

# 材料科学专业开放性实验教学的实施与思考

## ——以绿色手段合成光催化材料 TiO<sub>2</sub>

赵微微

文理学院化学化工学院 陕西 宝鸡 721013

**【摘要】**：实验教学是培养学生综合素质的重要途径，而开放性实验教学是提高实验教学有效手段。开放性实验选题系统可面向全校在校学生或限制专业学生，学生可根据自己的兴趣与时间进行选择，这样就可以使实验内容与学生的兴趣点一致，从而调动学生参与实验的积极性与主动性，提高学生的创新能力。以绿色生物手段合成光催化材料 TiO<sub>2</sub> 的实验为例，充分证明了开放性实验在教学中的可行性。

**【关键词】**：开放性实验；绿色合成；光催化；TiO<sub>2</sub>

### The Implementation and Thinking of Open Experiment Teaching in Material Science Specialty -- Synthesis of Photocatalytic Material TiO<sub>2</sub> by Green Means

Weiwei Zhao

Baoji University of Arts and Sciences Shaanxi Baoji 721013

**Abstract:** Experimental teaching is an important way to cultivate students' comprehensive quality, and open experimental teaching is an effective means to improve the effect of experimental teaching. The open experimental topic selection system can face the whole school students or students of limited majors. They can choose according to their interest and time, so that the experimental content can be consistent with the students' interest point, so as to mobilize the enthusiasm and initiative of students to participate in the experiment, improve the innovation ability of students. The experiment of photocatalytic material TiO<sub>2</sub> synthesized by green biological means is taken as an example, which fully proves the feasibility of open experiment in teaching.

**Keywords:** Open experiment; Green synthesis; Photocatalytic; TiO<sub>2</sub>

2019年教育部宣布将全面实施“六卓越一拔尖”计划2.0，建金专、建金课、建高地，从教学目标、教学形式和课程难度对课程建设提出了新的要求<sup>[1]</sup>。高校作为大学生培养的主要阵地，应重视培养学生的创新创业能力及实践能力，从而提高学生的人文素养和科学素养<sup>[2]</sup>。实验教学作为大学生能力培养的主要途径，对培养学生的科研能力打下了坚实的基础<sup>[3]</sup>。但是，传统的实验教学方式仅限于学生对实验的机械性重复，对科研能力的进一步提升有所限制。因此，很多高校都进行了相应的实验教学改革，采用以实验室为基地，以创新人才培养为目的的教学方式。实践也证明，开放性实验的开设、建立开放性实验室是培养创新型人才的有效手段<sup>[4]</sup>。

二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)是一种常用的光催化材料，同时，亦有生物相容性好、抗菌性能优异等特性。因此，在很多方面都有很好的应用，比如：作为光催化材料、污水处理材料、自清洁玻璃、抑菌材料等<sup>[5-7]</sup>。采用化学方法制备二氧化钛是常用的制备方法，因此，在此过程中需要用化学试剂，这样就会对环境会造成一定的污染，而采用微生物或植物等生物绿色合成手段，代替二氧化钛合成过程中的有机化学试剂，一方面可以避免反应原料本身的毒性，另一方面避免反应的中间产物以及反应结束后的副产物均有可能存在毒害的隐患。此外，在纳米

颗粒形成过程中，有毒化学物质容易吸附在表面，后续处理一般只能除去一部分，所以在实际应用中会产生多种不良影响。相比于化学试剂，利用生物材料合成纳米颗粒优势明显，生物合成方法具有无毒、操作简便等优点。此外，生物合成方法成本较低，可持续性较好，而且容易规模化生产。生物合成在反应过程中不使用有毒化学物质，基本不使用有害环境的材料，合成的纳米材料生态环保且具有良好的生物相容性<sup>[8]</sup>。在这个实验过程中我们可以选择不同的生物材料作为原料进行实验探究，这样就可以集趣味性、与科研性为一体，在增加学生兴趣的同时又提高了学生的动手及数据的分析处理能力。实验具体设计如下：

## 1 开放性实验的设计

### 1.1 实验目的

- (1) 掌握绿色合成二氧化钛粉体材料的原理及方法；
- (2) 掌握二氧化钛的制备工艺流程及表征方法；
- (3) 了解 X 射线衍射仪、扫描电镜、红外光谱仪等大型仪器的原理及使用方法；
- (4) 学会数据处理及分析。

## 1.2 实验试剂及仪器

### (1) 实验试剂

表 1 主要试剂

| 试剂名称    | 纯度   | 生产商            |
|---------|------|----------------|
| 芦荟      | 植物活珠 | 陕西省宝鸡市         |
| 紫叶李     | 植物活珠 | 陕西省宝鸡市         |
| 8424 西瓜 | 植物活珠 | 陕西省宝鸡市         |
| 三氯化钛    | 分析纯  | 天津市金铂兰精细化工有限公司 |
| 活性炭粉    | 分析纯  | 恒晟环保材料         |
| 乙醇      | 分析纯  | 上海国药           |

### (2) 实验仪器

电子天平、磁力搅拌器、烘箱、超声波清洗器、Thermo Fisher 离心机、榨汁机；样品的形貌及粒径分布采用日本日立公司的 TM3000 台式扫描电子显微镜进行观察；样品的相组成是利用德国布鲁克公司的 D8 型 XRD 粉末衍射仪 (Cu/K $\alpha$ , 0.15406nm, 40kV, 40mA) 进行测试。

## 1.3 实验步骤

### (1) 芦荟叶肉提取液的制备

芦荟提取液的具体制备过程：将新鲜芦荟用自来水将外皮清洗干净，放置在紫外灯下照射杀菌 20min，然后小心剥去外皮，留下芦荟凝胶切成小块，将芦荟叶肉凝胶与超纯水按照一定的质量比例混合，然后用榨汁机榨成汁，将混合液超声处理 20min，过滤去除残留。接下来将活性炭放入液体中搅拌 8h 进行脱色，然后再次过滤得到初步提取液，再将该提取液在 20000r/min 转速条件下离心 10min 脱去残留活性炭等固体杂质，取上清液，即得到最终芦荟叶肉提取液。将制备的芦荟提取液放置在冰箱里待用。

### (2) 三维 TiO<sub>2</sub> 颗粒的制备

首先，取 20mL 芦荟叶肉提取液放入单口烧瓶中，在室温下一次加入一定体积的 TiCl<sub>3</sub>，快速搅拌 60min，得到乳白色液体。将乳白色液体以一定转速离心一定时间后，小心去掉上清液，再加入超纯水将其重新分散，再离心，然后再分别用超纯水和乙醇多次洗涤，最终得到 TiO<sub>2</sub> 颗粒浓缩液。将得到的 TiO<sub>2</sub> 浓缩液放在烘箱中，于 80℃ 干燥 3h，研磨，得到无定形 TiO<sub>2</sub> 粉末。

## 1.4 结果与讨论

分别探讨：(1) 不同的钛源浓度对 TiO<sub>2</sub> 形貌的影响：固定芦荟与水的质量比作为生长环境，改变加入钛源 (TiCl<sub>3</sub>) 的量探究前驱体浓度对 TiO<sub>2</sub> 生成过程的影响；(2) 芦荟叶肉提

取液浓度对 TiO<sub>2</sub> 形貌的影响：固定反应中钛源的初始浓度，改变提取液的用量，研究不同提取液浓度对 TiO<sub>2</sub> 生成过程的影响；(3) 反应时间对棒状 TiO<sub>2</sub> 产率的影响：固定钛源浓度和芦荟提取液的浓度，研究不同反应时间下棒状 TiO<sub>2</sub> 的产率。

实验延伸：在激发学生兴趣的前提下，可利用学校的各种环境条件，创造出不同的生物环境进行 TiO<sub>2</sub> 制备的条件探索，并比较不同的生物环境对 TiO<sub>2</sub> 形貌的影响有何不同。

## 2 开放性实验的实施

### 2.1 学生选拔及小组建立

在学校的实验室实践与综合管理系统发布开放实验信息，采用学生自主报名的方式进行，以 10 人左右分为一班，以 2-3 人作为一个实验小组。

### 2.2 实验相关培训

确认选题学生后，教师需对实验室安全、常规仪器操作规程、文献查阅途径及方法、阅读要领等对学生进行全方位的培训。

### 2.3 开放性实验的实施

根据实验教师给出的研究方向，由小组成员进行文献查阅、进行实验设计并汇报，小组间进行讨论，对各组提出的方案可行性进行论证，最后，开展实验，对其研究方案进行验证，在此过程中，教师应及时给予学生指导，锻炼学生独立操作与思考的能力。

### 2.4 开放性实验的结题

学生需根据自己的实验情况及时撰写并完成实验报告，对实验实施过程和实验数据进行分析与讨论，在此过程中老师要引导学生不定期进行口头汇报。

## 3 开放性实验教学体会

开放性实验与传统教学实验完全不同，传统教学实验是实验教师给出完整的实验方案，而且结果已知，学生只需要按照方案简单操作即可得到实验结果。但是开放性实验将学习的主动权与选择权交给学生，他们可以按照自己的兴趣与爱好自主选择实验题目，学生成为课程的主体，教师只起到了辅助指导的作用。在这个过程中，教师首先给出实验题目或研究方向，由学生自主选择，在老师的指导下学生完成文献查阅、方案设计、完成实验这一完整的研究过程，在此过程中，学生的科研前沿动态追踪能力、动手能力、以及分析和解决问题的能力都会得到很大的提升。同时，开放性实验的难度及教学量都远超传统实验，这就对指导老师提出了更高的要求，要求指导老师的知识面更宽，具有更强的责任心。因此，开放性实验的开设对教师个人素养及能力的提升方面都有很好的促进作用。

## 4 结束语

(1) 目前，针对全校大学生很少开展这类材料的制备实

验,通过开放实验的形式,可以使得有兴趣的同学根据自己的时间进行选修,并会对材料制备方面的知识有所了解。

适合于大学的开放性实验课程。

(2) 二氧化钛的绿色合成制备对学生的要求比较自由,

(3) 通过该实验的学习,学生可以掌握光催化材料二氧化钛的绿色制备方法,同时提高了学生的创新能力。

### 参考文献:

- [1] 赵东芹,杨慧婷.基于开放性实验的大学生科学素质培养[J].2022(5):162-165.
- [2] 付坤,王瑞,杨罕,等.高校本科生科研素养培养教育探索[J].实验室研究与探索,2017,36(3):207-211.
- [3] 张莹,张志利.实验教学中学生科研思维能力的培养研究[J].高教学刊,2017(1):29-30.
- [4] 韩强,赵莉萍,李涛,等.工程教育认证下的材料科学基础教学改革初探[J].中国现代教育装备,2017(23):33-35.
- [5] A. Fujishima, K. Honda. Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode. *Nature*, 1972, 238(238): 37-38.
- [6] G. F. Ortiz, I. Hanzu, T. Djenizian, et al. Alternative Li-ion battery electrode based on self-organized titania nanotubes. *Chem. Mater.*, 2008, 21(1): 63-67.
- [7] X. Su, Q. Wu, X. Zhan, et al. Advanced titania nanostructures and composites for lithium ion battery [J]. *J. Mater. Sci.*, 2012, 47(6): 2519-2534.
- [8] 李彦景.三维 TiO<sub>2</sub> 的绿色制备及光催化性能研究[D].海南大学,2019.