

基于OBE理念的一个综合性化学实验案例设计 ——硅藻土负载TiO₂光催化甲醛降解

夏 鸣*, 汤简赫, 孙晓云, 冯东阳, 许静蕾, 王 岩

沈阳航空航天大学理学院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2026年8月19日; 录用日期: 2026年10月16日; 发布日期: 2026年10月29日

摘 要

以成果导向教育(OBE)理念为核心, 设计面向化学、材料、环境类本科生的综合性创新化学实验——硅藻土负载TiO₂光催化降解甲醛。本实验覆盖无机材料合成、材料微观结构表征、分光光度定量分析、光催化性能评价等多模块内容, 围绕专业毕业要求反向设计教学目标, 构建“课前文献研学-课堂综合实操-课后成果答辩”一体化教学闭环, 可拆分独立模块按需授课, 兼顾分层教学需求。该实验能够系统性训练学生文献检索、实验操作、数据处理、科研写作与问题解决能力, 落实创新意识、工程环保素养等高阶育人成果, 适配本科化学类专业实验教学推广。

关键词

OBE理念, 综合性化学实验, 光催化, 甲醛降解

Design of a Comprehensive Chemical Experiment Case Based on OBE Concept —Photocatalytic Degradation of Formaldehyde by TiO₂ Loaded Diatomite

Ming Xia*, Jianhe Tang, Xiaoyun Sun, Dongyang Feng, Jinglei Xu, Yan Wang

College of Science, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning

Received: August 19, 2026; accepted: October 16, 2026; published: October 29, 2026

Abstract

Based on the Outcome-Based Education (OBE) concept, this paper designs a comprehensive innovative

*通讯作者。

文章引用: 夏鸣, 汤简赫, 孙晓云, 冯东阳, 许静蕾, 王岩. 基于 OBE 理念的一个综合性化学实验案例设计[J]. 创新教育研究, 2026, 14(10): 650-659. DOI: 10.12677/ces.2026.1410830

chemical experiment for undergraduates majoring in chemistry, materials and environmental disciplines, namely photocatalytic degradation of formaldehyde by diatomite-loaded TiO_2 . This experiment covers multiple modules including inorganic material synthesis, material microstructure characterization, spectrophotometric quantitative analysis, and photocatalytic performance evaluation. Backward design of teaching objectives is implemented in accordance with program graduation requirements, constructing an integrated teaching closed-loop of “pre-class literature research, in-class comprehensive hands-on practice, post-class achievement defense”. Its modules can be separated and deployed on-demand to accommodate stratified teaching. It can systematically train students’ abilities in literature retrieval, experimental operation, data processing, scientific writing and practical problem-solving, and foster high-order learning outcomes such as innovative awareness and engineering-oriented environmental literacy. It is suitable for popularization in experimental teaching among undergraduate chemistry-related majors.

Keywords

OBE Concept, Comprehensive Chemical Experiment, Photocatalysis, Formaldehyde Degradation

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

伴随家装产业快速发展,乳胶漆、板材、胶粘剂等装修材料会长期持续释放甲醛等有毒气体。甲醛无色、高挥发性、易溶于水,长期暴露可诱发呼吸道疾病、白血病甚至癌症,室内甲醛污染治理已成为群众高度关注的民生问题[1]。硅藻泥曾被认为是一种良好的、高性价比的环保涂料,能一定程度上吸收甲醛,但是单纯的硅藻泥对甲醛的吸附是物理吸附,吸附量有限,在温度升高、气压变化时,吸附的甲醛极易脱附,形成二次污染[2][3]。光触媒,也叫光催化剂,是一类具有光催化性能的半导体材料的总称,在光的照射下,它具有一定的氧化还原能力,能够用于分解空气中的有毒有害物质,是近年来环境治理与材料科研领域的研究热点[4]。 TiO_2 (锐钛矿型)是经典低成本、无毒、高活性光催化材料,光照下可生成活性自由基,将甲醛完全矿化为 CO_2 与 H_2O ,二者复合可实现“吸附-催化分解”协同净化甲醛,具备极高的研究价值与实际应用前景[5]。

成果导向教育(OBE)起源于欧美工程教育改革,核心是以学生预期学习产出为中心反向组织教学活动,现已成为工程教育专业认证的核心指导理念。当前国内高校化学类综合实验普遍存在学科交叉割裂、实操内容与生活应用脱节、考核评价方式单一、学生创新能力与科研思维训练不足等突出问题[6][7]。传统实验多以验证既定理论为主,学生机械按照实验步骤完成操作,缺少自主探究与工程问题思考,难以建立理论知识与现实问题之间的联系,绿色化学素养、学以致用工程能力的培养较为薄弱。国内高校也开展 OBE 导向的化学综合实验改革,将科研前沿转化为教学项目,围绕知识、技能、科研、素养设立分层目标,构建教学闭环,实现多学科知识交叉。但现有实验大多侧重材料性能探究,立足民生环境痛点、完整覆盖“材料制备-性能评价-实际污染治理”全链条的 OBE 综合实验仍不多见[8][9]。

本实验面向于材料和环境等化学及化学相关专业的本科生,以民生问题驱动,落实绿色化学育人成果,以家装甲醛污染大众痛点为实验载体,将环境治理工程问题融入化学综合实验,引导学生利用光催化化学技术解决生活污染,树立绿色环保、学以致用工程素养,达成 OBE 综合素养产出目标。本实验将 OBE 理念贯穿教学设计全流程:以“培养具备环境治理实操能力、材料合成科研思维、绿色化学环保

素养的化学及相关专业本科生”为最终产出成果，反向拆分设计知识、技能、科研、素养四大教学目标，具体教学目标见表1。

Table 1. OBE teaching objectives of the experiment

表 1. 本实验的 OBE 教学目标

	评价内容
知识目标	理解 TiO_2 光催化氧化机制，溶胶-凝胶合成机理，分光光度定量分析原理
技能目标	能够完成溶液的配制、样品前处理、溶胶凝胶法合成材料等实验操作，熟练并规范操作马弗炉、分光光度计、扫描电镜(可选)、磁力搅拌器等大型仪器，掌握标准曲线绘制、甲醛降解率计算方法；
科研目标	掌握文献调研、实验方案设计、数据图表绘制、科研小论文撰写、小组答辩汇报的完整科研流程；
素质目标	建立绿色化学、室内环境治理工程思维，提升团队协作、问题分析、创新解决生活实际污染问题的综合能力。

以学生四大核心能力培养为顶层目标反向设计全部教学环节，实验模块可拆分、课时灵活调配，适配不同实验室仪器条件、不同层次本科学学生，教学推广性强。本实验还注重多学科交叉融合，全面覆盖化学专业核心知识点融合无机材料合成、仪器分析、催化化学、环境治理多领域内容，打破单一课程知识点割裂的教学弊端，综合训练学生多学科知识综合运用能力，契合化学类专业毕业能力要求。

2. 实验部分

2.1. 实验原理

2.1.1. TiO_2 光催化降解甲醛机理(OBE 知识目标 1)

TiO_2 作为半导体光催化剂，在紫外/模拟太阳光照射下，价带电子跃迁至导带，生成光生电子 e^- 与价带空穴 h^+ ，如图1所示。价带空穴具备强氧化性，可氧化材料表面吸附的 H_2O 、 O_2 生成羟基自由基、超氧自由基等强活性物种，将甲醛等有机污染物彻底氧化矿化为 CO_2 与 H_2O ，从而实现了对有机污染物的降解[10]。硅藻土这一日常装修材料，本身具有超大比表面积与多级孔道结构，可高效吸附气相/液相甲醛，将污染物富集于 TiO_2 催化位点，实现吸附-催化协同增效，大幅提升甲醛去除效率。

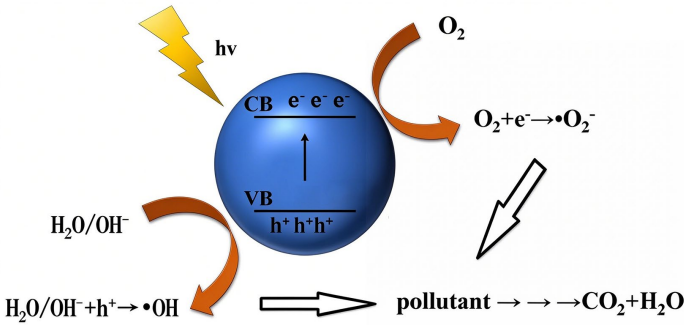


Figure 1. Schematic diagram of photocatalytic degradation mechanism of organic pollutants by anatase TiO_2

图 1. TiO_2 (锐钛矿型)光催化降解有机污染物机理示意图

2.1.2. 乙酰丙酮分光光度法定量测甲醛(OBE 知识目标 2)

在 $\text{pH} = 6$ 乙酸-乙酸铵缓冲体系中，甲醛与乙酰丙酮在 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 水浴条件下发生缩合反应，生成稳定黄色共轭化合物，体系吸光度与甲醛浓度在一定范围内呈良好线性关系。选取 413 nm 特征吸收波长测定吸光度，绘制标准曲线即可定量计算样品中剩余甲醛浓度，进而计算光催化降解率[10]。

2.1.3. 溶胶-凝胶法负载 TiO_2 制备原理(OBE 知识目标 3)

以钛酸四丁酯为钛源, 无水乙醇为溶剂, 冰醋酸抑制钛盐水解速率, 稀硝酸调节体系 pH 至 2~3, 通过水解、缩聚反应生成 TiO_2 前驱体溶胶; 前驱体均匀包覆于预处理硅藻土孔道及表面, 经低温干燥、 450°C 高温煅烧去除有机配体, 结晶生成锐钛矿型 TiO_2 , 得到硅藻土/ TiO_2 复合光催化材料。

2.2. 实验试剂及仪器

实验试剂及材料见表 2, 所用到的主要实验仪器见表 3。规范配制表 2 中试剂, 熟练使用表 3 各个仪器属于 OBE 技能目标中的培养内容。

Table 2. Experimental reagents and preparation instructions

表 2. 实验试剂及配制说明

试剂名称	规格	生产厂家	配制说明
无水乙醇	分析纯	国药集团化学试剂有限公司	溶剂, 直接使用
浓盐酸	37%	国药集团化学试剂有限公司	稀释配制 1 mol/L 盐酸 100 mL, 用于硅藻土除杂预处理
浓硝酸	65%	国药集团化学试剂有限公司	
钛酸四丁酯	分析纯	国药集团化学试剂有限公司	钛源, TiO_2 前驱体原料
冰醋酸	分析纯	国药集团化学试剂有限公司	水解抑制剂
工业硅藻土	工业级	灵寿县拓琳矿产有限公司	载体, 盐酸预处理去除氧化铁杂质
甲醛	40%	国药集团化学试剂有限公司	配制标准甲醛测试液
乙酰丙酮	分析纯	国药集团化学试剂有限公司	甲醛显色试剂
去离子水	自制		洗涤、定容、配制缓冲液

Table 3. Main experimental instruments and applications

表 3. 主要实验仪器及用途

名称	型号	制造商	实验用途
恒温加热磁力搅拌器	DF-101Z	上海予申仪器有限公司	溶胶配制、恒温搅拌、水浴显色
箱式马弗炉	KSL-1100X	合肥科晶材料技术有限公司	TiO_2 前驱体高温晶化煅烧
电热恒温烘箱	101-00B	绍兴市苏珀仪器有限公司	样品干燥处理
紫外可见分光光度计	UV-1500PC	上海美析仪器有限公司	甲醛吸光度测定、标准曲线绘制
无油真空泵	HP-01	上海力辰邦西仪器有限公司	固液分离抽滤(可选)
电子分析天平	FA2004	上海舜宇恒平科学仪器有限公司	精准称量固体原料
氙灯光源	CEL-S500	北京中教金源科技有限公司	模拟太阳光催化降解实验
离心机	TG16-WS	长沙湘仪离心机仪器有限公司	悬浮液分离

2.3. 实验操作步骤

本小节涵盖样品前处理、溶胶凝胶法复合材料制备、甲醛标准曲线绘制、光催化降解性能测试等全套实验操作与基础数据处理内容, 重点训练学生大型仪器操作、实验规范操作与基础数据分析能力, 完整落实 OBE 技能目标培养要求。

2.3.1. 硅藻土盐酸除杂预处理

准确称取 5.0 g 工业硅藻土置于烧杯, 加入 50 mL 1 mol/L 盐酸磁力搅拌 30 min, 溶出 Fe_2O_3 杂质;

静置沉降后弃去上清液，去离子水反复洗涤沉淀 3~5 次至洗涤液中性；80℃烘箱干燥 1 h，冷却密封备用。具体操作示意图如图 2 所示。

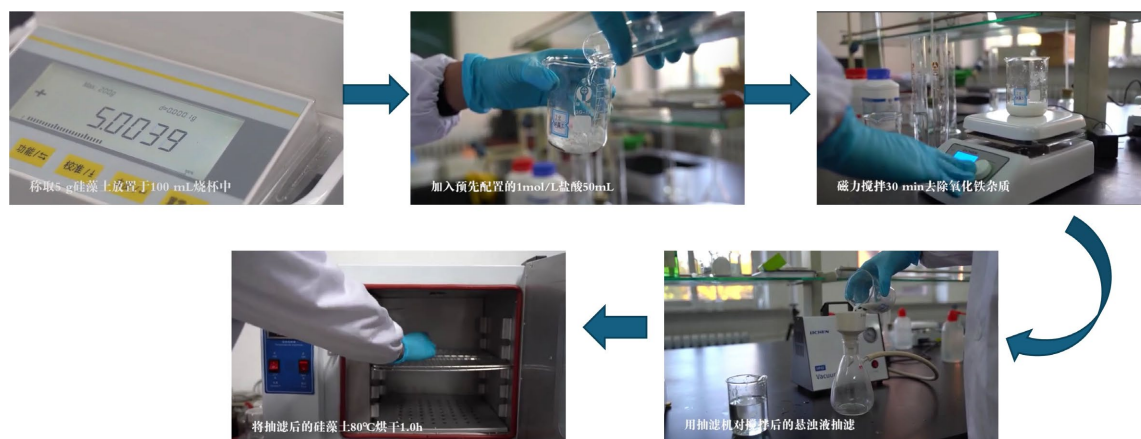


Figure 2. Schematic diagram of hydrochloric acid purification pretreatment for diatomite

图 2. 硅藻土盐酸除杂预处理操作示意图

2.3.2. 溶胶 - 凝胶法制备硅藻土/TiO₂ 复合材料

在磁力搅拌下，将 20 mL 无水乙醇，1.18 mL 冰乙酸，7 mL (8.25 mmol) 钛酸四丁酯，2 g 前处理的硅藻土，依次加入至 100 mL 烧杯中，持续搅拌形成淡黄色溶液 A。在磁力搅拌下，将 5.75 mL 无水乙醇，1.25 mL 去离子水和 2~3 滴 6 mol/L 硝酸(调节 pH 至为 2~3)加入 50 mL 烧杯中，搅拌形成澄清溶液 B。将溶液 B 倒入恒压滴液漏斗中，在磁力搅拌下，将溶液 B 缓慢滴加至溶液 A 中，搅拌 30 min 后得到前驱体溶液。将上述得到的前驱体溶液置于 40℃ 恒温水浴箱中，杯口盖好表面皿，放置 1 h 后得到白色凝胶。上述凝胶放入 80℃ 烘箱中干燥 30 min。将上述得到的固体转移至坩埚，置于马弗炉中，10℃/min 程序升温至 450℃，热处理 2 h。自然冷却至室温，将得到的固体样品进行研磨，收集备用。具体操作示意图如图 3 所示。

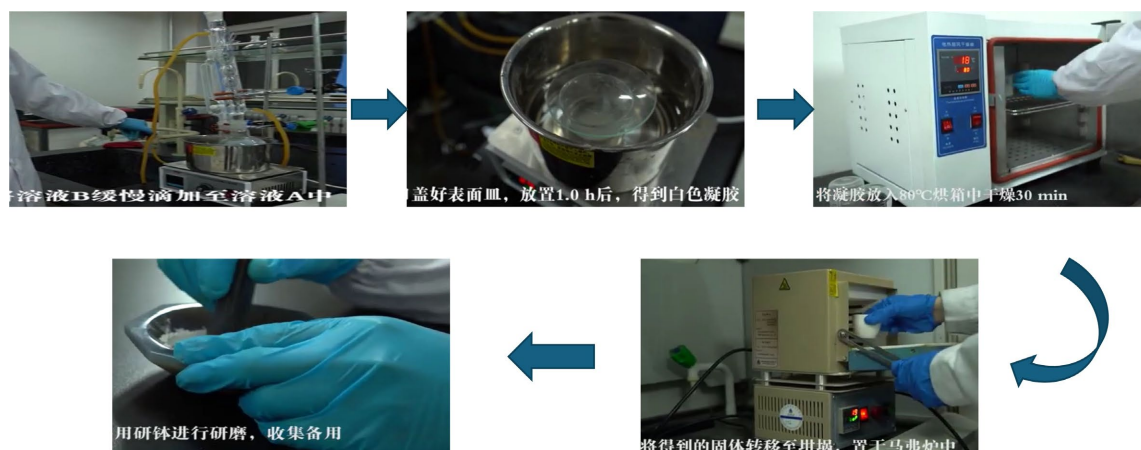


Figure 3. Schematic diagram of preparing diatomite/TiO₂ composites via sol-gel method

图 3. 溶胶 - 凝胶法制备硅藻土/TiO₂ 复合材料操作示意图

2.3.3. 乙酰丙酮分光光度法甲醛标准曲线绘制

取乙酸铵 100 g，加入蒸馏水 300 ml 溶解，再加冰乙酸 7 mL，制备得 pH = 6 的乙酸铵缓冲溶

液。向该溶液中加入甲醛,甲醛会与乙酰丙酮作用反应生成黄色化合物。取 40%的甲醛溶液 1 mL 定容至 500 mL 得到溶液。取 0.8 mg/mL 甲醛溶液 6.25 mL 并用蒸馏水定容至 500 mL 容量瓶中得到 10.0 mg/L 甲醛溶液。取 10.0 mg/L 甲醛溶液 0, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 8.0 mL 于 25 mL 比色管(各管甲醛含量分别为: 0, 5, 10, 30, 50, 80 μg), 加蒸馏水至标线后各加入 2.5 mL 乙酰丙酮溶液和 2.5 mL 乙酸乙酰胺溶液, 混匀后在 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下水浴 15 min, 冷却后, 使用分光光度计测定其吸光度, 并绘制标准曲线。

2.3.4. 光催化甲醛降解性能测试

将 0.1 g 硅藻土/ TiO_2 样品分散到 100 mL 浓度 10 mg/L 的甲醛溶液中, 在暗处放置 30 min, 以达到吸附-解吸平衡。选用 500 W 的氙灯作为光源, 对整个设备进行照射。每隔 30 min 用移液管取 3 mL 悬浮液。先将悬浮液进行离心分离, 得到的上清液采用紫外-可见分光光度计测定其吸光度, 计算甲醛溶液降解率。

3. 结果与讨论

该部分主要针对 OBE 科研目标(数据处理、图表分析、机理讨论)的培养。

3.1. 复合材料物相与微观形貌表征结果

使用 X 射线衍射(XRD)仪对硅藻土和硅藻土/ TiO_2 样品的晶体结构和组成进行了测定。由图 4 可知, $2\theta = 21.9^\circ$ 位置出现了出现明显宽化衍射峰, 它们是属于 SiO_2 的特征衍射峰[11]。此外, 在 $2\theta = 25.15^\circ$, 48.46° , 54.32° , 55.52° 和 62.51° 位置出现了一些明显的衍射峰, 它们分别对应于 TiO_2 (JCPDS #21-1276) 的 (101), (200), (105), (211) 和 (201) 晶面, 表明锐钛矿型 TiO_2 已经被成功地制备[10]。上述结果表明: 硅藻土/ TiO_2 已经被成功地制备。

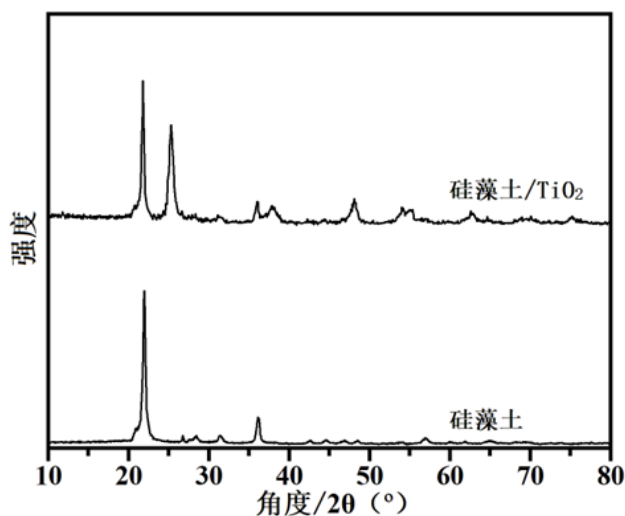


Figure 4. XRD patterns of industrial diatomite and diatomite/ TiO_2

图 4. 工业硅藻土和硅藻土/ TiO_2 的 XRD 图

通过使用扫描电子显微镜(SEM)对硅藻土和硅藻土/ TiO_2 样品的微观形貌进行表征。从图 5 中可以发现, 硅藻土呈圆盘状, 表面有明显的孔道结构, 孔隙清晰, 说明硅藻土具有很强的吸附能力。相比之下, 当在硅藻土表面生长 TiO_2 时, 硅藻土表面的孔隙随 TiO_2 生成而被覆盖变小。这表明 TiO_2 已经在硅藻土的表面被生成。综上, 可以认为硅藻土/ TiO_2 样品已经被成功地制备。

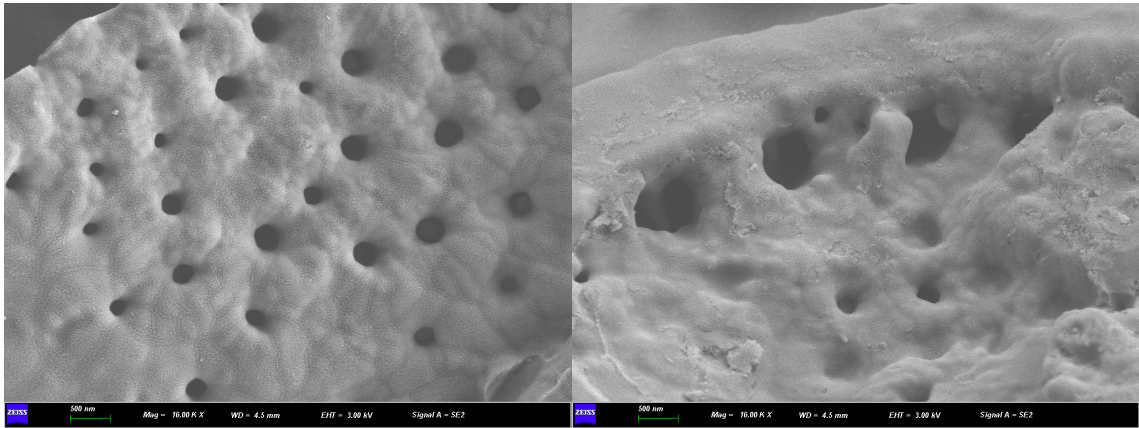


Figure 5. SEM images of industrial diatomite and diatomite/TiO₂
图 5. 工业硅藻土和硅藻土/TiO₂ 的 SEM 图

3.2. 甲醛定量标准曲线

用乙酰丙酮分光光度法测不同浓度甲醛溶液在 413 nm 的吸光度，得到甲醛溶液的标准曲线如图 6 所示。由实验结果可知，甲醛溶液的浓度和吸光度的线性关系良好。甲醛溶液的浓度和吸光度的线性关系可以表示为： $A = 0.0095c$ ，其中 A 为吸光度，c 为溶液浓度。

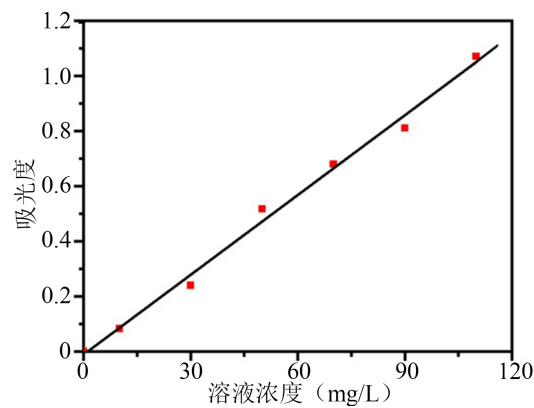


Figure 6. Standard calibration curve of formaldehyde solution at 413 nm
图 6. 甲醛溶液在 413 nm 的标准曲线

3.3. 光催化降解性能对比分析

Table 4. Relationship between time and formaldehyde photocatalytic degradation rate of diatomite and diatomite/TiO₂
表 4. 硅藻土和硅藻土/TiO₂ 样品光催化降解甲醛的降解率与时间的关系

	甲醛降解率(%)					
	暗处理 30 min	光照 60 min	光照 120 min	光照 180 min	光照 240 min	光照 300 min
硅藻土	4.4	11.1	17.5	22.3	36.0	37.3
硅藻土/TiO ₂	3.9	31.0	50.3	67.2	75.8	87.1

表 4 为硅藻土和硅藻土/TiO₂ 样品光催化降解甲醛的降解率与时间的关系。从表中可以看出，硅藻土和硅藻土/TiO₂ 样品在黑暗条件下放置 30 min 后，甲醛的降解率分别为 4.4%和 3.9%。这说明，两个样品

对甲醛都有一定的吸附能力,但吸附能力较弱。在光的照射下,两个样品对甲醛的降解率均随着时间的延长而提高,说明两个样品对甲醛都有一定的降解能力。其中,当被光照射 300 min 后,硅藻土对甲醛的降解率为 37.3%,降解能力较弱。相比之下,硅藻土/TiO₂ 样品对甲醛的降解率高达 87.1%。这充分说明在硅藻土表面负载 TiO₂ 后,样品对甲醛的降解能力有明显的提高。

4. 基于 OBE 理念的实验教学设计

本实验严格遵循 OBE “产出导向、反向设计、持续改进”三大核心原则,从毕业要求反推实验项目需要达到的分层目标,反向设计教学环节;模块化拆分实验内容适配不同实验室条件与学生层次;构建全过程多元考核体系,替代单一实验报告评分;实现“知识学习-技能训练-能力产出-素养培育”一体化育人。

4.1. 模块化课时拆分设计

实验涉及无机化学、材料化学、分析化学多门课程的知识点,综合性强。实验由 4 个模块组成,具体模块设计及学时安排见表 5。全部模块可以完成用于化学、环境、材料等相关专业学生的综合性化学实验教学,教师可根据学校学生的实际需求、实验室基础设施等实际情况,灵活选择授课内容,方便调配和安排。院校若无 XRD、SEM 表征设备,可直接删减表征模块,仅保留合成、检测、光催化核心内容,不影响核心 OBE 能力产出,普适性极强。单一模块亦可单独拿出用于不同教学需求。例如:材料制备模块可单独用于无机化学实验课程中关于材料制备部分的实验教学;分光光度法定量分析模块可用于分析化学实验课程关于分光光度法的定量分析部分的实验教学(所需材料可由实验教师提前合成制备)。

Table 5. Experimental module design and teaching hour arrangement

表 5. 实验模块设计及学时安排

	模块内容	课时	核心产出
材料制备模块	硅藻土/TiO ₂ 样品制备	6	溶胶凝胶合成法、样品前处理、高温热处理实操技能
材料微观结构表征模块	硅藻土/TiO ₂ 结构表征	2	大型表征仪器操作、物相形貌图谱解析
分光光度法定量分析模块	乙酰丙酮分光光度法测甲醛浓度、绘制标准曲线	2	定量分析、标准曲线建立、分光光度计操作
性能评价模块	光催化甲醛降解	6	动力学数据记录、降解率计算、图表绘制、结果分析

4.2. “课前-课中-课后”全过程 OBE 教学实施流程

4.2.1. 课前预习

实验前 1~2 周布置任务,以最终科研成果为导向布置预习要求:① 检索室内甲醛治理、TiO₂ 光催化、溶胶凝胶法相关中英文文献,梳理实验原理;② 小组协作完成预习报告,自主设计初步实验方案,课堂师生共同优化方案,锻炼文献调研与方案设计能力。

4.2.2. 课堂实操

分组完成硅藻土预处理、TiO₂ 复合粉体合成与煅烧;分组完成分组合配甲醛标准溶液,独立完成显色、吸光度测试,建立标准曲线;开展光催化降解对比实验,实时记录时间-吸光度原始数据,教师巡回指导规范操作,及时纠正实验误差,保障实操技能目标达成。

4.2.3. 课后综合考核

课后学生需要完成实验报告、科研报告、小组答辩。实验报告主要考查学生的数据记录和数据处理

能力，包含科学准确地记录实验现象及实验数据，计算各时间点甲醛降解率，绘制对比数据表、性能变化曲线；科研报告是以学术小论文格式完成包含摘要、原理、实验、结果讨论、结论在内的完整科研论文，训练科研写作能力；最终各小组需在答辩环节汇报实验现象、数据规律、材料应用前景，教师针对机理、误差、实际应用提问点评，锻炼逻辑表达与思辨能力。

4.3. OBE 多元考核评价体系与持续改进

全过程多元闭环教学与考核，完整训练科研全流程构建“课前文献研学 - 课堂实操训练 - 课后报告 + 论文 + 答辩”完整科研训练闭环，配套多维度 OBE 考核体系，全方位培养本科生科研思维、创新能力与综合解决问题能力。本实验摒弃仅依靠实验报告评分的传统模式，围绕四大 OBE 产出设置多维度考核权重，具体评价内容及权重见表 6。

Table 6. Multi-dimensional assessment and evaluation system
表 6. 多元考核评价体系

	权重	评价内容
课前预习与方案设计	20%	评价文献调研、自主思考能力
课堂实操、原始实验记录	35%	评价仪器操作、实验规范、动手技能
实验报告、科研论文	35%	评价数据分析、科研写作、理论结合实际能力；
小组答辩汇报与问答	15%	评价逻辑表达、创新思考、团队协作素养。

多元化的考核结果不再是单一的实验成绩判定，而是精准反馈教学成效与学生能力短板的核心依据，能够直观、全面地暴露学生在文献检索、实验操作、数据处理、科研写作、创新思辨等各环节的能力薄弱点。同时，考核数据可反向赋能教学全过程，帮助授课教师精准定位实验教学设计中的不足，包括教学重难点设置不合理、实操指导针对性不足、科研训练环节衔接不顺畅、分层教学落实不到位等问题。基于考核反馈的真实学情数据，教师可动态迭代优化实验教学内容、教学方法与教学流程，针对性补齐教学短板、细化分层教学方案、强化薄弱能力模块的专项训练，实现“教学实施 - 多元考核 - 问题反馈 - 教学优化”的闭环式持续改进机制。该模式彻底打破了传统实验教学“重授课、轻反馈，重结果、轻改进”的固化弊端，完全契合 OBE 教育理念中以学生产出为核心、持续优化教学质量、动态对标专业毕业要求的核心育人准则，能够稳步提升综合创新实验的教学质量，长效助力学生专业核心能力与科研创新素养的稳步提升。

5. 结论

本文融入 OBE 成果导向教育理念，设计硅藻土负载 TiO_2 光催化降解甲醛综合性化学实验。实验以解决室内甲醛污染实际问题为落脚点，采用溶胶 - 凝胶法制备硅藻土/ TiO_2 复合光催化材料，表征结果证实锐钛矿 TiO_2 成功负载于多孔硅藻土载体；光催化测试表明 300 min 光照下复合材料甲醛降解率可达 87.1%，吸附 - 催化协同净化效果显著。依托 OBE 教学逻辑，本实验围绕知识、操作、科研、综合素养四大产出目标反向设计模块化教学内容与全过程多元考核方案，可灵活拆分授课，适配各类本科化学相关专业实验教学。实验串联无机、分析、材料、环境化学多学科内容，完整复刻科研从文献调研、样品制备、性能测试到成果汇报的全流程，能够有效锻炼学生实验操作、数据分析、创新思考与工程应用能力，实现理论知识与生活实际深度结合，兼具教学价值与环保应用价值，适合作为高校本科综合性创新化学实验推广使用。

参考文献

[1] 梁晓军, 施健, 赵萍, 等. 中国居民室内甲醛暴露水平及健康效应研究进展[J]. 环境卫生学杂志, 2017(2): 170-

181.

- [2] 张学涛, 张健. 室温下负载二氧化锰硅藻土除甲醛性能的研究[J]. 上海涂料, 2018, 56(3): 7-10.
- [3] 王佼, 郑水林. 酸浸和焙烧对硅藻土吸附甲醛性能的影响研究[J]. 非金属矿, 2011, 34(6): 72-74.
- [4] 马昭妍, 纪琳, 王骏飞, 等. TiO₂-ZnO 复合光催化剂的合成与改性研究进展[J]. 环境化学, 2024, 43(8): 2616-2630.
- [5] 李强文, 邵亚馨, 杨小盛, 等. 硅藻土复合材料在甲醛吸附降解方面的研究进展[J]. 化工管理, 2020(7): 56-58.
- [6] 刘珊珊, 韩艳阳, 冯凯, 等. OBE 教育理念下应用化学专业综合实验课程的创新实践[J]. 大学化学, 2021, 36(11): 126-130.
- [7] 雷洪, 霍冀川, 张廷红, 等. 新工科背景下“化学综合设计实验”课程改革[J]. 大学化学, 2021, 36(5): 191-194.
- [8] 段俊新, 余奥, 李全华, 等. MOF 衍生的多孔碳材料制备及其电容性能研究——基于 OBE 理念设计一个综合化学实验[J]. 大学化学, 2025, 40(2): 297-305.
- [9] 王丹丹, 刘晓婉, 刘方鑫, 等. 基于科教融合的综合实验设计: 三维石墨烯水/气凝胶的制备及性能研究[J]. 大学化学, 2026, 41(7): 334-341.
- [10] 王英姿, 唐运鑫, 郑洪标, 等. Ce/Si-TiO₂ 纳米复合材料光催化降解甲醛[J]. 复合材料学报, 2026, 43(7): 4207-4220.
- [11] 宋雅然, 魏燕富, 刘冬, 等. 纳米氧化铝/氧化锰-硅藻土复合物对磷酸根阴离子的吸附[J]. 环境化学, 2017, 36(10): 2265-2273.