

## 科教融合的科研课堂实验教学实践与探索 ——以“金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”为例

刘俊利\*

北京航空航天大学化学学院, 北京 102206

**摘要:** 为了强化本科生拔尖人才的个性化培养, 将高水平的科研资源转化为人才培养的教学资源, 北京航空航天大学开设了科教融合的“科研课堂”微课题设计实验课程。本文以开设的“金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”微课题为例, 从教学方法、课程内容、成绩评定和学生反馈等多个环节进行实践和探索。通过充分发挥教师指导、学生主体的优势, 科研型教学模式的实施为拓展本科生科研思维、激发科研兴趣、提升科研创新能力提供了有益借鉴。

**关键词:** 科教融合; 科研课堂; 科研型实验; 研究型教学

**中图分类号:** G64; O6

## Practice and Exploration of Research-Oriented Classroom Teaching in the Integration of Science and Education: a Case Study on the Synthesis of Sub-Nanometer Metal Oxide Materials and Their Application in Battery Energy Storage

Junli Liu \*

School of Chemistry, Beihang University, Beijing 102206, China.

**Abstract:** In order to strengthen the personalized training of top talents for undergraduate students and transform high-level scientific research resources into teaching resources for talent training, Beihang University has set up the “Scientific Research Classroom” micro-project design experiment course integrating science and education. This paper takes the micro-project “Synthesis of metal oxide sub-1 nm nanomaterials and their application in battery energy storage” as an example, carries out practice and exploration from teaching methods, course content, grade assessment and student feedback. By giving full play to the advantages of teachers’ guidance and students’ main body, the implementation of research type teaching model provides beneficial reference for expanding undergraduates’ scientific research thinking, stimulating scientific research interest and enhancing scientific research innovation ability.

**Key Words:** Integration of science and education; Scientific research classroom; Research-oriented experiment; Research-based teaching

化学作为一门以实验为基础的自然科学, 其与人类进步和社会发展的关系十分密切, 可以说, 几千年来化学领域的进步和发展, 都是建立在实验基础上的<sup>[1-3]</sup>。通过进行相关化学实验, 学生可以实现理论知识与实践的有机结合, 有利于他们深入理解教材上的基本原理和规律。因而, 化学实验

收稿: 2024-04-07; 录用: 2024-05-30; 网络发表: 2024-07-04

\*通讯作者, Email: liujunli@buaa.edu.cn

基金资助: 国家自然科学基金青年基金(22305012)

教学在培养学生专业科学素养和综合创新能力方面具有十分重要的作用<sup>[4-7]</sup>。

近年来,全国各高等院校已经越来越重视实验教学,并且在实验室建设和实验教学改革方面取得了诸多成就,比如:许多先进仪器设备的投入,多种虚拟仿真、多媒体技术和软件的开发和应用等,都大幅提升了化学实验的教学效果<sup>[8-13]</sup>。但是,当前我国高校的化学实验教学依然存在不少问题亟待解决:教学体系、教学理念、教学方法等与先进的实验室硬件设施不匹配;实验课程内容设置陈旧落后,缺乏综合性、设计性和创新性,多以验证性实验为主,导致教学效果差,难以满足创新性拔尖人才培养的需求;现有的实验课程与现实的科研前沿课题脱节严重,本科阶段的实验学习难以满足研究生阶段的科研要求<sup>[14-18]</sup>。顺应新时代人才培养要求的新型实验教学课程的创立和实践已经成为当代化学实验教学改革的主旋律之一。

因此,北京航空航天大学在全校实施并推行“科研课堂”实验课程,充分利用先进的科研资源转化为教学资源,以期实现科教融通。其中,北航依托化学科研实验室开展“科研课堂”微课题设计,使学生在本科阶段即开始进入实验室,深度参与科研全过程,压实本硕博一体化。搭建“院内+校内+校外”多种平台,从而实现多学科交叉的拔尖人才育人体系。本文以开设的“金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”微课题为例,针对新型的化学实验课程的教学目标、教学方法、课程内容、成绩评定及反馈等进行系统的介绍、分析和讨论,以期为同行提供参考。

## 1 我校“科研课堂”课程开设情况

“科教融合”是目前实验教学改革热点<sup>[19-21]</sup>。科教融合是指科学研究与教育教学一体化,其本质是进一步拉近本科生基础教育与科学研究之间的距离,为本科生未来在研究生阶段进行科学研究奠定坚实的基础<sup>[22]</sup>;同时,科教融合是世界一流大学的核心办学理念,也是我国强国建设的必然选择<sup>[23]</sup>。《教育部关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见》中指出,“将最新科研成果及时转化为教育教学内容,以高水平科学研究支撑高质量本科人才培养”<sup>[1]</sup>。基于此,北京航空航天大学贯彻“厚植情怀、强化基础、突出实践、科教融通”的人才培养方针,在全校依托各学科省部级科研实验室开设了“科研导师、实验室开放日、微课题”三位一体的科研课堂实验课程,并将其纳入本科生培养方案。该门课程以必修形式作为一般专业课面向大二、大三年级学生开课,每门科研课堂单设一个课程号,每门课对应一个微课题,接收3-8名本科生选课。每个微课题建议从国家自然科学基金、国家重大科技攻关等科研项目中梳理、筛选、提炼,并要求符合本科生的学习及创新实践能力。

## 2 课程设计

面对北航化学学院现有本科生课程体系不能完全满足个性化的拔尖人才培养需求的现状,我们积极响应学院“以高水平科研带动高水平教学”的号召,围绕学院特色方向,开设了“金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”科研课堂微课题。基于强化基础、自由探索和前沿引领的人才培养模式,开放教学、科研实验室,面向大二、大三本科生开放短周期的微课题,充分发挥学院内外和校外资源,力求将高水平的科研资源转化为人才培养的资源,不断提升课程质量,强化人才个性化培养,以期实现充分调动本科生积极投身科研的兴趣,开发创新潜力。我们希望通过科研课堂微课题的科学设计和合理安排,使本科生能够从低年级即开始“零距离”接触、参与科研全过程,进而推动本硕博一体化进程。

### 2.1 教学目标

为充分贯彻北航化学学院关于化学学科拔尖人才的培养方针要求,笔者围绕化学学院特色方向——“能源材料与器件”,面向本科二年级学生开设短周期微课堂,以期激发学生解决“卡脖子”科学问题的潜能,具体的教学目标以及教学目标与毕业要求之间的关系如表1、表2所示。

表1 “金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”微课题教学目标

目标序号	目标描述
1	能够巩固扩展、综合运用所学的基础理论和专业知识,掌握设计、开展实验的方法,培养学生科学的思维方式和创新能力
2	了解纳米材料的基础前沿,熟练掌握亚纳米材料的合成原理、常用制备方法,探索该类材料在电池储能方面的性能
3	培养学生查阅文献资料,合理运用各种表征手段,分析、解决问题,团队协作,沟通交流,规范撰写学术论文等基本能力
4	培养学生严谨求实的科学态度,养成善于观察、勤于总结的好习惯,培养学生的爱国情怀,传承空天报国精神

表2 教学目标与毕业要求的支撑关系

毕业要求	课程目标与毕业要求的支撑关系*
A. 运用数学、自然科学、工程基础及相关学科和工程知识的能力	1
B. 设计与实施实验,以及分析与解释实验现象、结果和数据的能力	1, 3
C. 跟踪新理论、新知识、新技术的能力,以及终生学习的意识和能力	2, 3
D. 较强的计算机应用能力,能熟练运用外语阅读专业期刊、交流与写作	3
E. 有效沟通与团队合作及项目管理能力	3
F. 良好的人文社会科学素养、强烈的社会责任感和较高的思想道德	1, 2, 3, 4

\*课程目标与毕业要求的支撑关系中的序号与表1中的目标序号相对应

## 2.2 教学方法

本课程的教学方法将采用理论讲授、实践与研讨有机结合的方式,主要目标是带领本科生熟悉一个完整研究课题从起步到最后总结写论文的过程,激发他们的科研兴趣,提升创新能力。具体来说,本课程将有意识地将学生组成学习团队,确定分工和职责,结合课程教学进程,在文献调研、方案设计、关键技术、实验验证、成果报告等环节,拓展学生思维,激发科研兴趣,并结合新型纳米材料和电池能源行业发展、科技创新、使命担当等方面厚植空天报国情怀。

## 2.3 课程内容

“金属氧化物亚纳米材料的合成及其在电池储能方面的研究”微课题依托北京航空航天大学“仿生智能界面科学与技术”教育部重点实验室和“仿生能源材料与器件”北京市重点实验室,采用水热/溶剂热合成的方法,设计、构筑金属氧化物亚纳米材料,基于多种组分间的协同效应和特殊的亚纳米结构,进一步探究该类材料在电池储能中的性能(图1)。作为国家自然科学基金申报的重要研究内容,该科研课堂主要开展面向高性能电池储能亚纳米材料的设计和制备的研究工作,旨在培养学生的科学探索能力及团队合作精神,激发本科生的科研兴趣,引导学生掌握基本科学研究方法,培养学生独立分析问题、解决问题的能力。此外,学生可以依托此微课题的研究工作,在任课教师的指导下,参加后续北航“冯如杯”、全国大学生“挑战杯”、“全国大学生创新创业竞赛”等。本课程的主要内容及基本要求总结如表3所示。

## 2.4 成绩评定

本课程采用过程化考核评定成绩,考查内容包括:实验操作的规范性、实验设计的合理性、实验报告质量、团队协作能力、结题答辩、课程论文质量(图2)。每部分采用的考查方式为“通过”和“不通过”,每项皆为“通过”,则该课程最终评定为“通过”,若有一项不通过,则判定为“不通过”。

## 2.5 学生反馈

科教融合的科研课堂微课题得到了学生的一致认可和肯定。在课程结题答辩环节,学生们精心设计、总结了汇报答辩PPT,分别从课题背景、实验方法、实验数据分析与讨论、总结与展望、收获与体会几个方面进行了展示与讨论。通过科研课堂一学期的学习与实践,学生们基本能够了解亚纳

米材料和新能源电池的发展现状，掌握了基本的实验表征方法以及处理分析实验数据的能力。此外，同学们按照科技论文的写作要求独立完成了该课程的结题论文。论文整体构思严谨，格式规范，能够较好地分析处理实验数据，且能够独立分析问题，并对未来的实验进行合理的规划和展望。其中，学生在课程论文中总结了关于该微课题的收获，大家普遍认为，通过此次科研课堂微课题的开展受益匪浅：“通过本次科研课堂的学习，我初步接触到在亚纳米尺度调控物质组成的材料生长的新策略，为以后的科研拓展了新的思路”“经过本次科研课堂的学习，我对纳米材料的合成和性能有了初步的认知，同时也学习了解了锂离子电池的工作原理和组装方法。此外，在老师和助教的指点下，我不仅掌握了一些常用仪器的使用方法，还学会了如Origin、JADE等常用科研数据处理软件的操作方法，为日后的科研工作打下了坚实的基础”“经过与老师和助教的交流和互动，我认为此次科研课堂教学手段丰富，内容安排合理，课程目的清晰”。



图1 学生独立操作手套箱和组装的锂离子纽扣电池。

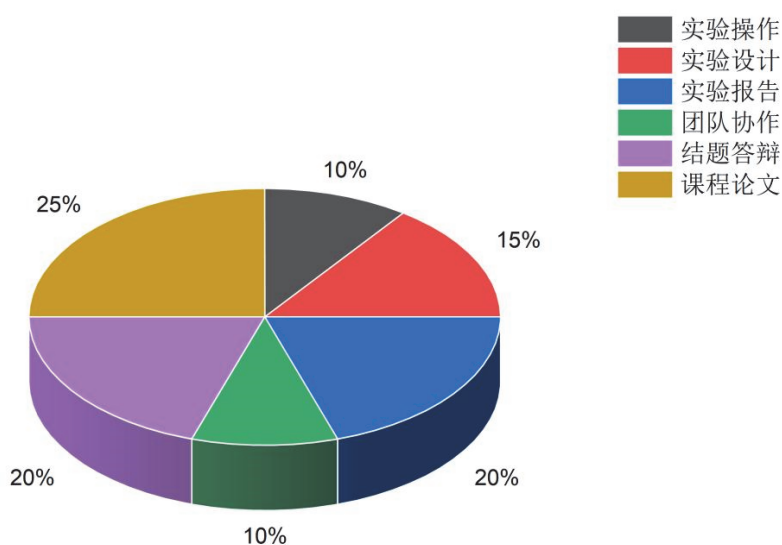


图2 学生成绩评定各项比例饼状图

电子版为彩图

表3 课程内容及基本要求

序号	教学内容	基本要求及重点和难点	学时	教学方式	对应的教学目标*
1	实验室安全培训	●基本要求: 学习实验室规章制度并掌握应急处理方法 ●重点和难点: 实践操作	1	讲授+实践	1, 2, 3
2	实验规范培训, 学习基本仪器使用方法	●基本要求: 学习掌握实验记录规范和基本科研规范; 学习掌握实验常用仪器使用方法(超声、烘箱、水热釜、离心机等) ●重点和难点: 实践操作	1	讲授+实践	1, 4
3	文献和相关科研资料的查询方法	●基本要求: 学习掌握文献调研和科研资料的查询方法, 熟练掌握常用数据库和搜索引擎的使用方法(CNKI数据库, Web of Science数据库, Google Scholar, 必应搜索引擎, 以及各类学术期刊网站等), 介绍相关微信公众号, 便于学生及时掌握最新科研动态 ●重点和难点: 实践操作	2	讲授+实践	1, 2, 3, 4
4	亚纳米材料的合成	●基本要求: 熟练掌握水热、溶剂热合成亚纳米材料的操作方法和产物后处理方法; 尝试制备金属氧化物亚纳米材料 ●重点和难点: 水热釜的使用	6	讲授+实践	1, 2, 3, 4
5	学习和掌握亚纳米材料常用的表征方法	●基本要求: 学习掌握亚纳米材料的常规表征手段(电镜、X射线粉末衍射、X射线光电子能谱、元素分析、光谱分析等) ●重点和难点: 理解每种表征手段的基本原理和用途	2	讲授+实践	1, 3, 4
6	电池电极材料的制备	●基本要求: 学习掌握常规的电池电极材料的制备方法和注意事项 ●重点和难点: 实践操作	4	讲授+实践	1, 2
7	手套箱的使用及电池的组装	●基本要求: 学习掌握手套箱的原理和操作方法, 掌握组装电池的方法 ●重点和难点: 实践操作	6	讲授+实践	1, 2, 3, 4
8	蓝电测试仪器的学习和电池性能测试	●基本要求: 学习使用蓝电测试仪器, 掌握基本原理, 学习基本的电池性能测试方法 ●重点和难点: 实践操作	4	讲授+实践	1, 2, 3, 4
9	结题答辩	●基本要求: 制作PPT, 总结制备得到的亚纳米材料的结构、组成及其相应的电池性能, 并尝试讨论分析构效关系 ●重点和难点: 讨论分析, 总结规律, 解释机理	2	答辩+研讨	1, 2, 3, 4
10	课程论文写作	●基本要求: 学习掌握学术论文的写作规范, 撰写课程论文 ●重点和难点: 实践操作	4	讲授+实践	1, 2, 3, 4

\*对应的教学目标中的序号与表1中的目标序号相对应

### 3 结语

科研导师指导、学生为主体的科研课堂实验课程的开展, 可以充分发挥科研和教学融合的优势, 借助国家重点实验室先进的仪器测试平台, 使学生们能够“零距离”接触、参与到实际的科研中, 不再是“纸上谈兵”。同时, 学生在微课题开展过程中, 在助教和老师的指导下, 逐步学习如何查阅文献、设计实验、表征样品, 分析、处理、汇总实验数据。通过参与此次微课题, 学生在一定程度上对一个完整科研课题的实施和完成有了一个相对全面的了解, 培养了学生们团队协作的意识, 逐步提升了他们分析问题和解决问题的能力, 充分激发了本科生走进实验室参与科研的热情和信心。虽然, 科研课堂课时只有一学期, 但结课对学生来说只是他们参与科研的开始, 这将成为更多本科生进入实验室长期参与科研的良好契机和平台, 在很大程度上为培养创新型化学拔尖人才奠定了坚实基础。

参 考 文 献

- [1] 李厚金, 陈六平, 张树永. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2108010.
- [2] 田东亮. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2105031.
- [3] 宰建陶, 陈虹锦, 魏霄, 张利, 马荔, 钱雪峰. 大学化学, **2024**, *39* (4), 40.
- [4] 李育佳, 朱成建, 张剑荣. 大学化学, **2020**, *35* (2), 6.
- [5] 任艳平. 大学化学, **2017**, *32* (1), 15.
- [6] 张树永, 朱亚先, 张剑荣. 大学化学, **2018**, *33* (10), 1.
- [7] 樊友军, 蔡丹丹, 陈卫, 邱建华. 大学化学, **2024**, *39* (4), 119.
- [8] 王彬, 秦川丽, 刘一夫, 孙少平. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2109086.
- [9] 龚良玉, 王杰, 杜丰玉, 徐鲁斌, 马传利, 颜世海, 宋祖伟, 刘福恒, 王修中. 大学化学, **2024**, *39* (4), 26.
- [10] 闫晓义, 马强, 谷月, 魏士刚, 张志权, 郭玉鹏. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2105037.
- [11] 赵浩, 高珍, 李维红. 大学化学, **2024**, *39* (4), 7.
- [12] 钱建刚, 田东亮, 鹿现永. 大学化学, **2022**, *37* (1), 2103060.
- [13] 朱平平, 谢永军, 易院平, 黄渝, 周强, 肖石燕, 杨海洋, 何平笙. 大学化学, **2024**, *39* (2), 83.
- [14] 张树永, 朱亚先, 张剑荣. 大学化学, **2018**, *33* (10), 1.
- [15] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2018**, *33* (1), 7.
- [16] 张树永, 张剑荣, 陈六平. 大学化学, **2016**, *31* (9), 1.
- [17] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2018**, *33* (10), 13.
- [18] 卜春苗, 王固霞. 大学化学, **2024**, *39* (1), 29.
- [19] 黎朝, 温庭斌, 吴伟泰, 张延东, 曹晓宇, 朱亚先, 吕鑫. 大学化学, **2021**, *36* (5), 2010002.
- [20] 孙长艳, 范慧俐, 弓爱君, 王明文. 大学化学, **2023**, *38* (3), 53.
- [21] 袁艺, 李宁, 委育秀, 陈晨, 黄建国, 林旭锋, 李啸风, 王从敏, 王勇, 王鹏. 大学化学, **2022**, *37* (6), 2108019.
- [22] 胡水, 李厚金, 臧真明, 李莲云, 赖璐. 大学化学, **2024**, *39* (4), 314.
- [23] 李彦琴, 张洁, 王卫, 杨金凤, 于锋. 大学化学, **2021**, *36* (6), 2008044.