

UbD理论下人工智能赋能高中数学立体几何教学的探索

——以“直线与平面平行”为例

刘笑宇, 连媛*, 王佩佩

太原师范学院数学与统计学院, 山西 晋中

收稿日期: 2026年9月25日; 录用日期: 2026年10月21日; 发布日期: 2026年10月28日

摘要

在教育信息化发展的大趋势下, AI技术正逐渐融入各学科教学, 为解决传统教学模式难以动态反映学生核心素养发展的难题提供新的路径。本文以高中数学“直线与平面平行”为例, 基于UbD理论, 从确定预期结果、获取评估证据、设计学习活动三个阶段, 分别结合AI技术开展教学模式的探索, 并完成具体的课时教学设计, 为UbD理论下AI赋能高中数学立体几何内容的教学提供理论与实践参考。

关键词

UbD理论, AI赋能, 逆向教学设计, 高中数学教学

Exploring AI-Enabled High School Solid Geometry Teaching under the UbD Theory

—Taking “Line and Plane Parallelism” as an Example

Xiaoyu Liu, Yuan Lian*, Peipei Wang

School of Mathematics and Statistics, Taiyuan Normal University, Jinzhong Shanxi

Received: September 25, 2026; accepted: October 21, 2026; published: October 28, 2026

Abstract

Under the trend of the development of educational informatization, AI technology is gradually being

*通讯作者。

文章引用: 刘笑宇, 连媛, 王佩佩. UbD 理论下人工智能赋能高中数学立体几何教学的探索[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 2113-2122. DOI: 10.12677/ae.2026.16102326

integrated into the teaching of various subjects, providing new approaches to address the difficulty of traditional teaching modes in dynamically reflecting students' development of core competencies. Taking the high school mathematics topic "Lines and Planes Parallel" as an example, this paper, based on UbD theory, explores teaching models combined with AI technology across three stages: determining desired results, obtaining assessment evidence, and designing learning activities. It also completes specific lesson designs, providing theoretical and practical references for AI-empowered teaching of high school solid geometry content under the UbD framework.

Keywords

UbD Theory, AI Empowerment, Backward Design, High School Mathematics 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

随着教育信息化建设的不断推进,国内外先后出台了多项政策推动信息技术走进课堂。国外较早明确了信息技术在知识传递、能力培养方面的教育价值[1],国内也相继颁布文件将智能化确立为教育发展新方向,推动了智能教育体系建设[2]。在此政策背景下,国内已有不少研究立足高中数学课堂,探索了AI技术在数学教学中的实践路径,从资源整合、课堂实施等多方面提出了AI技术赋能教学的实践策略[3]。除了教学素材生成、图文可视化等基础功能外,AI技术还可以实现智能解题指导、自适应学习任务输出等功能,既可以优化学生的学习过程,也能够为教师提供教学资源,帮助教师提高教学效率与质量,进而推动数学教育的高质量发展。

UbD理论(Understanding by Design)由美国课程改革专家威金斯(Grant Wiggins)和麦克泰(Jay McTighe)提出,是一种以学生为中心、运用逆向思维进行教学设计的理论,在此理论指导下的教学过程可分为“确定预期的学习结果、制定合适的评估证据、设计学习和教学活动”三个阶段[4]。国内诸多研究也基于UbD理论开展教学实践,尝试将其运用于数学课堂,论证理论与素养导向课程改革的契合性[5],但将UbD理论三阶段设计与AI教学工具结合的教学案例仍有些稀缺。《普通高中数学课程标准(2017年版2020年修订)》(下称“《课标》”)要求学生通过立体几何初步的学习,能够逐步形成空间观念,发展逻辑推理与几何直观素养[6]。但高中阶段学生之间的空间想象能力差异较大,思维不够严谨,而UbD理论强调逆向教学设计,从预期结果出发规划教学,为解决这些问题提供了理论框架,AI技术的智能交互特性也为其实施提供了有力的技术支持。因此本文以“直线与平面平行”这一内容为例,基于UbD理论开展AI赋能立体几何课堂教学的实践探索,为高中教学改革提供了具有可操作性的实施路径。

2. UbD理论与AI技术结合的探索

2.1. 可行性分析

UbD理论以理解为核心,遵循“确定预期结果-制定评估证据-设计学习活动”三个步骤逆向设计教学流程,为教学活动提供了清晰的目标导向,有效避免与AI技术适配的盲目性。本文选取了两类教学工具:第一类为生成式AI工具,包括豆包AI、飞象老师AI,具备学情分析、自适应学习任务输出等功能;第二类为一般性教育技术工具GeoGebra,主要承担空间图形可视化与动态演示功能。除了生成适配

UbD 理论的各类资源外，这些工具还具备操作门槛低、交互逻辑清晰的特点，对于缺乏技术背景的一线教师，经过简单培训也能够快速上手，降低了 UbD 理论在日常教学场景中应用的技术门槛，可见将二者结合进行教学具有较强的可行性。立足 UbD 理论的逆向设计逻辑，开展 AI 赋能高中立体几何教学路径的实践探索，既能使 UbD 理论在 AI 技术支撑下更容易实践，也使 AI 技术的应用有了更明确的教学逻辑指引，不仅促进学生个性化发展，更推动了教育质量的提升，顺应时代发展的需求[7]。

2.2. AI 赋能 UbD 理论三阶段教学过程的探索

基于以上可行性分析，下文将运用前述的各类 AI 教学工具，依次探索 UbD 逆向设计三阶段的优化策略与实施方式，构建完整的教学设计实施流程框架(如本部分末尾图 1 所示)。

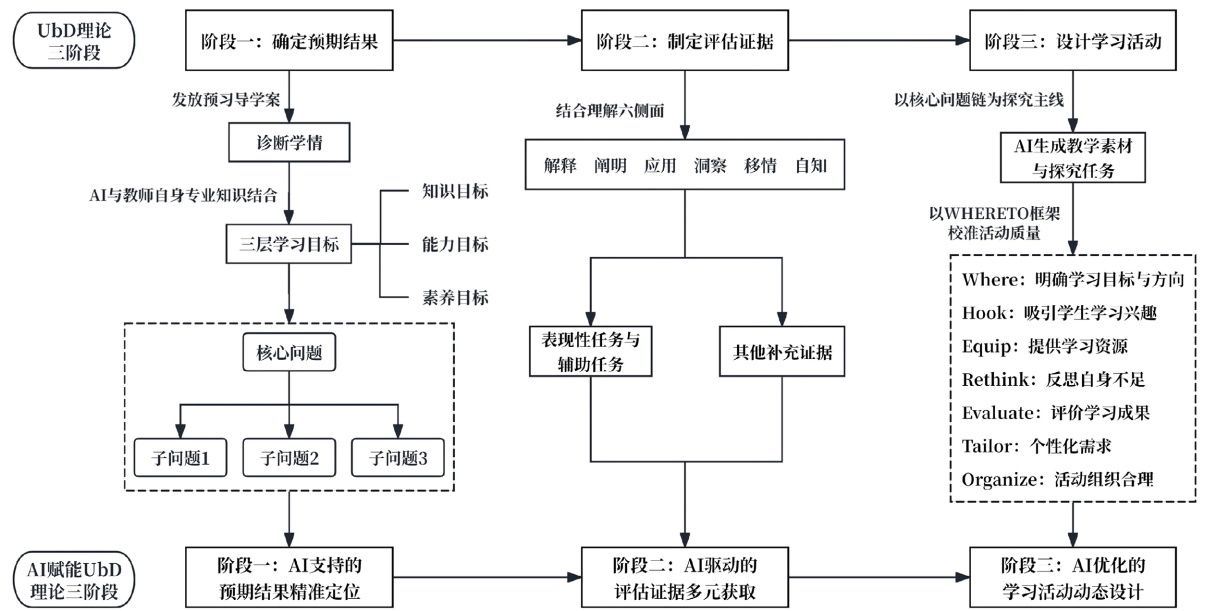


Figure 1. Flowchart of AI-enabled three-stage teaching in UbD theory
图 1. AI 赋能 UbD 理论三阶段教学流程图

2.2.1. 第一阶段：确定预期结果

UbD 理论第一阶段中“预期结果”，强调的是学生完成学习后，应当达成的知识理解、能力迁移与价值塑造目标。为了制定符合学情的学习目标，可收集学生对于相关概念初始理解的数据，并借助豆包 AI 进行多维度分析，明确学生在直观想象、逻辑推理等素养维度的优势与不足，辅助教师完成学情诊断；接着输入对应的《课标》要求后，AI 能够拆分知识掌握、能力发展、素养培育三层学习目标，并围绕三层目标搭建一个主问题三个子问题的问题框架，确定课堂探究主线。经过上述 AI 融入学情分析与目标拆解的流程，探索出“AI 支持的预期结果精准定位”这一实践模式。

2.2.2. 第二阶段：制定评估证据

UbD 理论第二阶段中的“评估证据”，是为了确认学生是否达成“预期结果”而设计的多元化评价依据。在获取评估证据的过程中，为了解决证据单一或反馈不及时的问题，可以围绕解释、阐释、应用、洞察、移情、自知六大理解维度构建评价指标，设计不同学习任务并形成量化的评分标准，确保能精准反映学生的理解水平与掌握程度；还可以借助飞象老师 AI 设计闯关游戏等趣味教学内容作为补充证据，多渠道收集学生的课堂学习数据，留存完整的作答痕迹，丰富证据来源。最后结合专业知识筛选、优化

细节,实现 AI 技术与教师经验的互补,形成区别于单一纸笔测试的多元评估证据链,最终探索出“AI 驱动的评估证据多元获取”的实践模式。

2.2.3. 第三阶段：设计学习活动

UbD 理论第三阶段强调结合已确立的“预期结果”和“评估证据”来设计“教学活动”，其设计核心在于通过情境化问题有效激发学生的探究兴趣，实现理解性的深度学习，从而有效提升学生的学习效果与思维品质。为了真正激发学生数学学习的内驱力，活动设计应紧扣核心问题与子问题构成的问题链，借助 GeoGebra、飞象老师 AI 等工具生成各类教学素材与探究任务，让学生自主调整空间图形、推导几何关系，各类工具相互配合，引导学生主动探究。不同于 GeoGebra 仅提供图形资源，AI 工具可以采集、留存学生的学习行为数据，为后续实现差异化教学提供依据。同时 WHERETO 框架作为 UbD 理论配套的活动设计准则，也能够从多个维度审视教学环节，以此校准活动质量，保障活动环节的严谨性，使活动设计贴合 UbD 理论的逆向设计逻辑，落实现理解性学习的核心要求[8]，构建出“AI 优化的学习活动动态设计”的实践模式。

综上所述，将 AI 技术融入 UbD 理论指导下的高中数学教学，有望使教学目标更加准确、评估更加多元、活动更加高效，推动教学过程的设计向更符合学情、更聚焦核心素养的方向发展。

3. UbD 理论下 AI 赋能“直线与平面平行”教学的探索

3.1. AI 支持的“预期结果”精准定位

本文以人教 A 版高中数学必修二《立体几何初步》单元的“直线与平面平行”作为探究内容。课前先给学生发放预习导学案，帮助学生复习旧知，通过学案填写情况收集学生对于相关概念理解的数据；接着借助豆包 AI 解析本节课的《课标》要求，并导入预习作答数据分析学情，归纳出概念混淆、识图障碍、逻辑漏洞等错误类型，识别学生的共性错误与个体薄弱点，以明确本节课想要学生完成的预期结果(如表 1 所示)；最后教师结合收集的学情数据以及自身对教材的解读，对 AI 输出的诊断结果与目标框架进行人工修正与完善，得到最终的学习目标(如表 2 所示)。

Table 1. Sample output fragment of learning situation analysis by Doubao AI

表 1. 豆包 AI 学情分析输出样例片段

《课标》要求	共性问题	个体差异
从空间点、直线、平面的位置关系的定义和基本事实出发，通过直观感知，了解空间中直线与平面的平行关系，归纳出性质定理与判定定理，并加以证明。	多数学生容易忽略“平面外直线”这一前提条件；	部分学生可完成直观层面的几何判断，但缺少严谨的逻辑推理；

Table 2. Learning goals for “lines parallel to planes”

表 2. “直线与平面平行”学习目标

知识目标	能力目标	素养目标
能用文字语言、图形语言和符号语言分别准确表述直线与平面平行的判定定理，分清线线、线面平行的转化关系。	通过直观感知、观察与操作的过程，培养空间想象力和逻辑推理能力，能在空间几何体中识图、推理，并独立完成证明类习题。	通过生活实例体会平行关系的广泛应用，建立空间转化思维，发展直观想象与逻辑推理素养，并学会自主反思自身的薄弱点。

将学习目标再次输入豆包 AI，提炼出本节课的核心探究问题：如何借助平面内直线证明已知直线与平面平行？并延伸出三个子问题：1) 线面平行的直观特征是什么？2) 判定定理成立的核心条件有哪些？3) 如何理解线线平行到线面平行的转化？后续将整套问题链贯穿课堂，制定贴合素养发展的教学活动。

3.2. AI 驱动的“评估证据”多元获取

在确定本节课的预期结果后，为了检验学生是否真正理解直线与平面平行的概念与判定定理，需要收集全面、多元的证据来证明学生的理解和掌握程度。借鉴已有研究立足 UbD 理论的理解六侧面搭建评估证据体系的思路[9]，并在此基础上借助 AI 技术进一步丰富任务内容，设计表现性任务与其他辅助任务作为过程性观察指标，细化评分等级(如表 3 所示)，以此判断学生学习目标的达成情况。区别于普通纸质测试，AI 可以采集留存每一位学生的完整作答痕迹，能够识别学生的理解短板，为开展差异化教学以及课后的分层练习提供依据。

Table 3. Evaluation evidence and assessment criteria
表 3. 评估证据及评估标准

理解维度	评估证据	评估标准与得分
解释	1. 借助 GeoGebra 展示线面平行的动态示意图，学生亲自拖动画面的同时，尝试用自己的话描述线面平行判定定理的内容。	能完整清晰地说出定理的全部条件，并在示意图中准确指出对应的直线与平面。 5
		能说出核心内容并指出对应的线、面，但缺少关键的限定条件。 3
		无法完整表述定理的含义与条件，且无法准确找出正确对应的线或面。 1
阐明	2. 借助飞象老师 AI 展示判断直线与平面平行的例题。	能准确判断出每一组平行的直线与平面。 5
		能判断出一半以上的平行关系。 3
		无法判断直线与平面的平行关系。 1
应用	3. 借助飞象老师 AI 给出闯关式练习题组。	能独立、准确、规范地完成全部题目。 5
		能完成基础题目，对于进阶题目有思路，但解答过程不够规范。 3
		全部题目都没有思路。 1
洞察	4. 用自己的话描述线线平行与线面平行之间的转化，并猜测面面平行的判定定理。	能清晰总结线线与线面平行之间的转化逻辑，合理推导面面平行的探究方向。 5
		能说出大概的转化关系，但无法延伸得出面面平行的猜想。 3
		分不清两类平行之间的转化关系。 1
移情	5. 同桌之间互查解题过程。	能快速、完全理解同桌的解题思路。 5
		能大致明白同桌的解题思路。 3
		看不懂同桌的解题思路。 1
自知	6. 针对本节课进行自我反思，总结自己本节课的薄弱点，并提出改进的方法。	能发现自己在定理理解、识图或解题中的薄弱点，并能提出合理的改进方法。 5
		能说出不足之处，但没有改进思路。 3
		无法总结自身的 learning 问题。 1

3.3. AI 优化的“学习活动”动态设计

明确预期目标与评估标准后，以核心问题与三项子问题为探究主线，运用 WHERETO 框架校准教学活动，结合飞象老师 AI、GGB 等工具创设可视化探究情境，规划出四个教学环节。

本节课设置核心探究问题：如何借助平面内直线证明已知直线与平面平行？并配套设计三项子问题：1) 线面平行的直观特征是什么？2) 判定定理成立的核心条件有哪些？3) 如何理解线线平行到线面平行的转化？整套问题链贯穿课堂全部教学流程，各项探究活动均围绕上述问题逐步展开。

环节一：情境导入

课堂开始教师先明确本节课的学习目标，向学生介绍本课时的主要内容，由学习目标自然引出本节课的核心探究问题，后续课堂探究活动均围绕核心问题展开探索。

首先针对子问题 1 展开探究：线面平行的直观特征是什么？

教师向学生展示由 GeoGebra 生成的开门时的门框动态示意图(如图 2)，提出问题：门扇的两边是平行的，当门扇绕着一边转动时，另一边与墙面有公共点吗？此时门扇转动的一边与墙面平行吗？并组织观察动图，学生也可以上台自己动手操作，直观感知平面外的直线与平面无交点的几何特征。由此让学生直观理解：平面外的一条直线不管怎么移动，只要保证直线与平面内的一条直线平行，那么这条直线就不会与平面有公共点，也就保证了直线与平面平行。

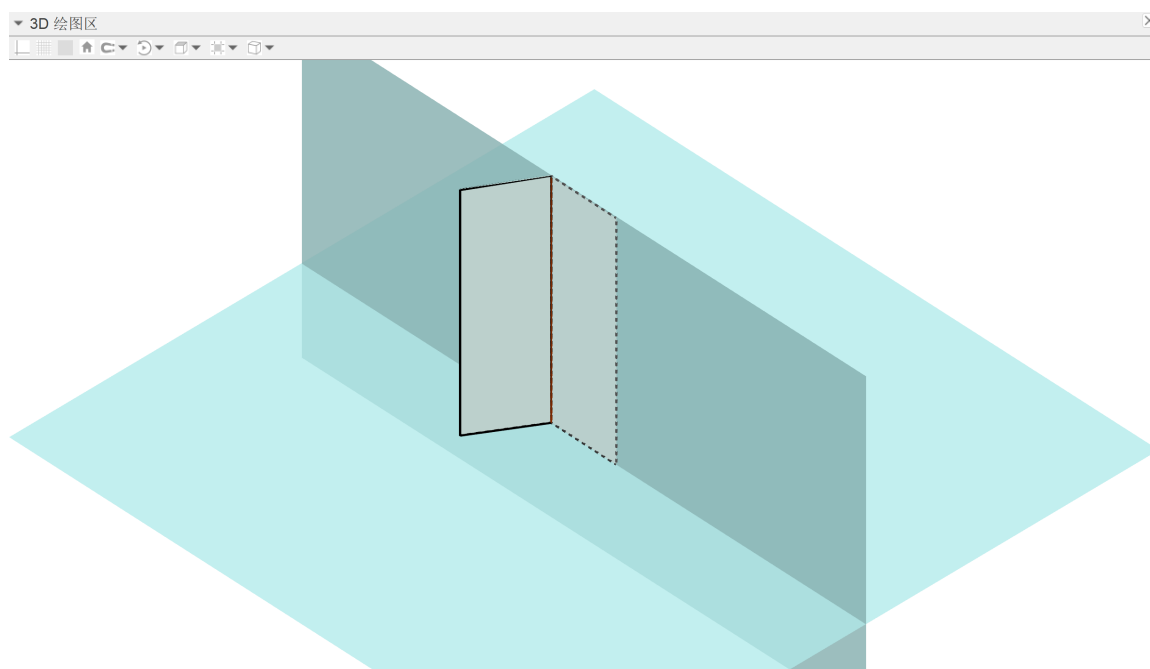


Figure 2. Dynamic diagram of door opening
图 2. 开门动态示意图

本环节主要落实了 WHERETO 框架中的 W (Where)与 H (Hook)两要素。在开课之初便向学生明确了课时学习目标与探究主线，让学生清晰知晓本节课需要解决的核心问题与学习任务；并借助 GeoGebra 动态情境吸引学生兴趣与注意力，引发学生对线面平行的思考，自然引出探究任务。

[设计意图]本环节遵循 UbD 理论逆向设计逻辑，在前期确定学习目标与评估证据的基础上开展情境创设。依托 GeoGebra 搭建可视化探究场景，将抽象立体几何关系转化为可操作的动态素材，数字化教学工具服务于既定的预期学习结果。但 GeoGebra 作为普通教育工具，仅能完成图形演示，不具备数据采集与自适应功能，因此在后续定理推导时，可借助其他 AI 教育工具收集学生反馈，实现 UbD 理论与技术工具的协同配合，帮助学生建立空间直观感知。

环节二：定理探究

基于子问题 1 形成的直观认知，需进一步提炼为严谨的数学表达，即归纳出直线与平面平行的判定定理，以便围绕子问题 2 展开探究：判定定理成立的核心条件有哪些？

教师借助飞象老师 AI 展开动态演示，将门框与墙面抽象为简洁的直线与平面(如图 3)，学生可以自

主拖动画布内的直线或平面，观察位置关系的变化特点。学生以小组为单位展开交流讨论，尝试用自己的话归纳能够判定线面平行所需要具备的条件。

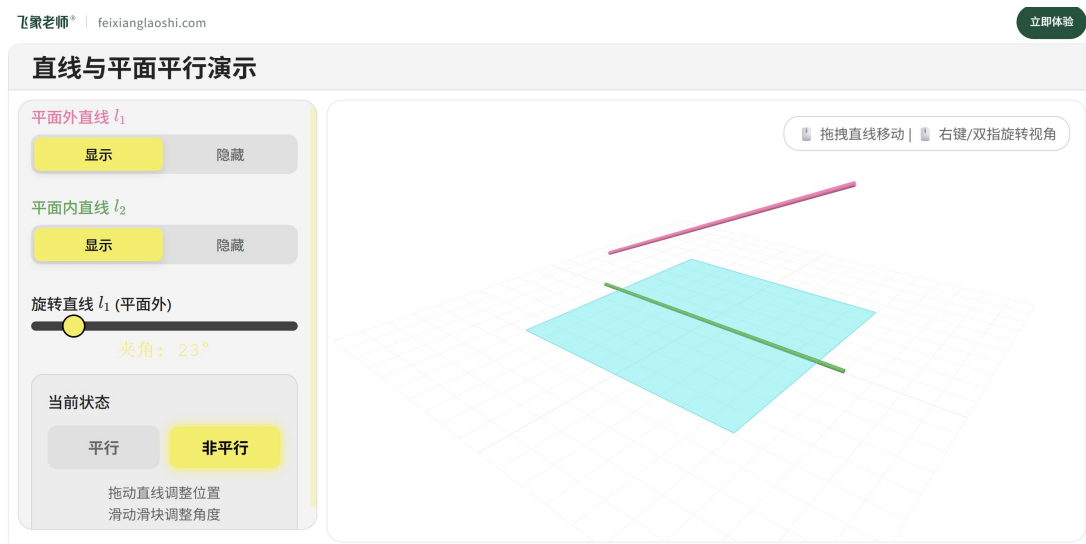


Figure 3. Dynamic demonstration of a line parallel to a plane

图 3. 直线与平面平行动态演示

教师在学生的总结下加以引导补充，归纳出直线与平面平行的判定定理：如果平面外一条直线与此平面内的一条直线平行，则该直线与此平面平行。同时提炼出定理成立的三项关键条件：面外直线、面内直线、线线平行。

随后继续借助飞象老师 AI 展示一道例题，学生点击认为满足平行关系的平面与直线，系统自动显示是否正确(如图 4)，学生口述依据，以此检验对于定理的理解情况，同时 AI 同步记录学生的作答情况，采集课堂过程性数据。

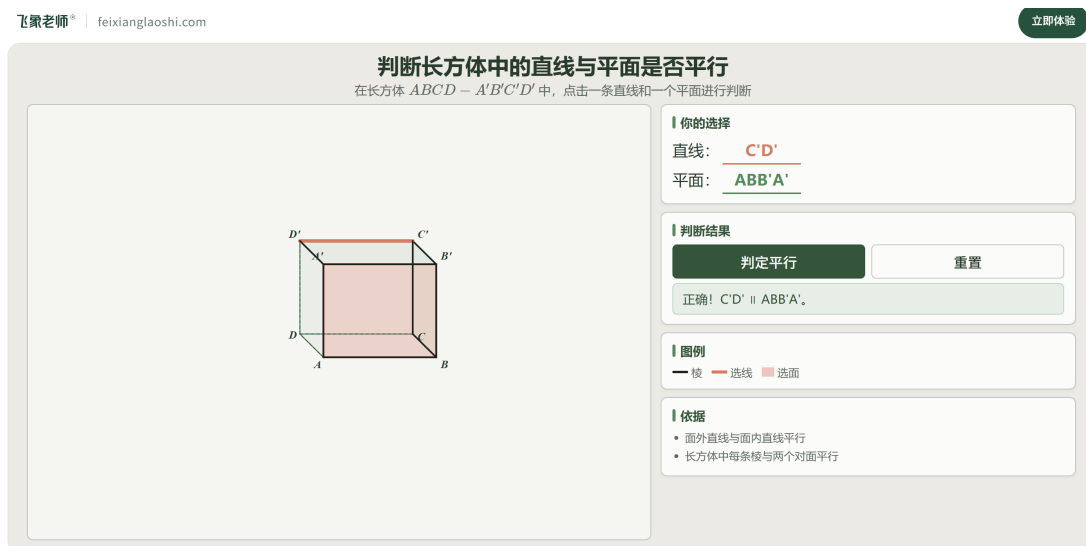


Figure 4. Demonstration of an example problem on determining whether a line in a rectangular prism is parallel to a plane

图 4. 判断长方体中的直线与平面是否平行例题演示

本环节主要落实 E(Equip)要素,为学生提供工具资源支撑。依托飞象老师 AI 的交互功能,为学生提供动手探究的载体,有助于学生更好地理解定理内容,为后续迁移应用做好知识准备。

[设计意图]本环节围绕课前预设的学习目标与评估证据开展定理探究活动。借助飞象老师 AI 的动态交互功能,将抽象的定理条件转化为可操作的可视化探究活动,引导学生自主归纳线面平行判定定理,将 AI 工具作为落实目标理解的载体,推动学生核心素养的发展。

环节三: 迁移应用

本环节首先聚焦子问题 3 推进探究: 如何理解线线平行到线面平行的转化?

在梳理出判定定理的三个关键条件之后,教师引导学生重点思考线线平行这一条件,指明其中蕴含的由二维平面关系到三维空间关系的转化,组织学生用自己的话描述对线线平行与线面平行内在联系的理解,引导学生自主梳理转化逻辑。依托这样的转化逻辑进一步拓展延伸,鼓励学生大胆猜测面面平行的判定方法,尝试总结出由线面平行可以推导面面平行的转化逻辑。

接着在应用环节,提前利用飞象老师 AI 设计由基础到拓展的闯关式习题(如图 5),AI 可以根据课前学情诊断的结果,为基础薄弱的学生优先推送基础习题,为学有余力的学生推送拓展任务,初步实现差异化课堂教学,发挥 AI 工具的自适应学习价值。



Figure 5. Group of progressive exercises on lines parallel to planes
图 5. 直线与平面平行的闯关式练习题组

解题结束后教师针对解答过程中出现的共性问题进行集中点拨,同时兼顾不同学生存在的个性化问题,引导学生发现自己的错误,并及时改进与完善。

本环节主要落实 O(Organize)要素,活动组织合理,按照循序渐进的逻辑推进探究任务。习题设置由基础题逐步过渡至拓展题,由浅入深地推进探究活动,保障教学流程层次清晰,探究过程层层递进。

[设计意图]本环节紧扣学习目标与评估证据开展迁移应用活动,依托飞象老师 AI 生成梯度化闯关习题,引导学生体会立体几何中维度转化的思想,完成知识迁移与拓展猜想。将 AI 生成习题资源融入教学流程,检验学生对判定定理的掌握情况,落实核心素养发展要求。

环节四: 总结反思

课堂进入收尾环节,教师对本节课探究内容进行整体梳理与归纳总结,并预留时间组织学生同桌之间互相检查解题过程,找出对方出现的逻辑、书写类错误。在此基础上引导学生进行自我反思,总结知识收获与自身在定理理解、空间推理层面存在的薄弱之处,并思考可改进的方法。最后邀请同学和大家分享自己的感悟与反思结果。

本环节主要落实 R (Rethink and Revise)与第二个 E (Evaluate)要素,借助自我复盘与同桌互评重新审视本节课的探究过程,修正自身认知误区,同时对学习成果开展综合性评价,以检验是否达成预设的理解目标。

[设计意图]本环节依托同桌间的互评与自我反思,对照学生的课堂表现,引导学生复盘自己对于线面平行判定定理的掌握情况,结合课堂解题中出现的错误诊断自己在空间推理上存在的薄弱点,完成对理解性学习效果的课堂检验。

环节五:课后延伸

课堂教学结束后,教师借助 AI 汇总分析本节课学生课堂作答、闯关练习等学习数据,针对不同学生布置差异化的拓展任务,推送个性化分层习题,以检验学生是否真正实现知识的深度理解,落实 UbD 理论导向下理解性学习的要求。

本环节主要落实了 T (Tailor)要素,体现因材施教的设计思路。根据不同学生的学习基础、认知特点调整课后练习任务,满足不同学生的提升需求。

[设计意图]本环节基于课堂采集的学习数据,利用 AI 工具完成学情分析与分层任务推送,以个性化课后题进一步检验学生的深度理解水平,将 AI 技术贯穿于课前-课中-课后的完整教学流程。

4. 结论与展望

本文聚焦高中数学立体几何教学,将 AI 技术赋能 UbD 理论的教学三阶段,探索了二者结合的优化策略与实施方式,并结合优化后的三个阶段开展具体课例的实践,借助 AI 创设了多种互动探究情境,从多维度检测学生对知识的掌握程度。基于 UbD 理论将 AI 技术赋能高中数学教学的探索不仅有效提升了课堂效率,更是在潜移默化中促进学生对数学知识形成深度理解,从机械记忆转向深层建构,同时也强化了学生知识迁移与应用的能力,为高中数学立体几何内容的学习提供了可参考的新路径。未来可开展更长周期的教学实践,结合 UbD 理论探索 AI 工具在立体几何整个单元教学中的应用,进一步验证该教学思路对于学生空间想象能力发展的实际作用,不断优化高中数学课堂的逆向设计思路。

基金项目

太原师范学院 2026 年度教学改革项目“高观点与强实践导向下初等几何研究课程的教学研究”(JGLX26076);

太原师范学院 2026 年度教学改革项目“OBE 理念下人工智能赋能解析几何教学策略研究”(JGLX26073)。

参考文献

- [1] 刘洋溪,钱梦婷,吴南中.美国教育信息化何以促进基础教育公平:政策、实践与启示[J].比较教育学报,2022(5):66-83.
- [2] 教育部关于实施全国中小学教师信息技术应用能力提升工程 2.0 的意见[EB/OL].2019-03-20.
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A10/s7034/201904/t20190402_376493.html,2026-10-25.
- [3] 诸方淳,徐斌艳.教学人类视角下中学数学教师信息化教学探究[J].数学教育学报,2024,33(4):40-45.
- [4] (美)杰伊·麦克泰,(美)格兰特·威金斯.理解为先单元教学设计实例:教师专业发展工具书[M].盛群力,张恩铭,王陈烁,鲍锦霞,褚欣维,盛呈燕,译.宁波:宁波出版社,2020.
- [5] 盛群力,何晔.意义学习,理解为先——UbD 模式对课堂教学改革提出的新建议[J].课程教学研究,2013(8):22-31.
- [6] 普通高中数学课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [7] 周丰昀,张明礼,李嘉明.UbD 理论下生成式人工智能赋能地理教学的模式与路径研究[J].中学地理教学参考,

2025(21): 14-19.

- [8] 王瑞华. 基于 UbD 理念的数学单元教学设计[J]. 教学与管理, 2026(4): 58-62.
- [9] 万妍青, 陈明宏. UbD 理论下生成式 AI 支持的乘法公式几何表征可视化探索[J]. 教育传播与技术, 2026(1): 44-54.