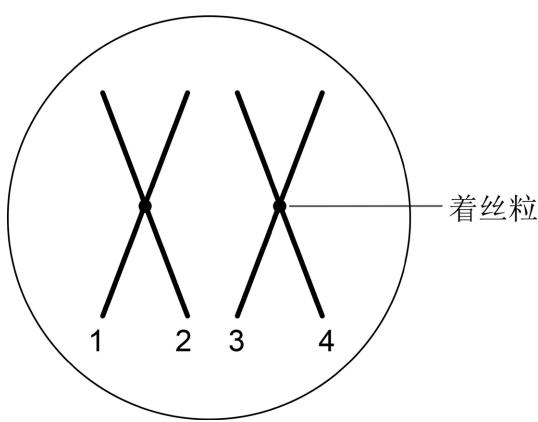


Figure 3. Schematic diagram of homologous chromosomes

图 3. 同源染色体示意图

数学符号用来表示研究对象的概念、性质、运算、关系等，包括基本符号、组合符号(由基本符号组合而成，如 a^m)、公式符号等，基本符号又包括元素(数字、字母和图形)、运算、关系、性质(+或-)和其

他符号(\triangle 根的判别式) [17]。在生物学教学中使用符号将抽象化的知识直观化,有利于学生理解和掌握,帮助学生建立逻辑思维。教材详细阐述了人类红绿色盲的遗传图谱,采用图形符号和数字符号两大类进行表示(第35页的思考与讨论模块)。图形符号涵盖正方形、圆形及线段,正方形代表男性,圆形则代表女性,空白区域意味着正常个体,而阴影图形则标示患病个体。这些图形通过线段相互连接,其中 \square - \bigcirc 表示婚配关系。图谱中的数字符号包括大写罗马数字和阿拉伯数字,分别代表世代数和各世代中的个体数。

2.3. 基因的本质

脱氧核糖核苷酸简称DNA,包括一分子含氮碱基、一分子五碳糖和一分子磷酸基团。DNA的构成中,含氮碱基扮演着关键角色,它们共有四种类型,分别是腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)以及胸腺嘧啶(T)。常规化学结构式书写复杂且不便记忆,用数学图形符号表示DNA,则可化繁为简(教材第42页的图3-1)。图中部标有大写字母P的圆形代表磷酸基团,五边形代表五碳糖,4种不规则图形分别代表4种含氮碱基,数学图形符号的使用省略了DNA大部分特征,但保留了必要的科学特性。比如磷酸基团化学会结构式整体为圆形,故选用圆形代表磷酸基团。碱基之间遵循互补配对原则,即A与T配对,G与C配对,代表碱基A的图形与代表碱基T的图形右部可以无缝拼接,代表碱基G与碱基C的图形同理。

通过DNA结构的学习,我们知道DNA由双链组成,两条链反向平行,盘旋成双螺旋结构,碱基排列在内侧,脱氧核糖和磷酸基团交替连接,排列在外侧构成基本骨架。在高中阶段运用DNA相关知识进行计算的常包括两类。一是应用DNA半保留复制的原理,计算DNA连续复制n次后DNA分子数。以DNA分子为例,通过数形结合的方式,我们可以用两条线段来简单描绘其前两次或多次的半保留复制过程(图4)。在这一过程中,我们可以发现,DNA分子在连续复制n次后,其总数将达到 2^n ,原始母链数量保持不变,新合成的DNA分子数则为 2^n-1 [18]。二是依据碱基互补配对原则,可以进行碱基个数和比例的精确计算(图5)。DNA分子中腺嘌呤(A)的数量总是与胸腺嘧啶(T)相等,而胞嘧啶(C)的数量与鸟嘌呤(G)相等。

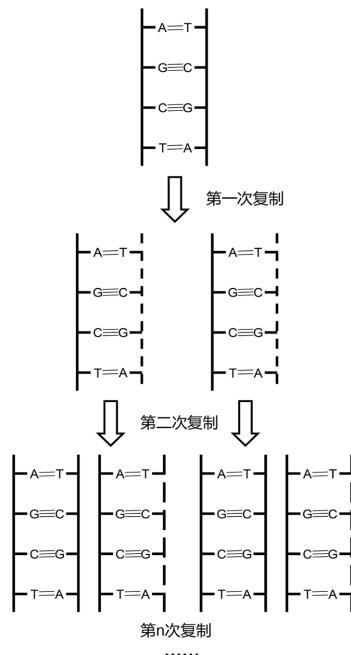


Figure 4. DNA semiconservative replication

图4. DNA半保留复制

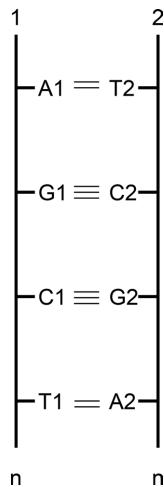


Figure 5. Base complementary pairing

图 5. 碱基互补配对

通过 DNA 链的长度(以碱基对数表示), 可以推导出每个碱基的数量。例如, 若 DNA 分子中有 1200 个碱基对, 且已知其中胞嘧啶有 1000 个, 则可以计算出该 DNA 分子中应含有的脱氧核苷酸的数目和腺嘌呤的数目。图中表示 1 分子 DNA, 所含两条链分别是 1 链和 2 链, 以及两条链上各自所含碱基个数, 例如 A1 表示 1 链中腺嘌呤的个数, 以此类推 G1、C1 和 T1 分别表示 1 链中鸟嘌呤、胞嘧啶和胸腺嘧啶的个数, 2 链中 A2 则表示 2 链中腺嘌呤个数, G2、C2 和 T2 表示含义同理。通过配对图, 我们可以推导出碱基相关计算的一系列基本公式。如: ① $A = T$, $G = C$; $A + G = T + C = 50\%$ (或 $A + C = T + G = 50\%$); ② $(A1 + T1\%) = (A1\% + T1\%)/2$; ③ $(A1 + G1)/(C1 + T1) = (T2 + C2)/(G2 + A2)$ 等, 在理解掌握这部分公式基础上, 将其应用于习题, 能够大大降低难度, 提高答题效率。

2.4. 基因的表达

绝大多数生物的遗传物质是 DNA, 部分病毒的遗传物质是 RNA, 两者化学组成的主要区别之一是含氮碱基的不同。含氮碱基共 5 种, 包括腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)、胞嘧啶(C)、胸腺嘧啶(T)和尿嘧啶(U), 其中 DNA 和 RNA 共有的碱基有三种, 即腺嘌呤(A)、鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C), DNA 特有胸腺嘧啶(T), RNA 特有尿嘧啶(U)。通过集合交集的形式可直观展现两者碱基种类的差异(教材第 65 页图 4-2)。

DNA 上储存着大量的遗传信息, 遗传信息的表达包括转录和翻译两个步骤。密码子和氨基酸是转录和翻译过程中的两个重要概念。DNA 和 RNA 都只含有 4 种碱基, 而绝大多数生物体内组成蛋白质的氨基酸有 21 种。从排列组合的角度分析, 若一个碱基对应一种氨基酸, 则氨基酸种类仅为四种, 显然与实际不符; 若两个碱基组合决定一种氨基酸, 则理论上应有 16 种(4^2), 这同样与实际氨基酸种类不符; 如果 3 个碱基决定一种氨基酸, 可以得到 $4^3 = 64$ 种氨基酸[19], 大于实际的 21 种氨基酸, 理论上符合。后经科学验证, 最终确定了 mRNA 上三个相邻碱基(密码子)对应一个氨基酸。

2.5. 基因突变及其他变异

遗传信息表达的过程中不可避免地会出现差错, 即基因突变, 一般包括 DNA 分子中碱基的替换、增添或缺失, 而引起的基因碱基序列的改变, 为了学生能够更好地理解基因突变概念, 教材中以镰状细胞贫血为例, 详细地介绍了其发生的本质。碱基的替换是镰状细胞贫血发生的本质, 教材用形状符号表示了血红蛋白分子部分的氨基酸序列及对应 mRNA 的碱基序列(第 81 页的图 5-2), 图中颜色、形状不规则

的图形代表碱基，颜色不同的长方形代表不同的氨基酸，对比正常碱基序列和异常碱基序列，很容易找到被替换的碱基，让人印象深刻，而且符号颜色和形状各不相同在一定程度上缓解了学生的视觉疲劳。

2.6. 生物的进化

在新版课程标准中，明确指出了高中生物教学中应注重对学生生命观念的培养，进化观是生命观念的核心内涵之一。近年来对学生进化观的培养越来越重视，对进化观中知识的考察也越来越多，例如基因频率和基因型频率的计算。在理想状态下，需满足以下五个条件：种群数量庞大、所有雌雄个体能够随机交配并繁衍后代、无迁入迁出现象、个体生长繁殖机会均等，以及基因不发生突变[20]。某个种群的基因频率和基因型频率会保持代代相同，此时对于基因频率和基因型频率的计算可利用数学公式进行计算(图 6)。必须指出的是，在实际环境中，由于各种限制因素，这五个条件往往无法同时达成，从而导致种群基因频率发生变化。

$$\text{某基因频率} = \frac{\text{该基因总数}}{\text{全部等位基因数}} \times 100\%$$

$$A = \frac{2 \times AA + Aa}{2 (AA + Aa + aa)} \times 100\%$$

$$a = \frac{2 \times aa + Aa}{2 (AA + Aa + aa)} \times 100\%$$

$$\text{基因型频率} = \frac{\text{该基因型个数}}{\text{该种群个体总数}} \times 100\%$$

$$A = AA + \frac{1}{2} Aa$$

Figure 6. Calculation formulas for gene frequency and genotype frequency

图 6. 基因频率和基因型频率计算公式

3. 总结与展望

生物学是自然科学的主要基石之一，数学则是客观自然规律的抽象总结。通过对 2019 人教版生物必修二《遗传与进化》教材的系统分析，共整理出 13 个相关知识点，并尝试用数学思维进行了解读和归纳，对高中生物教学有一定跨学科指导价值。下一步，我们将尝试用更为贴合高中生理解能力的数学思维，整理高中生物的其他知识点，并思考与数学教学相结合，在中学课堂加以实践应用，以最大效率提高中学生物教学质量。

基金项目

黄冈师范学院校级教研项目(2023CE67)；黄冈市教育科学规划项目(2024JB54)。

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) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 2.
- [2] 陆海燕, 于丽娟. 跨学科教学中生物学科核心素养的渗透[J]. 西部素质教育, 2019, 5(10): 70-72.
- [3] 姜浩哲. 中学数学新手教师跨学科教学能动性研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2023.

-
- [4] 刘赛男. 核心任务驱动的单元教学设计——以人教版高中生物学教材《生物的进化》为例[J]. 基础教育课程, 2021(18): 56-63.
 - [5] 刘晶. 初中生物学教学中学科交叉知识的应用[J]. 生物学教学, 2022, 47(3): 23-25.
 - [6] 洛桑措毛. 高中生跨学科生物学主题学习困难成因及对策研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2023.
 - [7] 傅海伦, 陈传林, 王学忠. 数学思维的构成、机理及教学培养[J]. 教学与管理, 2025(33): 76-79.
 - [8] 孙晓天. 如何理解和把握作为核心素养的数学思维——《义务教育数学课程标准(2022 年版)》提出的“三会”视角下[J]. 教育研究与评论, 2022(5): 35-40.
 - [9] 贾琪. 浅析遗传学教学中关于统计思维的实践应用[J]. 教育现代化, 2019, 6(9): 159-161.
 - [10] 周小刚. 十字交叉法在遗传计算中的应用[J]. 生物学教学, 2023, 48(8): 77-78.
 - [11] 曹广忠. 巧用棋盘法速解两种基因型个体遗传题[J]. 生物学教学, 2017, 42(2): 55-56.
 - [12] 陶纯富. 巧用数学知识搞好生物教学[J]. 教学与管理, 1991(4): 24, 60.
 - [13] 曹溪若. 数学思维在高中生物教学中的应用[J]. 理科考试研究, 2016, 23(3): 97.
 - [14] 夏天. 细胞分裂各时期图像的辨别及相关物质的数量特征[J]. 中学生物教学, 2018(Z1): 96-98.
 - [15] 徐文龙. “数形结合”的认知心理研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2005.
 - [16] 于淼. 函数概念理解与数学符号意识之间的关系及教学研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2024.
 - [17] 郭田园. 小学六年级学生数学符号语言能力的现状研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆师范大学, 2022.
 - [18] 王守民. 数学思维方法在生物教学中的应用[J]. 教学与管理, 2017(4): 73-74.
 - [19] 郭卫华, 郑家禄. 数学思维与方法在生物学教学中的应用[J]. 生物学通报, 2025, 60(3): 81-84.
 - [20] 郝建邦. “用数学方法讨论基因频率的变化”的一点改进[J]. 生物学教学, 2010, 35(6): 52-53.