

基于STEAM教育理念的高中数学建模三阶教学研究

肖雯, 汤琼, 胡华耀

湖南工业大学理学院, 湖南 株洲

收稿日期: 2025年11月10日; 录用日期: 2026年1月19日; 发布日期: 2026年1月28日

摘要

针对高中数学建模教学跨学科融合不足、能力培养缺乏梯度的问题, 本研究结合STEAM教育优势, 以皮亚杰认知发展理论、维果茨基最近发展区理论为依据, 构建“基础奠基 - 方法进阶 - 创新实践”三阶教学模式。该模式对应全员普及 - 能力提升 - 拔尖创新的课程体系, 选取“茶水最佳饮用时间”“海水潮汐与港口水深”“汽车刹车距离”为实践案例, 通过场景化课时整合、跨科化师资提升、多元化评价衔接破解落地困境, 并配套基础能力 - 跨学科整合 - 艺术融合 - 创新拓展的分层评价体系, 旨在通过分层课程与案例实践来弥补传统教学跨科融合短板, 为STEAM教育理念与高中数学建模的深度融合提供实践路径。

关键词

STEAM教育, 高中数学建模, 核心素养

Research on Three-Stage Teaching of High School Mathematics Modeling Based on the STEAM Education Concept

Wen Xiao, Qiong Tang, Huayao Hu

College of Science, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan

Received: November 10, 2025; accepted: January 19, 2026; published: January 28, 2026

Abstract

Aiming to address the insufficient interdisciplinary integration and lack of competency progression

文章引用: 肖雯, 汤琼, 胡华耀. 基于 STEAM 教育理念的高中数学建模三阶教学研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(1): 635-642. DOI: 10.12677/ces.2026.141079

in high school mathematical modeling instruction, this study leverages the advantages of STEAM education and is grounded in Piaget's cognitive development theory and Vygotsky's zone of proximal development theory. It constructs a three-tiered teaching model—"Foundation Building, Method Advancement, and Innovative Practice"—corresponding to a curriculum system of universal literacy, competency enhancement, and elite innovation. Three practical cases—"Optimal Tea Drinking Time", "Sea Tides and Port Water Depth", and "Car Braking Distance"—are selected to overcome implementation challenges through scenario-based lesson integration, cross-disciplinary teacher development, and diversified assessment alignment. Additionally, a tiered evaluation system encompassing foundational skills, interdisciplinary integration, artistic fusion, and innovative expansion is implemented. This approach seeks to compensate for the shortcomings of traditional teaching in cross-disciplinary integration and provides a practical pathway for the deep integration of STEAM education concepts with high school mathematical modeling.

Keywords

STEAM Education, High School Mathematical Modeling, Core Competencies

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

在高中数学教学改革的背景下, STEAM 教育理念与数学建模的深度融合为学生搭建起跨学科的问题解决创新路径。作为高中数学的六大核心素养之一的数学建模不仅是衔接抽象理论架构与现实应用场景的认知桥梁,它更是培育学生科学探究能力与创新思维发展的关键教育载体。STEAM 教育所倡导的科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、艺术(Art)与数学(Mathematics)协同整合机制,并非简单的学科知识叠加而是强调通过跨领域的交叉渗透最后形成复杂问题的融合解决框架。这种融合既可以凸显数学建模作为高中数学核心素养的教育内涵又可以培养学生跨学科协作能力。而这种理论与实践的结合方式也为适应复杂社会需求、具备跨学科问题解决能力的复合人才提供了培育平台。

在此背景下,亟须以培养学生数学建模素养为导向,探索开发基于 STEAM 教育理念下数学建模课程的实践研究。为核心素养和创新能力的培养提供土壤,为高中数学建模教学提供资源支持,为其实施的持续性、连贯性、整体性提供保障。

2. STEAM 教育理念下高中数学建模教学现状分析

STEAM 教育理念与数学建模的融合,是当前高中数学跨科教学改革的核心方向,相关研究已形成国内外呼应、理论与实践并重的成熟格局,核心聚焦高中阶段的本土化适配与全学段教学衔接问题。

国外相关研究已构建起理论扎实、实践多元的成熟体系。Yakman 提出的 STEAM 金字塔模型,明确了数学在跨科融合中的核心纽带地位[1]; Karl A. Smith 等人提出教学逆向设计构想,这种模式先明确教学结果再依此倒推教学过程,为 STEAM 教育实践探索提供了新视角[2]。国内研究则以本土化实践突破为核心导向。戴晓畴等学者基于黄冈师范学院教学实证,提出 STEAM 建模教学“交叉性、系统性、反馈性、发展性”四原则,为教学设计提供了标准化依据[3]; 韦美结合实践,构建数学核心 + 物理/计算机辅助的协同体系,证实该模式可使学生跨科协作能力有效提升[4]。谢辉借鉴 Koloden 设计型学习循环模型,构建“情境创设 - 跨科拆解 - 模型建构 - 验证优化 - 成果迁移”的“三阶九步”教学模式并证实该

模式可使学生模型建构能力提升[5]。

国内外 STEAM 数学建模研究仍存在不足，国外理论成熟但跨科协同弱，工程、艺术与数学常简单叠加。国内融合浅、艺术缺，评价重结果轻过程，教学实效受限。基于此本文以学生思维进阶为轴分三阶，强化 STEAM 全要素融合，搭建基于 STEAM 理念的高中数学建模三阶理论，为破解瓶颈提供路径。

3. STEAM 教育理念下高中数学建模三阶教学框架

3.1. 高中生 STEAM 教育理念下模型思维阶段特征

根据皮亚杰认知发展理论及维果茨基最近发展区理论为科学依据，将高中生 STEAM 数学建模思维划分为零散模仿 - 系统建构 - 创新应用三个阶段：

1) 基础时期：零散模仿阶段。基础时期的学生建模时往往习惯照搬教材例题，把数学公式和其他学科知识简单拼凑且缺乏主动整合的意识，而跨学科的整合仅仅局限于显性知识的简单组合。从皮亚杰认知发展理论来看，这是因为高中生刚接触抽象思维，思考数学问题时还离不开具体的生活场景做“拐杖”。此时的学生若脱离了熟悉的情境，就很难自主拆解问题。

2) 发展时期：系统建构阶段。发展时期的学生有了明显进步，能从问题中找出多个相关变量，也能按建模的流程完成任务，但很难想出新方法、新角度。皮亚杰认知发展理论说明，他们的抽象思维已经能“站稳脚跟”，不用盯着具体事物也能分析变量关系；而维果茨基的“最近发展区”理论则指出，他们此时的能力就像快摘到果子却差一点，需要外界搭个“梯子”，对复杂系统的整体把控与突破性建模思维尚未成熟。

3) 成熟时期：创新应用阶段。成熟时期的学生具备了建模的核心能力，面对问题能自己抓住核心变量，跨学科整合实现知识方法技术的深度融合，注重从多维度评估模型价值，甚至设计出独特的模型框架。皮亚杰认知发展论认为，这是因为他们的抽象思维已经成熟，并学会自我反思，还能结合艺术知识把 STEAM 各科内容融会贯通，最终形成“发现问题 - 建模分析 - 创新解决”的完整思维闭环。

3.2. STEAM 教育理念下的数学建模课程体系框架

基于高中生 STEAM 教育理念下数学建模思维的三阶段特征，可建构具有渐进性、阶段性的课程体系实现分层教学，构建“基础奠基课程、方法进阶课程、创新实践课程”的课程系统框架，见图 1。

基础奠基课程设置全员普及型基础课程，以教材中数学建模问题为载体，通过情境沉浸式教学与教师分步示范，引导学生掌握并模仿简单的数学模型，初步建立“现实问题数学化”的转化意识，培育学生数学建模思想萌芽。方法进阶课程开设能力提升型进阶课程，聚焦区域性复杂问题。采用跨学科数学建模案例，让有数学建模兴趣的学生掌握标准流程，熟练运用 GeoGebra 等技术工具完成学科融合建模进而强化流程性操作与团队协作能力。创新实践课程聚焦于战略性社会问题。通过探究式学习对接真实社会需求，支持学生自主设计跨学科模型框架，最终形成可落地的解决方案或科研成果，实现拔尖学生的高端发展。该体系以阶梯式课程为载体，实现学生建模思维跃升，同步提升学生跨学科整合、技术应用与复杂问题解决能力。

4. STEAM 教育理念下高中数学建模三阶教学实践路径

4.1. 明晰内容设计维度

本内容设计以 3.2 节基础奠基 - 方法进阶 - 创新实践三阶课程体系为核心，拆解为基础层 - 进阶层 - 拓展层三阶递进式项目模块，确保课程目标与教学内容一致，见图 2。通过这种层层递进的任务安排来帮助学

生逐步提升能力,旨在在这样的过程中把学生的兴趣点转化为专业技能以实现人才选拔储备的完整体系。

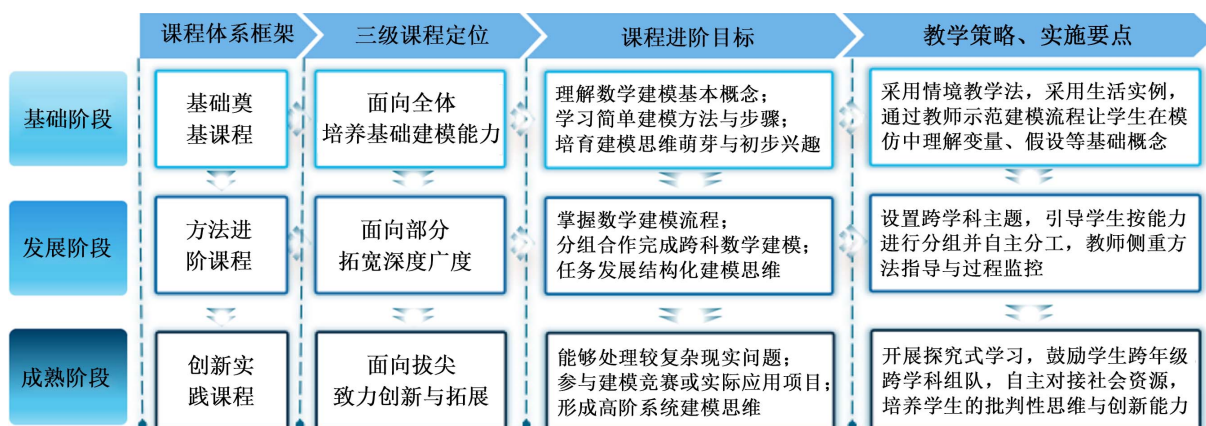


Figure 1. Framework of three-stage high school mathematical modeling curriculum under STEAM education concept

图 1. STEAM 教育理念下三阶高中数学建模课程框架

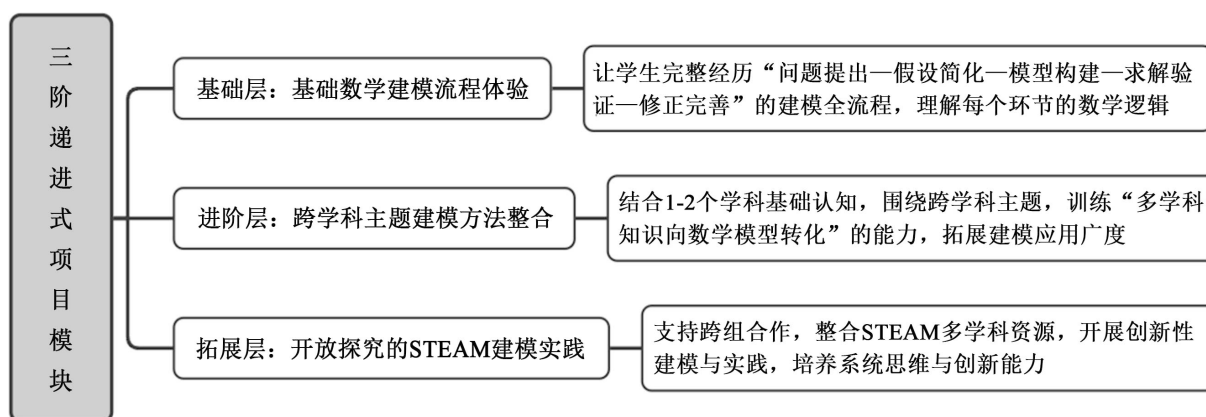


Figure 2. Third order progressive module diagram

图 2. 三阶递进式模块图

4.2. 实践可行性分析

STEAM 三阶数学建模教学模式虽具明确育人价值,但落地高中数学课堂需直面现实教学困境,其核心挑战集中于课时冲突、师资能力与评价对接三方面,结合教学实践可通过针对性策略破解。

课时冲突是首要难题,高中数学核心知识点密集,常规课时以知识讲授为主而模式中三阶建模活动需连贯时间推进,易与既定教学进度矛盾。对此可采用分阶段场景融合方案:基础奠基阶段的小型活动如“茶水最佳饮用时间”融入单元教学,利用常规教学时间完成;方法进阶阶段的中型活动如“海水潮汐与港口水深”依托高一数学建模选修课,每周固定课时集中推进;创新实践阶段的综合活动如“汽车刹车距离”则通过“数学建模社团”课后服务时间延伸,实现课内课外课时互补。

师资能力短板同样突出,多数数学教师缺乏 STEAM 跨科教学经验,尤其在艺术元素融入、工程思维引导等方面能力不足。解决路径可从两方面发力:学校层面组织跨科教研,每月开展数学与物理、美术教师联合备课,共同设计“数学+跨科”教学环节;教师个体依托国家中小学智慧教育平台,学习 STEAM 教学案例及数据可视化设计技巧,快速弥补能力缺口。

评价对接困境也需重视，传统纸笔测试侧重解题能力，难以量化模式强调的跨科应用、创新思维等素养。可构建过程 + 结果多元评价体系：过程性评价将学生活动成果如模型报告、可视化作品等纳入平时成绩，占比不低于 30%；结果性评价在单元测试中增加实际问题建模题型；同时将优秀建模成果纳入综合素质评价档案，实现素养培养与评价导向的统一。

综上，通过场景化课时整合、跨科化师资提升与多元化评价衔接，可有效破解模式落地难题，为其在高一数学教学中的推广提供可行路径。

4.3. 数学建模教学实施

针对上述提出的 STEAM 教育理念下高中数学建模课程框架构建三阶教学流程，数学建模活动实施需经历以下几个过程，分别是选题和开题——问题情境阶段，做题——实践体验阶段，结题——表达交流阶段。分别选取《普通高中课程标准实验教科书·数学必修 1》中“茶水最佳饮用时间”“海水潮汐与港口水深问题”以及《沪教版高中教科书·选择性必修第三册》中的“刹车距离问题”为例，见表 1。

Table 1. Specific three-stage teaching process
表 1. 具体的三阶教学流程

基础阶段：茶水最佳饮用时间		
教学流程	师生活动	设计意图
选题和开题	教师以 PPT 展示多场景喝茶图，提问“85℃绿茶降至 60℃需多久”，引导聚焦时间 - 温度关系，讲解建模基础流程；将 53 名学生分 8 组并协助各组进行分工，提供实验记录表模板。 学生组内讨论剔除无关变量确定实验方案，绘制研究草图，达成以温度变化建模共识，明确各成员任务。	激活学生生活经验来提升数学应用意识，明确建模研究方向。
做题	① 数据获取与观察分析。教师演示温度计使用规范引导观察数据趋势，提示指数模型适配性，随后演示 Excel 绘散点图步骤；学生用 Excel 生成散点图用红色标初始点、蓝色标目标点，观察到温度递减趋近 25℃室温的规律。 ② 模型建立与求解。师生结合散点图与实际背景，选定指数型模型 $y = k\alpha^x + 25$ ，代入 x 与 y 的值求 k ，再通过计算比值平均值确定参数 α ，建立模型 $y = 60 \times 0.9226^x + 25, x \geq 0$ ，用艺术字体书写模型。 ③ 模型检验与应用。学生将已知数据代入模型检验拟合效果，借助技术工具 Excel 计算的时间约 7 分钟，解决实际问题。	引导学生科学采集、处理数据，培养函数建模与数值分析能力；渗透建模立足实际的思想，提升严谨性与工具运用能力。
结题	教师明确成果需含问题 - 数据 - 模型 - 结论，要求用契合绿茶主题的绿色背景制作海报，添加茶叶装饰。设计数据完整性、模型合理性、展示效果评价量表，组织互评。 师生从问题开放性、有无标准答案、参与形式等多个维度对比数学建模活动与传统数学解题的差异，总结选题 - 开题 - 做题 - 结题的建模全流程。	提升学生的总结与表达能力，让学生感悟数学建模的开放性、合作性与应用价值，深化数学 + 艺术的认知。
发展阶段：海水潮汐与港口水深问题		
教学流程	师生活动	设计意图
选题和开题	教师播放港口潮汐视频，结合物理潮汐周期知识，提问货船吃水状态下如何安排进港时间；要求每组用蓝色渐变线条绘 24 小时水深曲线，用深浅色分别表示深浅。组织学生查询港口 24 小时水深数据并验证周期；同步绘潮汐曲线，明确建立水深模型定安全时间目标。	激发学生跨学科应用数学的意识，明确跨学科数学建模的研究目标，感受实际问题的复杂性与多学科关联性。

续表

做题	<p>① 数据获取与问题分解：学生通过实验或资料收集港口不同时刻的水深数据。师生共同将原问题拆分为探究港口水深变化规律、确定货船进港离港时间、寻找货船装卸时间临界值三个子问题。为每组分发透明容器、蓝色染料、塑料货船模型、彩色贴纸，指导学生制作潮汐物理模拟装置，用红色贴纸标安全水深线、黄色贴纸标货船吃水线，理解货船吃水状态下进港过程，为数学建模做铺垫。</p> <p>② 模型建立与求解：借物理中潮汐是周期运动的认知，学生尝试用数学三角函数模型拟合水深数据，先建立初步模型 $y = 2.5\sin\frac{\pi}{6}t + 5$，再通过与散点图对比检验，结合数学三角函数相位变换知识，调整初相得到 $y = 2.5\sin\left(\frac{\pi}{6}t - \frac{\pi}{16}\right) + 5$。结合物理中货船吃水深度与安全距离的知识，建立安全水深的一次函数模型，联立两个模型求解满足进港条件的时间范围。</p> <p>③ 模型检验与应用拓展：学生将已知水深数据代入修正后的模型检验拟合效果，再结合货船卸货时吃水深度的变化速率，应用模型确定卸货截止时间与离港时间，形成完整的货船作业方案。师生讨论模型的局限性，拓展跨学科应用的思考维度</p>	培养学生数据收集与问题拆解能力；训练物理、数学等多学科知识向数学模型的转化能力，体会模型迭代优化的过程；提升模型检验的严谨性，拓展跨学科建模应用的广度。
	<p>学生以跨学科视角下货船进港时间的数学建模方案为主题，各组评选最居实用性和创新性的潮汐物理模拟装置，通过海报、报告等形式展示成果，阐述从多学科知识整合到数学模型建立与求解最后实际问题解决的全过程。师生对比传统单学科解题与跨学科数学建模的差异，总结跨学科数学建模的流程与价值。</p>	提升学生的综合表达与反思能力，感受跨学科数学建模解决复杂实际问题的优势。
拓展阶段：刹车距离问题		
教学流程		
选题和开题	教师播刹车事故视频，提问刹车距离与车速关系；绘制 STEAM 框架图；组织学生按特长分工，引导学生从各学科视角拆解问题，如物理分析汽车运动阶段它的反应匀速、制动匀减速等，数学聚焦车速 - 刹车距离的变量关系，交通工程关联安全法规的现实需求，最终明确跨学科建模的研究方向。	以真实交通问题为载体，凸显 STEAM 理念下问题的开放性与多学科关联性，激发学生跨学科探究的主动性。
	<p>① 问题分析与基本假设：师生结合物理运动学知识，明确反应时间内汽车匀速行驶/制动过程匀减速直线运动的假设，同时基于交通工程视角，限定路况良好、车况正常的场景。</p> <p>② 模型建立：利用物理匀速运动公式 $S = vt$ 推导反应距离 $d_1 = \alpha v$，结合能量守恒推导制动距离 $d_2 = \beta v^2$，最终构建数学模型 $d = \alpha v + \beta v^2$。</p> <p>③ 求解模型：学生借助试验数据，通过统计平均计算 α、β 的估计值，代入得到初始模型。</p> <p>④ 检验与改进模型：师生对比模型计算值与试验值，分析误差后，利用 Excel 进行二阶多项式拟合得到更精确的改进模型 $d = 0.0106v^2 - 0.4102v + 16.669$。</p> <p>⑤ 模型应用：结合交通法规，计算不同车速的刹车距离，提出安全行车建议。</p>	整合物理原理与数学建模方法，强化多学科知识向数学模型转化的能力；通过试验数据处理、软件工具拟合，培养实践创新与严谨验证的科学思维；最终落脚交通场景的实际应用，拓展建模的现实价值，体现 STEAM 课程资源的跨科整合优势。
结题	<p>学生以 STEAM 视角下刹车距离建模与安全行车策略为主题，完整展示跨学科问题拆解 - 多学科模型构建 - 数据驱动模型检验与改进 - 现实场景应用的全过程。组织学生设计有装饰汽车、智能驾驶简笔画等的创意便签墙，各组写下交通法规、智能驾驶等应用想法并粘贴至班级宣传栏。师生总结各学科在建模中的贡献，并探讨模型对交通法规制定、智能驾驶安全系统设计的潜在价值。</p>	提升学生对跨学科成果的总结与表达能力，凸显本阶段数学建模在解决复杂现实问题中的创新价值与应用广度。

4.4. 实践与效果分析

基于前文对 STEAM 三阶数学建模教学模式的具体教学设计，为验证该模式在高一数学教学中的实际成效，本研究以准实验设计思路开展实践探索，实验周期规划为一学期(2024 年 9 月至 2025 年 1 月)。研究选取高一(7)班为实验班(53 人)，实施该三阶教学模式；高一(8)班为对照班(51 人)，采用传统讲授式教学。经学期初前测验证，两班数学建模能力及 STEAM 跨科应用意识均无显著差异，且由同一教师授课，确保师资、课时等无关变量一致。教学干预中，实验班紧扣三阶框架与高一数学核心知识推进：基础奠基阶段以“茶水最佳饮用时间”为载体，借指数模型传授建模基础流程，融入科学与技术元素；方法进阶阶段依托“海水潮汐与港口水深”问题，用三角函数模型训练跨科知识转化能力，强化工程思维；创新实践阶段以“汽车刹车距离”为主题，构建二次函数模型，结合物理、交通知识完成方案设计，并用艺术化数据可视化呈现成果。对照班仅聚焦案例的公式推导与习题训练，无跨科与能力梯度设计。

研究结果显示，实验班后测表现呈现显著优势：数学建模能力整体水平远高于对照班，尤其在问题转化与模型构建两个核心维度，实验班学生能更快速将实际问题抽象为数学语言，模型逻辑完整性与适配性明显更优；STEAM 跨科应用意识提升幅度更为突出，较前测实现实质性突破，而对照班在该维度无明显进步。质性结果进一步印证模式价值：实验班学生在“海水潮汐”案例中可自主关联物理周期知识修正模型参数，“汽车刹车距离”成果中不仅模型计算精准，彩色数据图表设计规范美观，附带的安全行车建议还体现出工程应用思维；访谈中 75% 的学生明确表示，三阶模式让自己理解了数学与生活各领域的关联，解决实际问题的信心显著增强。对照班学生则多反馈建模时不知从何入手、不清楚公式为何能用到生活里。

综上，STEAM 三阶数学建模教学模式能够匹配高一学生的认知与能力发展规律且有效弥补了传统教学的跨科融合短板，对提升数学建模核心素养与跨科应用能力均具有参考价值。

5. STEAM 教育理念下高中数学建模分层评价体系的建构

构建完善的课程评价体系对 STEAM 的课程改革与高中数学建模课程切实落地进行评价，有利于及时发现问题并加以改进。因此通过多维度、分层次的评价体系，全面衡量学生在数学建模过程中对科学探究、技术应用、工程设计、艺术表达及数学思维的整合能力，促进学生数学建模素养，跨学科能力与创新实践能力的协同发展。

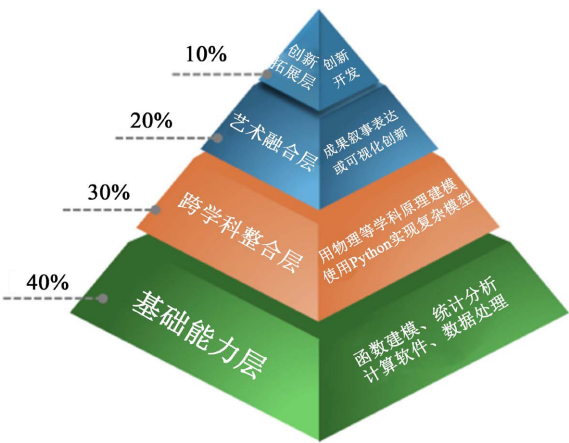


Figure 3. Construction of a layered evaluation system for high school mathematics modeling under the STEAM education concept
图 3. STEAM 教育理念下高中数学建模分层评价体系的建构

分层评价体系与三阶教学模式相绑定，基础奠基课程对应基础能力层评价，方法进阶课程对应跨学科整合层评价，创新实践课程对应艺术融合层 + 创新拓展层评价，实现教 - 学 - 评的一致性，便于教师实施与学生自评(图 3)。

1) 基础能力层：掌握数学建模基本方法与工具操作。学生能够准确建构模型，掌握基本的逻辑推理与计算能力；能够用 Excel、GeoGebra 等基础软件进行操作；会编写与使用基础代码。

2) 跨学科整合层：实现科学、工程与数学的初步融合。学生能够识别问题中的科学规律提出可行的工程性方案设计。

3) 艺术融合层：增强模型的美学表达。学生能够将数据进行可视化创新，设计动态或者立体的成果展示。

4) 创新拓展层：实现跨学科深度整合与创新性突破。学生能够完成技术深化，能够自主开发算法解决真实复杂的社会问题。

该评价体系从单一学科工具到多学科创新性应用，符合学生认知发展规律。其中 40% 部分倾向于基础能力体现数学建模素养扎根于数学本质。每层均包含不同的 STEAM 维度，避免艺术(A)或工程(E)被边缘化。以此推进 STEAM 课程本土化落地发展，促进 STEAM 教育与数学建模的融合，提升基础教育质量和学生综合素质。

参考文献

- [1] Yakman, G. (2018) STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education. *Pupils Attitudes towards Technology 2006 Annual Proceedings*, 341-342.
- [2] Smith, K.A. and Douglas, T.C. (2009) Supportive Teaching and Learning Strategies in STEM Education. *New Directions for Teaching and Learning*, **117**, 19-32. <https://doi.org/10.1002/tl.341>
- [3] 戴晓畴, 马晨辰, 马利伟, 等. 基于 STEAM 教育理念的数学建模教学活动研究[J]. 创新教育研究, 2024, 12(7): 163-168. <https://doi.org/10.12677/ces.2024.127445>
- [4] 韦美. 基于 STEAM 教育理念的高中数学建模教学实践[J]. 数理天地(高中版), 2025(15): 126-128.
- [5] 谢辉. 基于 STEAM 的高中数学建模教学模式建构[J]. 中学数学教学参考, 2024(10): 22-26.