

Design of Project-based Teaching of High School Chemistry with STEAM Concept—Taking “Chemical Reaction Regulation of Tang Sancai” as an Example

Yuting Zhou Aifeng Li*

School of Chemistry and Chemical Engineering, Liaocheng University, Liaocheng, Shandong, 252000, China

Abstract

This study investigates the project-based teaching approach of “Chemical Reaction Control in Tang Sancai (a traditional Chinese tri-color pottery) Firing Process” through a STEAM-integrated curriculum for high school chemistry. By analyzing chemical principles and interdisciplinary elements in the firing process, the research develops a pedagogical framework comprising three phases: contextual introduction, knowledge decomposition, and solution design. The findings demonstrate that this innovative design effectively breaks down disciplinary barriers in conventional chemistry instruction, significantly enhancing students’ problem-solving competencies in novel contexts.

Keywords

STEAM education philosophy; project-based learning; instructional design

融合 STEAM 理念的高中化学项目式教学设计——以“化学反应调控唐三彩的烧制工艺”为例

周雨亭 李爱峰*

聊城大学化学化工学院, 中国·山东 聊城 252000

摘要

本文以“化学反应调控唐三彩的烧制工艺”为项目主题, 构建融合STEAM教育理念的高中化学项目式教学方案, 通过拆解唐三彩烧制中的化学原理与跨学科要素, 设计“情境导入—知识拆解—方案设计”的教学流程。研究表明, 该设计能有效打破传统化学教学的学科壁垒, 提高学生在新情境中解决问题的能力。

关键词

STEAM教育理念; 项目式教学; 教学设计

1 引言

《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称新课标)明确提出“倡导真实问题情境的创设, 开展以化学实验为主的多种探究活动^[1]”, 将五大核心素养作为课程的价值追求。传统高中化学教学常陷入“知识点碎片化、实践与理论脱节”的困境, 学生在机械记忆与习题演练中逐渐丧失对化学学科的探究兴趣。

STEAM教育作为跨学科融合的典型范式, 整合科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、

艺术(Art)与数学(Mathematics), 以真实问题驱动深度学习, 符合化学学科核心素养培养的需求。将STEAM教育理念融入高中化学教学, 可打破学科壁垒, 超越传统教育模式, 让学生在解决实际问题中感受化学的“中心科学”价值。

2 STEAM 教育理念

STEAM教育是一种由美国政府提出的培养创新型人才的教育理念, 在之后的实践发展中先后经历了STS(科学、技术、社会)、STEM(科学、技术、工程、数学), 及STEAM(科学、技术、工程、艺术、数学)。化学是一门以实验为基础的学科, 其知识体系与工业生产、传统文化等紧密关联, 为STEAM教育理念的落地提供了天然载体。

3 项目式教学

项目式教学法(Project-based Learning, PBL)是由美国著名教育家凯兹博士和加拿大教育家查理博士共同推创的

【作者简介】周雨亭(2000-), 女, 硕士, 从事学科教学(化学)研究。

【通讯作者】李爱峰(1978-), 女, 博士, 副教授, 从事学科教学(化学)研究。

一种以学生为本的教学方法，它是师生通过共同实施一个完整的项目工作而进行的教学活动^[2]。高中化学项目式教学以化学学科核心素养为导向，将化学学科知识转化为驱动性问题，以具体的项目为基础培养学生的化学学科核心素养^[3]。

3.1 项目式教学的实践价值

PBL以真实任务为纽带，让学生经历“提出问题—设计方案—实验探究—结论应用”的完整过程，在建构知识的同时发展探究能力，以项目任务为载体，强化自主学习，是行动导向教学的重要落地形式，教学中需结合阶段与场景灵活搭配方法，以实现教学成效的最大化。新课标要求以素养为本，培养学生的化学学科核心素养，教师可以通过项目式教学的真实情境，抓住实验的趣味性、可操作性，以点带面，融入科学、社会、工程、艺术、数学等学科要素，践行STEAM教育理念^[4]。本文将PBL与STEAM理念结合，以“唐三彩的烧制”为具体任务，可实现“学科知识—实践能力—文化素养”的三维提升，为化学教学改革提供新的视角。

3.2 项目主题选择的合理性

在化学平衡的教学中，按照新课标对化学学科核心素养的具体要求，开展“素养为本”的系列探究活动，探索发展学生化学学科核心素养的有效途径、方法和策略^[5]。

唐三彩是唐代低温铅釉陶器的代表，所谓“三彩”就是白色胎上涂以黄、赭、绿、蓝和紫色等釉色，多种色釉组合使用故称三彩，又表示多彩多色之意^[6]。其工艺细节与化学原理存在深度关联：铜、铁等金属氧化物的着色体现物质组成与性质的关系；二次烧成工艺中的气氛控制则与化学平衡移动相关；唐三彩釉烧温度须严格控制在800~950℃，铅氧化物作为助熔剂可降低烧成温度并提升釉面光亮度，这些工艺参数的调控本质上是化学反应条件的优化。以“唐三彩的烧制”为载体设计教学项目，既能实现化学知识的情

境化传授，又能推动传统文化的创造性转化。表1为融合STEAM教育理念的“唐三彩的烧制”跨学科知识框架。

4 教学分析

4.1 教学目标

引导学生以“化学反应调控唐三彩的烧制工艺”为项目任务，从宏观上观察釉色变化、窑炉结构对烧制效果的影响，微观上探析金属离子反应、化学平衡移动规律，用控制变量、设置对照组方法验证观点。通过实验与分析，强化学生对“变化”“平衡”“可逆”“反应限度”的认知，诊断并提升模型应用、推理论证及知识迁移能力，帮助学生形成“变化观”“平衡观”，同时在探究传统工艺与现代科技融合中，增强学生的文化自信与社会责任。

4.2 教学内容分析

该教学设计面向高二学生，以人教版选择性必修一第二章第四节“化学反应调控”为核心，融合STEAM理念，以唐三彩烧制工艺中的控色和烧制流程为情景，将科学（化学反应的速率与平衡原理）和技术（窑炉通风）、工程（窑炉设计）、数学（浓度计算）、艺术（唐三彩的色彩和造型鉴赏）融合，通过真实的工艺问题，让学生体会化学原理的实用价值，破解传统教学中“理论与实践脱节”的问题，助力学生构建系统化的“化学反应速率与平衡”知识体系，为后续“水溶液中的离子反应与平衡”的学习奠定基础。

4.3 教学方案设计

将STEAM理念深度融入教学实践，紧扣“化学反应调控唐三彩的烧制工艺”核心主题，结合教学目标与内容分析，设计“情境创设—项目任务—项目活动—项目问题”一体化教学方案，通过具象化任务与递进式问题，推动学生实现多学科知识的融合应用与核心素养的综合提升，具体方案如表2所示：

表1 融合STEAM教育理念的“唐三彩的烧制”跨学科知识框架

维度	核心知识模块	具体知识要点
科学(S)	化学反应的速率与限度	温度，反应物的浓度等因素对化学反应速率的影响
	化学平衡	化学平衡：可逆反应的平衡移动规律 勒夏特列原理的应用：反应物(O ₂)的浓度、温度对平衡移动的调控作用
技术(T)	化学平衡的调控	传统调控：进风位置（顶部/底部）调节O ₂ 的浓度 2. 现代检测：O ₂ 浓度检测仪（如电化学传感器）
工程(E)	窑炉结构设计	传统结构：馒头窑“火膛-窑室-烟道”的空间布局与热气流流动规律 2. 优化设计：弧形导流板气流引导原理
艺术(A)	色彩美学	复色釉协同作用：茄紫色的色彩和谐原理 2. 窑变艺术：金属离子扩散交融形成的“斑驳淋漓”的视觉效果
	文化美学	唐代审美：三彩马“丰满健硕”的造型、“黄+绿+褐”色调体现了盛唐开放包容的气象 2. 器型设计：牵马胡俑的人物造型与丝绸之路文化的关联
数学(M)	浓度计算	物质的量浓度：250 mL c(Cu ²⁺)=0.05 mol/L 釉料中CuSO ₄ ·5H ₂ O的质量计算

表 2: 探秘唐三彩: “融合 STEAM 理念的化学反应调控唐三彩的烧制工艺”项目式教学方案

情境创设	项目任务	项目活动	项目问题
釉色控制	根据古代工匠“快烧增氧,慢烧减氧”工艺,分析釉色控制的核心影响因素。 完成釉料配制的理论模拟。 完成“唐三彩釉色控制”理论探究方案的构建。	1. 观看唐三彩文物修复纪录片片段 2. 分析温度,反应物的浓度对反应速率的影响。 3. 完成“配制模拟釉料”的计算。 4. 分析鉴赏唐三彩艺术品	1. 黄、绿、白这三种经典釉料对应的显色成分是什么? 2. 快烧(温度升高),会对这个反应的速率产生什么影响?增氧(O ₂ 浓度升高)又会如何改变反应速率? 3. 探究釉色控制需设定哪些自变量、因变量与控制变量? 4. 从色彩角度分析唐三彩马的颜色与唐代的社会文化以及工艺水平有什么关联?
工艺优化	1. 从勒夏特列原理的角度分析“进风方式”对釉色分布的影响。 2. 结合勒夏特列原理优化窑炉结构设计,理解工程结构与化学平衡的关联。	理解烧制过程的工作原理。 2. 推导“进风方式→O ₂ 浓度→平衡移动→釉色均匀度”逻辑链,优化窑炉设计。 3. 设计“改进型馒头窑进风结构”(可手绘示意图)。	窑炉“顶部进风”为何会导致釉色分层?“底部进风”如何通过O ₂ 的均匀分布使釉色稳定?这一过程如何体现勒夏特列原理? 优化窑炉结构,除了改进风位置,还能加一种叫导流板的装置来引导气流,如何设计导流板的位置?

4.4 教学流程

为有序推进项目式教学,设计“情境创设—计算分析—方案构建—结构优化”四步教学流程,引导学生从现象探究本质、从理论走向实践,具体环节展开如下:

4.4.1 环节 1: 情境导入与知识关联

教师:播放唐三彩文物修复纪录片片段后,展示唐代二次烧制工艺与现代釉料成分检测报告(如图1所示),提问“根据釉料成分检测报告,分析黄、绿、白这三种经典釉料对应的显色成分是什么?”

学生:白釉,黄釉,绿釉中主要显色的成分分别是PbO、Fe₂O₃、CuO。

教师:“纪录片里提到‘窑变’是着色金属扩散交融的结果,结合可逆反应 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$,以及古代匠人“快烧增氧,慢烧减氧”的工艺,大家认为温度、

反应物的浓度变化对这一化学反应有什么影响?,为什么釉色会变化?”

学生:“快烧时温度高,反应更快;增氧让O₂的浓度升高,反应也更快,所以Fe³⁺生成得多,颜色深;慢烧相反,速率慢,Fe²⁺多,颜色更浅。”

4.4.2 环节 2: 釉料配制计算与分析

教师:茄紫色是Cu²⁺与Fe³⁺交融形成的复色,给出任务“配制250 mL c(Cu²⁺)=0.05 mol/L、n(Fe³⁺):n(Cu²⁺)=2:1的模拟釉料”,提问“要完成这个配制,第一步需要计算什么?如何根据物质的量浓度计算所需CuSO₄·5H₂O的质量?”

学生:先算Cu²⁺的物质的量,n=0.25 L×0.05 mol/L=0.0125 mol,CuSO₄·5H₂O的物质的量和Cu²⁺相等,再计算CuSO₄·5H₂O的质量,m=0.0125 mol×250 g/mol=3.125 g。

表 3 唐三彩釉彩的化学成分分析^[7]

釉色	窑址	Si ₂ O	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	ZnO	PbO	MnO/%
白釉	醴泉坊窑	30.07	0.50	0.48	0.25	0.49	—	0.16	—	56.44	0.08
	黄冶窑	36.33	0.20	0.08	0.14	0.21	—	0.03	—	50.28	0.09
	现代仿品	29.26	0.18	0.20	0.04	1.63	—	0.10	0.16	56.18	0.04
黄釉	醴泉坊窑	30.44	0.46	0.56	0.25	3.18	—	0.08	—	54.56	0.33
	黄冶窑	28.05	0.34	0.34	0.52	10.81	—	0.17	—	46.56	0.08
	现代仿品	29.74	0.40	0.40	0.17	4.22	—	0.01	0.05	51.42	0.05
绿釉	醴泉坊窑	35.38	0.48	0.48	0.20	0.76	—	1.50	—	50.55	0.12
	黄冶窑	31.63	0.31	0.31	0.14	0.33	—	2.01	—	54.13	0.06
蓝釉	黄冶窑	32.51	0.24	0.24	0.17	0.14	0.38	0.17	—	55.84	0.14
	现代仿品	36.12	0.58	0.58	0.04	0.55	0.36	0.01	0.12	48.29	0.06

4.4.3 环节 3: 探究方案构建与质疑

教师:根据以上分析,以“条件变量→平衡移动→宏观现象”的逻辑线^[8],引导小组讨论“构建‘唐三彩釉色控制’方案需要设定变量,大家认为自变量、因变量、控制变量分别有哪些?如何通过这变量推导古代工匠的控色逻辑?”

学生:小组讨论,分享讨论结果。“自变量是温度、

釉料中金属离子的浓度、窑内O₂的浓度;因变量是釉色;控制变量是烧制时间、釉料厚度。古代工匠可能通过调整窑火大小(控温、控O₂的浓度)、釉料配比(控离子浓度)来控制颜色,比如火大时颜色更深”。表4为设计的唐三彩釉色控制的变量表。

表4 唐三彩釉色控制变量表

变量类型	具体内容	确定理由
自变量	1. 温度：设置 800℃, 900℃, 1000℃ 三个梯度 2. Fe ³⁺ 与 Cu ²⁺ 的浓度比： 设置 1:1, 2:1 两个梯度 3. 窑内 O ₂ 的浓度： 设置低氧（封窑留宽缝隙）高氧（封窑留宽缝隙）两个梯度	温度会影响可逆反应平衡，进而改变 Fe ²⁺ 和 Fe ³⁺ 含量，影响釉色。茄紫色由 Cu ²⁺ 和 Fe ³⁺ 交融形成，改变两者的浓度比可能会让茄紫色的深浅色调变化。 氧气浓度会影响可逆反应中 O ₂ 的量，从而改变反应平衡，影响 Fe ²⁺ 和 Fe ³⁺ 的转化。
因变量	釉色：用颜色名称+深浅+均匀度描述。比如“茄紫颜色均匀”“深茄紫局部有斑点”等	釉色是能直观观察到的结果，且能直接反映自变量对唐三彩外观的影响。
控制变量	釉料厚度：均为 0.5 mm 烧制时间：均为 2 小时 基底材质：均用相同规格的陶瓷片 4. 釉料晾干时间：均为 1 小时	如果这些变量不保持一致，比如有的釉料厚，有的釉料薄，就无法确定釉色变化是由温度、浓度比或氧气浓度导致的，会干扰实验结果。

教师：三彩器之所以引人瞩目，主要是因其形式多样、色泽艳丽、造型逼真，且体现着时代的神韵，这与唐代艺术品的丰满、健美、阔硕的特征是一致的，以图1为例，从色彩角度反映了唐代人们怎样的审美观，从造型角度反映了牵马胡俑的人物与丝绸之路文化有何关联？



图1 三彩马及牵马胡俑

学生：小组讨论，分享对唐代人们审美观的理解以及人物造型反映的历史背景。

4.4.4 环节4：窑炉结构与化学平衡移动

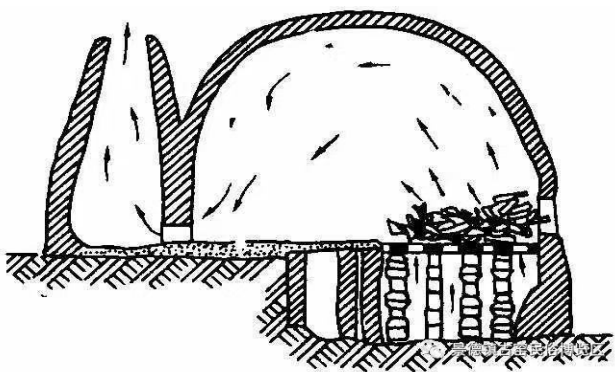


图2 传统馒头窑的构造图

教师：展示传统馒头窑的构造图（图2），提问“传统馒头窑‘顶部进风’时，窑内 O₂ 分布不均，会导致釉色分层，结合可逆反应 $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 4\text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ ，利用勒夏特列原理分析如何改进？”

学生：“顶部进风时，O₂ 集中在窑的上半部分，O₂ 浓度高使平衡正向移动，上半部分釉料中 Fe²⁺ 被氧化成 Fe³⁺，颜色深；窑的下半部分 O₂ 少，颜色浅，导致分层。底部进风让 O₂ 均匀扩散，釉色均匀。这体现了勒夏特列原理，‘浓度改变，平衡向减弱该改变的方向移动’。”

教师：“若要优化窑炉结构，除了利用传统方法改进风位置，还能在窑炉安装 O₂ 浓度检测仪，实时检测窑炉中 O₂ 浓度，以及加一种叫导流板的装置来引导气流，这样设计的目的是什么？”

学生：“导流板可以让气流在窑内循环，避免窑内 O₂ 分布不均，确保每个位置的釉料反应条件一致”。绘制改进后的窑炉构造图（图3）。

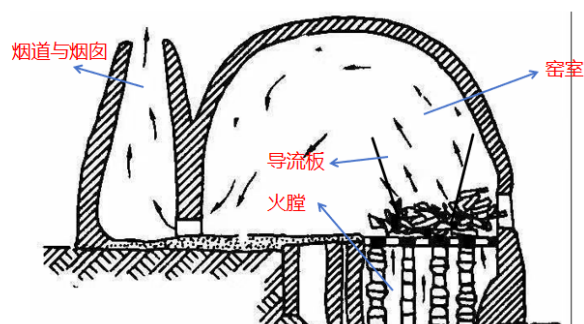


图3 改进后的馒头窑构造图

教师：今天我们通过窑炉优化和数据处理，把化学平衡、化学反应的速率和工程设计结合，同时了解了唐三彩的文化底蕴和艺术价值。下节课将基于设计的窑炉结构进行模拟烧制。

5 项目效果与反思

随着新高考改革的逐步实施，化学平衡的题目不再局限于简单的知识点记忆和定量计算，还涵盖了实验设计、推理判断和跨学科的综合应用^[9]。

课堂数据表明，学生对化学反应速率、化学平衡及勒夏特列原理等核心知识的理解与应用准确性显著提升，

能精准阐释温度、氧气浓度等因素对釉色变化的调控逻辑，在釉料浓度计算、反应条件分析等任务中，公式运用与逻辑推导的规范性明显优于传统教学模式。在实验探究层面，绝大多数学生能独立完成“变量设定—方案设计—逻辑论证”的完整流程，准确区分自变量、因变量与控制变量，在窑炉结构优化等任务中展现出清晰的“条件—平衡—现象”推导思路，问题解决的条理性与严谨性大幅增强。在知识迁移层面，学生能灵活运用化学原理解读传统工艺中的技术智慧，将课堂所学延伸至工业生产条件调控、传统文化工艺解析等新场景，

在科学（S）与数学（M）维度，学生不仅深化了对化学核心原理的理解，更熟练掌握了物质的量浓度计算等定量分析方法，形成了“定性分析+定量推导”的科学思维模式，数据处理与逻辑推理能力实现同步提升。在技术（T）与工程（E）维度，学生通过对比传统进风调控与现代O₂浓度检测技术，结合勒夏特列原理完成改进型窑炉设计，既理解了技术工具的应用价值，又体会了工程结构与化学原理的内在关联，创新设计与实践能力显著增强。在艺术（A）与文化维度，学生通过唐三彩色彩鉴赏、唐代“丰满健硕”审美分析及丝绸之路文化探究，不仅提升了色彩美学与文化品鉴素养，更在传统工艺与现代科技的碰撞中，深化了对传统文化的认同，增强了文化自信与社会责任意识。同时，在小组讨论、方案共创等协作环节中，学生的沟通表达、观点碰撞与团队分工能力得到全面锻炼，实现了知识学习、能力发展与素养提升的协同推进。融合STEAM教育理念的高中化学项目式教学能够较好地培养学生的综合能力，如学生在获取信息、分析问题、解决问题的过程中，逐步运用多学科

知识解决问题的能力^[10]。

在未来的教学中，可从教师跨学科培养、资源设备优化配置、多维教学评价体系的构建三方面发力，突破现有瓶颈，推动STEAM教育理念在实践中有效落地。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部制定.普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 郭亚萍,汤智,林春绵.环境工程学项目式教学改革的实践研究[C].第三届国际教育技术与培训会议.浙江:浙江工业大学生物与环境工程学,2010:262-264.
- [3] 马群.基于学科核心素养的高中化学项目式教学设计及实践研究[D].湖北:华中师范大学,2021.
- [4] 张葵,周快,杨一思,等.基于STEAM教育理念的项目式教学设计与实践——以“探索覆铜板的蚀刻反应及废液的循环利用”为例[J].黄冈师范学院学报,2024,44(05):92-95.
- [5] 杨大岭.化学学科核心素养导向下的“化学平衡”教学研究[J].化学教育(中英文),2023,44(05):60-68.
- [6] 蔡明明,张佩瑶.唐三彩纹样与色彩提取转化创新设计实践[J].上海服饰,2023,39(12):178-180.
- [7] 邵金发,李融武,潘秋丽,等.唐三彩烧制工艺的无损分析研究[J].光谱学与光谱分析,2023,43(03):781-787.
- [8] 王喜东.问题驱动教学法在高中化学课堂中的应用——以“化学平衡移动”一课为例[J].数理化解题研究,2025,29(15):92-94.
- [9] 陈未.化学平衡原理在高考题中的考查方式探讨[J].新智慧,2025,28(21):10-12.
- [10] 李申申,崔继文.高中化学融合STEAM教育理念的项目式学习建构及案例开发[J].现代盐化工,2021,48(02):165-167.