

江西省一流本科课程申报书

(虚拟仿真实验教学课程)

课程名称：新能源材料设计与制备

专业类代码：080414

负责人：邱小林

联系电话：17370020515

申报学校：南昌理工学院

填表日期：2021. 11. 08

推荐单位：江西省教育厅

江西省教育厅 江西高校虚拟仿真实验教学管理中心

二〇二一年九月

填报说明

- 1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。
- 2.文中○为单选；□可多选。
- 3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。
- 4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
- 5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。
- 6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	新能源材料合成实验--氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征	是否曾被推荐	○是●否
实验所属课程 (可填多个)	新能源材料设计与制备		
性质	○独立实验课 ●课程实验		
实验对应专业	新能源材料与器件		
实验类型	●基础练习型 ○综合设计型 ○研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	<input checked="" type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	●中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)		
实验已开设期次	共 2 次: 1. 2020.03-2020.06、39 人 2. 2020.09-2021.01、53 人		
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验室入口网页, 不允许仅为文件下载链接) http://xnycl.ilab.nut.edu.cn		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 总人数限 5 人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	邱小林	1962.07	新能源与环境工程学院	理事长	教授	13970939866	1013470412@qq.com	项目总负责/在线教学服务
2	张文展	1990.05	新能源与环境工程学院	科研秘书	讲师	17370020515	jawenzhan@163.com	设计实验、脚本编写、对外联络/在线教学服务
3	安军伟	1982.09	新能源与环境	教师	教授	15810532852	jawenzhan@163.com	实验指导/在线教学服务

			工程 学 院					
4	杜江 洪	1958.06	新能 源 与 环 境 工 程 学 院	院 长	教 授	13970819557	1013470412 @qq.com	实 验 指 导/ 在 线 教 学 服 务
5	甘志 凯	1984.06	新能 源 与 环 境 工 程 学 院	副 院 长	讲 师	18070095695	19763701@q q.com	实 验 教 学/ 在 线 教 学 服 务

2-2 团队其他成员

序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	李清忠	1984.06	南昌理工学院	网络中心 副主任	讲师	网络技术 支持
2	廖丹	1987.01	南昌理工学院	教师	讲师	实验教学/在 线教学服务
3	裘承	1981.05	南昌理工学院	实验室主 任	讲师	实验教学/在 线教学服务
4	周冬兰	1980.10	南昌理工学院	教师	讲师	实验教学/在 线教学服务
5	陶文超	1986.04	江西灵境网络科技有限公 司	项目经理	软件工 程师	软件开发/技 术支持
6	詹方旭	1988.08	江西灵境网络科技有限公 司	技术员	软件工 程师	软件开发/技 术支持
7	黄云龙	1990.12	江西灵境网络科技有限公 司	技术员	软件工 程师	软件开发/技 术支持

团队总人数：12人 其中高校人员数量：9人 企业人员数量：3人

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

为了提高本科生实践实验能力，也为了更好的实现教学与科研的对接，我们在新能源材料与器件专业的本科教学中设置了氧化石墨烯纳米银复合材料制备的实验。该虚拟仿真实验已经进行了 2 个学期，效果良好，该实验课程弥补了实验器材的不足，减少危化品的使用风险，提高安全性，同时减少大型昂贵器材的购入，降低成本。

1、主持的教学研究课题

- (1) 加快有特色高水平民办本科高校建设, 江西省教育厅民办教育发展规划项目;
- (2) 高职教育新体系的研究与实践, 江西省教育科学项目。

2、发表的教学研究论文

- [1] 姚怀生, 邱小林. 论城市化社区法律纠纷的制度构建 [J]. 河北法学, 2016, 34(04): 105-113.
- [2] 姚怀生, 邱小林. 城市化社区法律治理结构理论与实践构想 [J]. 人民论坛, 2015(29): 92-94.
- [3] 周亦人, 邱小林. 大学生就业薪酬差异测度研究——以江西为例 [J]. 价格月刊, 2015(04): 91-94.
- [4] 姚怀生, 邱小林. 社区城市化问题的法律治理研究 [J]. 人民论坛, 2015(02): 102-104.

3、近五年承担的学术研究课题

- (1) 基于光纤通信线缆石墨烯复合电磁屏蔽层的制备与研究, 江西省教育厅 2017 年度科学技术研究青年项目, 2018/01-2019/12, 项目骨干;
- (2) 新型太空航天员食品“紫背天葵”活性物质的提取及成分研究, 2017 年度江西省南昌市人民政府洪城特聘专家项目, 2017/07-2018/06, 项目负责人;
- (3) 基于紫背天葵维生素 K 航天食品的研究, 江西省教育厅 2016 年度科学技术研究项目, 2017/01-2018/12, 项目负责人;
- (4) 振弦式高精度微波陀螺的工作机理研究, 2016 年度国家自然科学基金 2017/01-2020/12, 项目骨干;

4.近五年发表的学术论文

- [1] 张文展, 刘定荣, 全才兵, 邱小林*. 聚酰亚胺基电磁屏蔽材料研究进展 [J]. 化工新型材料, 2020, 48(10): 10-14.
- [2] 肖和, 张文展, 邱小林, 陆志香. Mg²⁺和 F⁻共掺杂提高 LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂ 电化学性能 [J]. 硅酸盐通报, 2020, 39(03): 890-895.
- [3] Wenzhan Zhang, Xiaolin Qiu, Fatang Tan, Wei Wang, Xueliang Qiao & Jianguo Chen. In situ synthesis of polyimide-based solid lubricating films on the surface of aluminium alloy with improved tribological performance [J]. Plastics, Rubber and Composites, 2020, 49(01), 1-9.
- [4] 邱小林, 邱震钰. 石墨烯掺杂对镁锂合金微弧氧化膜 Cl⁻ 腐蚀敏感性的研究

[J].失效分析与预防,2019,14(02):106-110.

[5]张文展,谈发堂,王维,乔学亮,陈建国,邱小林.MoS₂、Graphite 基聚酰亚胺润滑薄膜的制备及其性能研究[J].化工新型材料,2017,45(06):52-54+57.

5、近五年获得的学术研究表彰/奖励

(1) 主持的《“嫦娥”巡天看中华》项目获江西省科学技术进步奖二等奖，江西省科技厅，排名第二，2019年。

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

石墨烯是未来能源、信息及医疗等行业应用中的一颗璀璨明珠，能掌握水浴法制备氧化石墨烯纳米银复合材料备受企业青睐。但实验中需要使用复杂的 Hummer 法和大型仪器。特别是在实验中有很多步骤是需要添加强酸类和强氧化性物质，具有很强的腐蚀性，同时还会释放出大量的热量，实验存在很大的危险性。同时材料结构表征会涉及精密贵重仪器，实体教学难以普及。因此开发“氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征”虚拟仿真实验平台是十分必要的。

该项目通过将虚拟实验和真实实验场景有机结合，逼真再现了石墨烯纳米银复合材料制备和结构表征的过程，三维沉浸式仿真实验场景极大的激发了学生地学习兴趣，提升了教学效果。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本实验的具体教学目标是：

（1）了解石墨烯的合成方法及原理，掌握利用复杂的改良 Hummer 法制备石墨烯的方法和水浴法合成复合材料的基本操作，提高线下合成复合材料的成功率；

（2）熟悉表征石墨烯及其复合材料的结构和形貌的基本方法，掌握相关测试仪器的原理及操作方法。

（3）培养学生的动手能力，提高学生的实践素养和解决问题的能力。

（4）通过虚拟仿真实验规避浓硫酸、高锰酸钾、双氧水等强腐蚀性试剂的高危险性和高腐蚀性，提高实验安全性。

（5）通过虚拟仿真实验的表征环节，预先熟悉大型仪器如 X 射线衍射仪（XRD）、扫描电子显微镜（SEM）的操作，缓解线下仪器数量限制，提高学生操作仪器的效率，降低实验成本。

3-3 实验课时

（1）实验所属课程课时：48 学时

（2）该实验所占课时：4 学时

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

石墨烯具有优异的光学、电学、力学特性，在材料学、能源、生物医学和药物传递等方面具有重要的应用前景，被认为是一种未来革命性的材料，石墨烯常见的生产方法为机械剥离法、氧化还原法、SiC 外延生长法，薄膜生产方法为化学气相沉积法 (CVD)。目前实验室关于氧化石墨烯 (GO) 制备的方法主要采用改良的 Hummer 法，而氧化石墨烯纳米银复合材料 (GO@Ag) 的制备大多采用热还原水浴法制备。

(1) 氧化石墨烯的制备

改良的 Hummer 法主要是控制石墨粉、浓硫酸、稀硫酸和双氧水等反应物的比例、时间、温度等制备氧化石墨烯，基本化学反应原理如图 1 所示。仿真实验中，真实再现了氧化石墨烯合成的整个工艺流程。

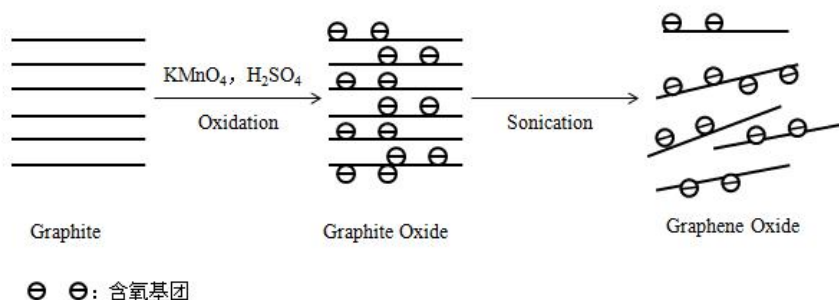


图 1 制备氧化石墨烯基本化学反应原理

(2) GO@Ag 复合材料的制备

GO@Ag 复合材料的制备主要是利用热还原水浴法将制备好的 GO 和配制好的 AgNO_3 溶液在 NaBH_4 溶液中经过复杂反应制得。水浴法是先在一个大容器里加上水，然后把要加热的容器放入加入水的容器中。加热盛水的大容器通过加热大容器里的水再把热量传递给需要加热的容器里，达到均匀加热的目的，如图 2 所示。本实验模拟的是在恒温水浴锅中进行反应，如图 3 所示。GO@Ag 复合材料的制备过程和仪器设备操作均可在虚拟仿真平台中进行真实 3D 模拟。

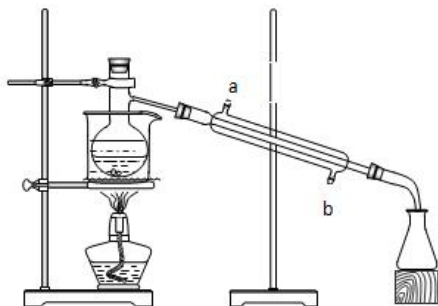


图 2 水浴加热示意图



图 3 数显恒温水浴锅

(3) XRD 对 Ag、GO 和 GO@Ag 进行物相分析

石墨烯及其复合材料的物相分析使用 X 射线衍射仪 (XRD)。X 射线的波长和晶体内部原子面之间的间距相近,晶体可以作为 X 射线的空间衍射光栅,即一束 X 射线照射到物体上时,受到物体中原子的散射,每个原子都产生散射波,这些波互相干涉,结果就产生衍射(如图 4 所示),满足布拉格方程: $2d\sin\theta=n\lambda$ 。衍射波叠加的结果使射线的强度在某些方向上加强,在其他方向上减弱。分析衍射结果,便可获得晶体结构。仿真实验中,利用 XRD 设备进行材料结构表征的过程能在虚拟仿真平台中真实再现。

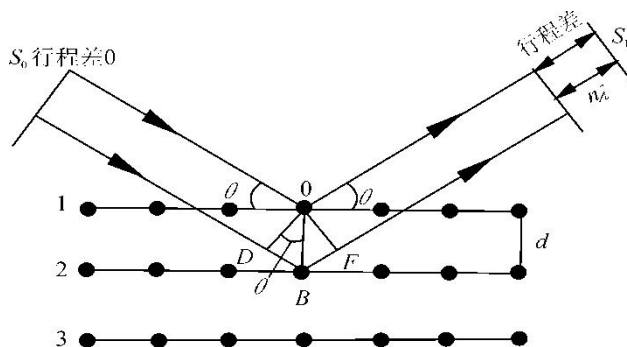


图 4 布拉格方程导出图

虚拟仿真环境中学生可以生动直观地了解 X 射线工作原理,了解利用 X 射线衍射仪鉴定物相的方法。

(4) SEM 对 GO@Ag 进行形貌分析

石墨烯及其复合材料的表面形貌观察使用扫描电子显微镜 (SEM)。扫描电镜 (SEM) 是用聚焦电子束在试样表面逐点扫描成像。试样为块状或粉末颗粒,成像信号可以是二次电子、背散射电子或吸收电子。其中二次电子是最主要的成像信号。由电子枪发射的电子,以其交叉斑作为电子源,经二级聚光镜及物镜的缩小形成具有一定能量、一定束流强度和束斑直径的微细电子束,在扫描线圈驱动下,于试样表面按一定时间、空间顺序作栅网式扫描。聚焦电子束与试样相互作用,产生二次电子发射以及背散射电子等物理信号,二次电子发射量随试样表面形貌而变化。二次电子信号被探测器收集转换成电讯号,经视频放大后输入到显像管栅极,调制与入射电子束同步扫描的显像管亮度,得到反映试样表面形貌的二次电子像。仿真实验中,利用 SEM 设备进行材料形貌表征的过程能在虚拟仿真平台中真实再现。

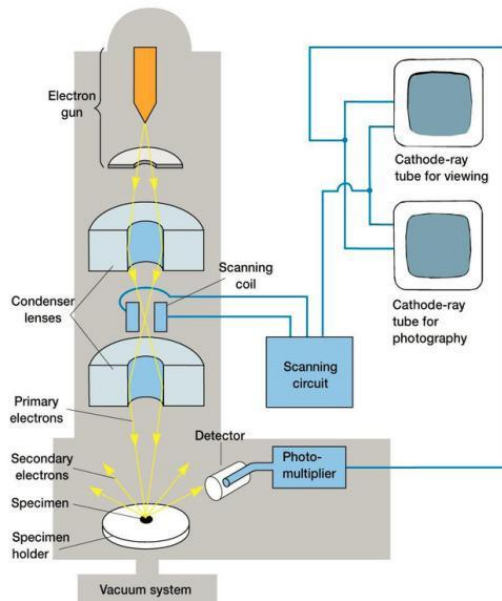


图 5 扫描电镜工作原理图

虚拟仿真环境中学生可以生动直观地了解扫描电子电镜的工作原理，了解利用扫描电子电镜观察材料微观形貌的方法。

知识点：共 6 个

1. 改良的 Hummer 法
2. 水浴加热法
3. 氧化石墨烯的制备
4. 氧化石墨烯纳米银复合材料的制备
5. XRD 表征方法及原理
6. SEM 表征方法及原理

(2) 核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

①对实验中用到的石墨粉、高锰酸钾粉末、硝酸银粉末、硼氢化钠粉末、浓硫酸、稀硫酸和双氧水等反应物进行了仿真设计，各种粉末均做出标记，浓硫酸、稀硫酸和双氧水为白色液体，分别装在不同的试剂瓶中，试剂瓶均有标注，以示区分。

②实体实验所需仪器设备为三口烧瓶、恒温水浴锅、离心机、超声清洗机、干燥箱、烧杯、烧瓶、玻璃棒、温度计、磁力搅拌器、XRD 衍射仪、扫描电子显微镜等，虚拟仿真实验中均做了高度还原设计。

③实验过程中，需要辨别清楚各种样品和试剂，并按实验步骤点击操作各种材料和设备，鼠标点击正确，操作正确，那么实验样品会自动移动会进行混合操作，操作的设备也会显示具体的参数。

3-5 实验教学过程与实验方法

实验教学过程包括“课前预习”，要求学生提前具备良好的实训素养和相关的
基本实践技能，基本的三维认识能力和熟练的计算机操作能力，并且按照试验指
导书了解学习有关理论知识，让学生在电脑上进行该实验的虚拟操作，熟悉
Hummer 法流程，掌握冰浴法和水浴加热法进行物质反应的技巧、危化品的安全
操作、及水浴锅、磁力搅拌器、离心机、XRD 和 SEM 设备的使用；“课中实训”，
采用探究式、交互式教学方法，要求学生按照虚拟仿真平台中的提示进行操作，
学会石墨烯及其复合物合成工艺和结构表征的各种大型仪器设备，练习结束后申
请考核，进行考核环节，系统自动记录操作成绩，不及格者需要重新进行实训操
作练习；“课后提交试验报告”，学生实训操作结束后需进行实验考核并提交试
验报告和心得体会，最终成绩由任课教师综合评定。

实验方法是通过虚拟仿真软件逼真再现石墨烯及其复合材料的合成和结构表
征的试验环境与实验过程。在虚拟环境中完成实验样品的合成，仪器操作及结构
表征方法等环节训练的教學目的。

具体方法为：采用改良的 Hummer 法，主要是控制石墨粉、浓硫酸、稀硫酸
和双氧水等反应物的比例、时间、温度等制备氧化石墨烯；GO@Ag 复合材料主
要是利用热还原水浴法将制备好的 GO 和配制好的 AgNO₃ 溶液在 NaBH₄ 溶液
中经过复杂反应制得。利用 X 射线衍射仪、扫描电镜对合成的石墨烯及其复合材
料的结构和成分进行分析。学生完成后可申请考核，考核后需提交试验报告及实
验心得体会。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验
交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（1）学生交互性操作步骤，共 11 步

步骤 序号	步骤目标 要求	步骤合理 用时	目标达成度 赋分模型	步骤 满分	成绩类型
1	冰浴反应容 器的搭建	10	按操作正确与 否给分	15	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input checked="" type="checkbox"/> 实验报告 <input checked="" type="checkbox"/> 预习成绩 <input checked="" type="checkbox"/> 教师评价报告
2	石墨与浓硫 酸的冰浴反 应	5	按操作正确与 否给分	10	
3	水浴锅搭建	2	按操作正确与	10	

			否给分	
4	氧化石墨烯溶液制备	5	按操作正确与 否给分	10
5	超声处理GO	2	按操作正确与 否给分	5
6	配制 NaBH ₄ 溶液和 AgNO ₃ 溶液	3	按操作正确与 否给分	10
7	配制混合溶液	5	按操作正确与 否给分	5
8	水浴反应	10	按操作正确与 否给分	10
9	过滤清洗	8	按操作正确与 否给分	5
10	样品的结构表征	3	按操作正确与 否给分	10
11	样品的成分及形貌表征	2	按操作正确与 否给分	10

(2) 交互性步骤详细说明

步骤 1: 冰浴反应容器的搭建

从冰箱中取出适量冰块，放置在 500ml 的烧杯中，并向其中加入适量的蒸馏水，形成冰水混合物反应容器。

步骤 2: 石墨与浓硫酸的冰浴反应

取 120ml 浓硫酸于 300ml 烧杯中，并将其置于冰水混合物反应容器中，冰浴搅拌使温度小于等于 4°C，在搅拌条件下，依次加入 4g 石墨粉，2g NaNO₃。

随后缓慢加入 12g KMnO₄，并不断搅拌使温度小于等于 10°C。

步骤 3: 水浴锅搭建

搭建好水浴锅，反应两小时后从冰浴中取出置于水浴锅中，将温度升至 35°C，反应 30min。

步骤 4: 氧化石墨烯溶液制备

缓慢加入 240ml 稀硫酸（5%），利用水浴锅控制温度在 60°C，反应 1h 后，将溶液冷却至室温，加入 12ml H₂O₂，溶液变为亮黄色。用 3% 的稀硫酸+0.5% 的 H₂O₂ 混合液，离心洗涤 10 次，再用 3% 的盐酸洗 5 次，最后用去离子水洗 3 次得

GO, 干燥 (45°C)。取 1g GO, 加入 1L 去离子水, 超声 1h 后静置 24h, 取上层清液即为氧化石墨烯溶液。

步骤 5: 超声处理 GO

取 GO 溶液 160ml, 配制成 800ml 溶液, 超声 10min 左右。

步骤 6: 配制 NaBH₄ 溶液和 AgNO₃ 溶液

配制 NaBH₄ 溶液, 取 6.84gNaBH₄ 配制成 60ml 溶液; 配制 AgNO₃ 溶液, 取 0.816gAgNO₃ 配制成 80ml 溶液。

步骤 7: 配制混合溶液

往配好的 GO 溶液中加入 AgNO₃ 溶液 48ml, 搅拌 10min; 随后加入 NaBH₄ 溶液 24ml, 室温搅拌 20min 左右, 获得混合溶液。

步骤 8: 水浴反应

将混合液放入 70°C 水浴中加热搅拌, 反应 50min 后取出。

步骤 9: 过滤清洗

先用蒸馏水洗两遍, 再用酒精洗两遍, 得到 GO@Ag 复合材料。

如需干燥, 注意抽滤速度不能太快, 以免 GO/Ag 结成块状, 不好分散。(干燥温度在 45-50°C)

步骤 10: 样品的结构表征

打开 X 射线衍射仪, 用 XRD 对样品结构进行表征。

步骤 11: 样品的成分及形貌表征

打开扫描电镜, 用 SEM 对样品成分及形貌进行表征。

3-7 实验结果与结论 (说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论)

- (1) 是否记录每步实验结果: 是 否
- (2) 实验结果与结论要求: 实验报告 心得体会 其他
- (3) 其他描述:

学生实训操作练习结束后进行考核, 考核成绩由软件自动记录评判。学生课下需要撰写并提交试验报告和实验心得体会。实验报告包括实验目的、实验原理、实验仪器、实验内容和步骤、实验注意事项、实验结果分析等内容。实验目的要求学生了解该实验的意义及目的; 实验原理要求学生掌握实验的基本理论知识, 绘制相应的原理图; 实验仪器要求学生列出本次实验所需的仪器, 并了解仪器的

操作方法；实验内容和步骤要求学生简述操作步骤及操作过程中需要注意的事项等；实验结果分析要求学生实验过程出现的问题及最后的结果进行合理分析。实验心得体会包括学生对该实验的认知、从本实验中学到什么，对本实验的建议与意见等。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

专业：新能源材料与器件、新能源科学与工程、应用化学、材料化学类专业，其他专业及其他年级的学生也可进行虚拟仿真实验操作练习。

年级：3-4 年级

(2) 基本知识和能力要求

完成材料科学基础、基础化学等理论课及实验课程。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019 年 1 月 10 日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 588 人，外校 695 人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：4，具体专业：新能源科学与工程、能源动力与工程、新能源材料与器件、新能源汽车与工程

教学周期：2，学习人数：92 人

(4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否

(5) 社会开放时间：2019 年 12 月 31 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：466 人

4. 实验教学特色

(该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色, 限800字以内)

(1) 实验方案设计思路:

在复合材料及纳米材料的制备中经常会用到水浴法, 同时石墨烯材料是未来能源、信息及医疗等行业应用中的一颗璀璨明珠, 能掌握利用水浴法制备氧化石墨烯纳米银复合材料的方法和技能备受企业青睐。因此江西省太阳能光电材料重点实验室新能源材料教学科研团队将研究成果中操作性强、启发性好、有较好的应用价值的氧化石墨烯纳米银复合材料制备实验引入到本科材料合成实验教学课程中。该实验已应用于材料类专业本科实验教学中, 进一步提高了学生的动手实验能力, 也激发了学生对科学研究的兴趣。

氧化石墨烯纳米银复合材料制备实验要求学生能够熟练操作水浴锅、离心机及各种专业仪器, 以保证实验的顺利进行, 得到预想的反应产物, 这具有一定的难度, 实体教学中学生很难通过一次实验就能够顺利完成任务。且实验中有很多步骤是需要添加强酸类和强氧化性类物质, 具有很强的腐蚀性, 同时还会释放出大量的热量, 实验存在很大的危险性。同时材料结构表征会涉及精密贵重仪器, 实体教学难以普及。因此开发虚拟仿真实验平台“新能源材料合成实验——氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征”具有重要价值。学生通过虚拟仿真实验平台可提前进行学习, 熟悉各种操作流程, 从而缓解线下实验的压力, 也提高了学生主动学习的动力。

(2) 教学方法创新:

为了提高本科生实践实验能力, 也为了更好的实现教学与科研的对接, 我们在新能源材料与器件专业的本科教学中设置了氧化石墨烯纳米银复合材料制备的实验, 该实验是由科研反哺教学而自行设计的大型综合实验, 实验需要使用科研中常用的 Hummer 法、冰浴法和水浴加热法等, 对于本科生比较陌生, 学生在实际实验操作中不免会产生很多错误, 例如高温下的磁力搅拌操作、离心机的使用、不同原料的加料方式等, 特别是在实验中有很多步骤是需要添加强酸类和强氧化性类物质, 具有很强的腐蚀性, 同时还会释放出大量的热量, 实验存在很大的危险性。另外为了验证实验是否成功, 需要利用 XRD 和 SEM 等设备对合成的

GO@Ag 复合材料进行表征，而 XRD 和 SEM 设备价格昂贵。因此，为了提高实验安全性和降低实验成本有必要使用虚实结合的教学方法。

(3) 评价体系创新：

根据学生线下和线上实验过程的教学大数据与实验的预习情况、操作熟悉程度、数据处理、实验报告等环节综合评分，引导学生深度学习，实现个性化的实验教学过程。

(4) 对传统教学的延伸与拓展：

(a) 线上虚拟仿真实验和线下实验教学虚实结合，实为主，虚为辅，为传统实验教学开发出新的实验教学模式，提高实验效率和学生的参与感。

(b) 虚拟仿真实验可以弥补实验器材的不足，减少危化品的使用风险，提高安全性，同时减少大型昂贵器材的购入，降低成本。

(c) 虚拟仿真实验开发的标准化技术及标准化接口是虚拟实验平具备良好的延伸性和扩展性，既能满足师生的实验需求，也能服务与相关学科的科研院所及企业。

5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源：教学指导书 教学视频 电子教材 课程教案

(申报系统上传) 课件 (演示文稿) 其他

(2) 实验指导资源：实验指导书 操作视频 知识点课件库 习题库

(申报系统上传) 测试卷 考试系统 其他

(3) 在线教学支持方式：热线电话 实验系统即时通讯工具 论坛

支持与服务群 其他

(4) 5 名提供在线教学服务的团队成员；3 名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供 8 小时/日的在线服务。

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求 (需提供测试带宽服务)

(网页端需求)

20M 以上带宽。经测试客户端到服务器的带宽要求为 20 M 及以上。本次带宽初步测试基于主流计算机配置, 模拟真实网络学习环境, 最大限度的还原用户上网学习虚拟仿真实验项目的需求。测试一: 物理连接链路测试, 测试方法: 与连入 internet 的虚拟仿真实验项目网站进行 PING 操作, 测试目的: 测试延迟情况和丢包情况; 测试二: 测试线路带宽质量, 测试目的: 测试不同 ip 访问实验页面的加载速度, 测试方法: 通过 IP 代理, 记录电脑端不同地域 IP 打开虚拟仿真实验项目网页的速度。测试结果现总结如下: ①当客户端到服务器带宽小于 20 M 的时候, ping 主流网站的延时值都较高, 丢包情况也很严重, 基本上保持在 50ms 以上甚至更高, 丢包率也基本大于 5%; ②当客户端到服务器带宽小于 20 M 的时候, 在不同 IP 对本虚拟仿真实验网页打开的随机测试中, 网页打开速度较慢, 三维模型的加载有明显卡顿, 打开测试很不理想。所以建议用户端到服务器的带宽要求为 20 M 及以上。

(客户端需求)

仅需要测试客户处于联网状态, 保证实验结果能有效上传。

(2) 说明能够支持的同时在线人数 (需提供在线排队提示服务)

网页端:

本虚拟仿真实验项目的服务器能够提供的并发响应的最佳数量为 1000 人。我们通过测试, 模拟用户在数据量为 500 到 5000 的情况下, 每分钟增加用户数 100 个进行循环递增, 最终测试用户达到 5000 的在线访问量, 进行多次连续测试, 模拟真实使用环境的压力负载, 并监控各项性能指标。

经过以上测试, 当用户数在 1000 以下时, 各项业务操作均能流畅进行; 当用户数上升至 3000 时, 在线虚拟实验操作的实验模块下载会出现卡顿现象, 其它业务操作能够顺利进行; 当用户数上升至 5000 人以上时, 业务操作出现假死现象。

据本次性能测试的结果, 当用户数 1000 以下, 并发进行业务操作时, 基本能够维持平台的正常运行; 当用户数超过 3000 时, 服务器的 CPU 占用持续达到 100%, 并出现假死现象, 系统不能够正常运行。

因此经测试该项目支持 1000 个学生同时在线并发访问和请求, 如果单个实验被占用, 则提示后面进行在线等待, 等待前面一个预约实验结束后, 进入下一个预约队列。

客户端:

无需排队, 仅需要用户电脑配置达到运行最低要求。

6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

（网页端需求）

Windows 操作系统：Windows7 / 10 32bit 64bit

MAC 操作系统：OS X 10.0 及以上

（客户端需求）

Windows 操作系统：Windows10 64bit

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

平板电脑：要求操作系统 win10/OS X 10.0/Android 6.0

(3) 支持移动端：●是 ○否

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器 IE 浏览器 360 浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件 ●是 ○否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）谷歌浏览器、火狐浏览器、或者为谷歌和火狐内核的其它 64 位浏览器（如：360 浏览器、急速浏览器等）。

插件容量：700M

下载链接：<https://www.google.cn/chrome/>、<http://www.firefox.com.cn/download/>

（客户端需求）

客户端自动检测，点击安装插件即可。

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

建议使用 64 位浏览器

6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

(1) 计算机硬件配置要求

处理器：Intel Core i5 2.6GHz 及以上

内存：4GB RAM 及以上

图形：2GB 显存及以上

存储空间：可用磁盘空间 10 GB 以上

(2) 其他计算终端硬件配置要求

平板电脑要求 CPU 主频在 2.2GHz 及以上，4GB 内存及以上

6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求：●无 ○有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

(1) 证书编号：

360100-43010-20002

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明



7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标	内容
系统架构图及简要说明	项目基于 Unreal Engine 开发，针对 HTML5 平台进行封装

	<p>系统总体架构图</p> <p>仿真层: 虚拟场景, 图形绘制, 场景构建, 实验数据分析, 实验报告生成</p> <p>数据层: 用户信息, 实验数据, 设备信息</p> <p>服务层: 实验实训, 考核系统, 引导系统, 数据统计</p> <p>应用层: 实验目的, 方案流程, 进行实验, 提交数据</p> <p>安全管理: 身份认证, 认证中心, 访问控制, 服务部署, 服务管理</p> <p>计算与存储平台: 网络计算能力, 实验计算能力</p>	
实验 教学	<p>开发技术</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>VR <input checked="" type="checkbox"/>AR <input checked="" type="checkbox"/>MR <input checked="" type="checkbox"/>3D 仿真 <input checked="" type="checkbox"/>二维动画</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>HTML5</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>其他</p>
	<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input checked="" type="checkbox"/>3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/>Maya</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>ZBrush <input checked="" type="checkbox"/>SketchUp <input checked="" type="checkbox"/>Adobe Flash</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Unreal Development Kit <input checked="" type="checkbox"/>Animate CC</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>Blender <input checked="" type="checkbox"/>Visual Studio</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>其他</p>
	<p>运行环境</p>	<p>服务器 CPU20 核、内存 32GB、磁盘 1000GB、显存 8GB、GPU 型号 <u>Matrox G200eR</u></p> <p>操作系统 <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input checked="" type="checkbox"/>Linux <input checked="" type="checkbox"/>其他 具体版本: <u>Windows Server</u></p> <p>数据库 <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input checked="" type="checkbox"/>SQL Server <input checked="" type="checkbox"/>Oracle <input checked="" type="checkbox"/>其他 <u>Mysql</u></p> <p>备注说明 (需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明)</p> <p>是否支持云渲染: ○是 ●否</p>
	<p>实验品质 (如: 单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)</p>	<p>单场景模型总面数: 2000 万面</p> <p>贴图分辨率: 2048*2048</p> <p>动作反馈时间: 8.33ms</p> <p>显示刷新率: 120FPS</p> <p>分辨率: 1920*1080</p>

8. 实验教学课程持续建设服务计划

(本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 课程持续建设

日期	描述
第一年	配备专门的研发、教学、服务及技术人员 8 人
第二年	完善系统的各个环节漏洞
第三年	向仿真平台增加 1 个基础实验项目
第四年	向仿真平台增加 1 个基础实验项目
第五年	向仿真平台增加 1 个基础实验项目

其他描述:

学校的“实验虚拟仿真实验平台”已初步建成,并且学校配备了专门的研发、教学、服务及技术人员组成的团队,维护平台运行所需的软硬件环境,保证平台的日常运行,和学生与其他用户进行线上交流答疑,还对功能及运行过程中出现的各种问题进行持续总结更新。依托学校的该平台,虚拟仿真实验“新能源材料合成实验——氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征”将会得到进一步完善,并将对外开放。

(2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	50	1000	50	500
第二年	40	800	40	400
第三年	30	600	30	300
第四年	20	400	20	200
第五年	20	400	20	200

其他描述:

虚拟仿真实验“新能源材料合成实验——氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征”完善后推广。该实验适合化学、材料、应用化学等专业本科生,同时也适合材料、化学等学科的研究生。1年内面向高校我们将免费开放并提供教学服务,1年后至3年内免费开放服务内容不少于60%,3年后免费开放内容不少于40%。

虚拟仿真实验“新能源材料合成实验——氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征”完善后推广。该实验适合化学和材料类科研院所及相关企业。1年内面向社会我们将免费开放并提供教学服务,1年后至3年内免费开放服务内容不少于60%,3年后免费开放内容不少于40%。

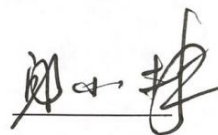
9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征虚拟仿真实验教学软件 V1.0
是否与课程名称一致	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
	<input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部
软件著作权登记号	2020R11L1019219
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：



2021年11月08日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

政审证明

因我校申报 2020 年度省级虚拟仿真实验教学项目的需要，现对“新能源材料合成实验—氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征的虚拟仿真项目”政治导向进行把关，该项目严格遵守国家的宪法和法律，无任何违法违规行为。

项目主要成员五人，主持人邱小林，男，生于 1962 年 7 月，教授职称，现任南昌理工学院理事长。

项目组所有其他成员均为南昌理工学院教职工，他们思想坚定，拥护中国共产党的领导，工作积极、作风正派、无违规违纪行为，特此证明！

中共南昌理工学院委员会

2020年7月2日

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

[由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于3名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。]

学术性评价意见

课程名称	氧化石墨烯纳米银复合材料的制备与表征	课程负责人	邱小林
单位	南昌理工学院新能源与环境工程学院		

该课程通过虚拟平台与真实场景有机结合，逼真呈现出石墨烯纳米银复合材料制备和结构表征的过程，克服了实体教学操作危险性大、设备昂贵等问题。加深了学生对新能源材料合成制备过程的理解和认识，进而激发学生对材料合成制备的学习兴趣，三维沉浸式仿真实验场景也大大提高了教学效果。

项目特色：

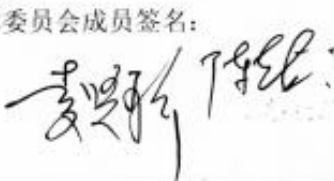
(1) 操作性强、启发性好、有较好的应用价值的氧化石墨烯纳米银复合材料制备实验引入到本科材料合成实验教学课程中能够提高了学生的动手实验能力，也激发了学生对科学研究的兴趣。


(2) 该虚拟仿真实验平台可提前进行学习，熟悉各种操作流程，从而缓解线下实验的压力，也提高了学生主动学习的动力。

(3) 使用虚实结合的实验教学方法大大提高了实验安全性，并且降低了实验成本。

实验教学效果及应用：该项目采用虚拟实验教学，其安全性高、成本低、效率高、可扩展性强、高度开放、资源共享，同时虚拟实验可以无污染、无浪费、安全高效的进行重复操作，能够生动直观的学习了新能源材料的合成工艺，能够展现很多实体实验中无法呈现的实验细节，虚实结合提高教学实验质量。虚拟仿真实验拓展了实验教学的资源、时间和空间，极大的提高了实验教学效果，每个学生都可以利用虚拟实验平台进行实验，节约教学和实验资源，也大大提高学生的参与感。

学术委员会成员签名：




南昌理工学院学术委员会
2021年11月1日

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）