

附件 1

## 虚拟仿真实验教学项目申请书

项 目 名 称：电磁波吸收材料制备、表征与性能测试  
虚拟仿真实验

所 属 课 程：材料分析测试技术、材料科学基础

所 属 专 业：功能材料

项 目 负 责 人：郭晓琴

所 属 学 院：材料学院

仿真实验中心制

二〇一九年三月

## 一、实验教学项目基本情况

项目名称	电磁波吸收材料制备、表征与性能测试虚拟仿真实验					
项目起止时间	2021年7月至2022年7月		学时数		10	
所属专业大类	材料类		年受益学生数		300	
所属专业	功能材料					
所属课程	材料分析测试技术、材料科学基础					
项目内容属性	高危或极端环境 ( )      高成本、高消耗 (√) 不可及或不可逆操作 ( )      大型综合训练 (√) 其他_____					
项目负责人基本情况	姓名	郭晓琴	性别	女	出生年月	1972.08
	学院	材料学院	学历	研究生	学历学位	博士
	行政职务	材料学院院长	手机	13838154123	专业技术职务	教授
	电子邮箱	guoxq@zua.edu.cn				
	教学研究情况	<p>近五年来主讲的课程；主持的教学研究课题；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文；获得的教学表彰/奖励。</p> <p><b>近五年主讲的课程</b>            材料科学基础            材料测试技术            材料现代研究方法</p> <p><b>主持的教学研究课题：</b>            1. 基于创新能力培养的研究生国际化教育探索与实践，河南省高等教育教学改革研究与实践项目，2018年，主持；            2. 材料成型与控制工程专业综合改革试点，郑州航空工业管理学院，2014年，主持            3. “材料科学基础”校级精品课，郑州航空工业管理学院，2013年，主持；            4. 材料工程实验教学示范中心，河南省高等学校实验教学示范中心，2012年，第二参与人。</p> <p><b>获得的教学表彰/奖励：</b>            1. 郭晓琴(1/2)，新锐：轻质高强电磁防护新材料，第四届全国“互联网+”大学生创新创业大赛，国家级铜奖，优秀指导教师，2018年；            2. 郭晓琴(1/1)，CoNi/rGO复合材料的可控制备及吸波性能研究，2017年河南省优秀硕士论文指导教师，2018年；            3. 郭晓琴(1/6)，依托三个校级重点学科，学科交叉培养机械类创新人才，郑州航空工业管理学院，教学成果奖，一等奖，2014年；</p>				

		<p>4. 郭晓琴 (3/7), 提高工科专业教师实践能力的对策研究, 豫教[2013]16822, 河南省教育厅, 教学成果奖, 二等奖, 2014 年;</p> <p>5. 郭晓琴 (2/7), 工科类毕业生就业问题与对策研究, 20110700153, 郑州市人民政府, 社会科学优秀成果, 三等奖, 2011 年。</p>
<p>学术研究 情况</p>		<p>近五年来承担的学术研究课题; 在国内外公开发行人物上发表的学术论文; 获得的学术研究表彰/奖励。</p> <p><b>近五年来承担的学术研究课题:</b></p> <p>1、河南省高校科技创新团队, 复合材料成形技术及模拟研究团队, 2017 年, 在研, 主持;</p> <p>2、河南省科技攻关重点项目, 152102210138, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 陶瓷的低温制备及挥发性液相烧结机制与分段调控研究, 2015 年, 在研, 主持;</p> <p>3、河南省科技攻关重点项目, 122300410300, 石墨烯/陶瓷复合材料的制备及增韧机理研究, 2012 年, 已结题, 主持;</p> <p>4、河南省教育厅科学技术研究重点项目, 有机/功能性无机粒子复合材料界面改性研究, 12A430020, 2012 年, 已结题, 主持。</p> <p><b>在国内外公开发行人物上发表的学术论文:</b></p> <p>1、Xiaoqin Guo, Zhongyi Bai, Biao Zhao, Rui Zhang, Jingbo Chen*. Tailoring Microwave Absorption Properties of CoxNiy Alloy-RGO Nanocomposites with Tunable Atomic Ratios. Journal of Electronic Materials, Journal of Electronic Materials, 2017, 46: 2164-2171.</p> <p>2、Guo Xiaoqin , Bai Zhongyi, Zhao Biao , Zhang Rui, Chen Jingbo*. Microwave absorption properties of CoNi nanoparticles anchored on the reduced graphene oxide. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2016, 27(8): 8408-8415.</p> <p>3、Zhongyi Bai, Xiaoqin Guo* , Lei Fan, Ka Gao, Junwei Liu, Wenzheng Song, Yang Li, Rui Zhang*, Synergism of 1D CoNi chains anchored 2D reduced graphene oxide with strong interfacial interactions to enhance microwave absorption properties, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2019, DOI :10.1007/s10854-019-00663-z.</p> <p>4、Luyang Liang, Xiaoqin Guo*, Zhongyi Bai, Biao Zhao, Rui Zhang. Synthesis of core-shell fishbone-like Cu@Ni composites and their electromagnetic wave absorption properties. Powder Technology, 2017, 319, 245-252.</p> <p>5、Biao Zhao, Junwei Liu, Xiaoqin Guo, Wanyu Zhao, etc. Hierarchical porous Ni@boehmite/nickel aluminum oxide flakes with enhanced microwave absorption ability, Physical Chemistry Chemical Physics, 2017, 19, 9128-9136.</p> <p><b>获得的学术研究表彰/奖励:</b></p> <p>1、郭晓琴(1/1), 石墨烯改性环氧树脂, 河南省人力资源和社会保障</p>

		保障厅、河南省科学技术协会，河南省自然科学优秀学术著作二等奖，2015年； 2、郭晓琴(10/15)，陶瓷材料微波制备关键技术，豫教[2017]3897号，河南省科技厅科技成果奖，一等奖，2017年； 3、郭晓琴(10/12) SiC/MoSi <sub>2</sub> 复合材料摩擦磨损性能研究，豫教[2012]040306，一等奖，河南省教育厅，2012年。				
项目 教学 服务 团队 情况	姓名	所在单位	专业技术职务	专业领域	承担任务	备注
	段向阳	材料学院	讲师	凝聚态物理	平台设计	
	赵彪	材料学院	副教授	吸波材料	工艺开发	
	白中义	材料学院	实验员	吸波材料	工艺开发	
	高前程	材料学院	实验员	材料测试	工艺开发	
	张新房	材料学院	副教授	材料测试	功能优化	
	陈雷明	材料学院	教授	凝聚态物理	框架设计	

注：表格各栏目可根据内容进行调整

## 二、实验教学项目建设内容

### 项目建设必要性及可行性

#### 1. 项目建设的必要性

电磁波吸收材料是当代国际国内社会发展的热点需求，在国防工业和当代日常生活中都有极其重要的应用。随着现代科学技术的飞速发展，电磁波在科学技术上的广泛应用也产生了越来越严重的电磁辐射，导致人类生存空间的电磁环境日益恶化，造成了不容忽视的电磁污染、电磁干扰、信息泄露等新的社会问题。电磁波吸收材料在军事领域中已有广泛的应用，主要涉及雷达识别，军事武器的突防及信息安全维护等，是维护国家安全与国际地位的关键保障。

本虚拟仿真实验是我校实施毕业论文“四年一贯制”的有效体现和实现途径，引导学生早进课题、早进实验室、早进团队参与科研实践，在理论知识体系学习基础上，虚实结合，同步系统科技创新实践，培养学生的科研兴趣，全面提升学生综合素质和创新实践能力。

受制于实验平台及庞大的学生基数，实际实验常遇到如下困难，

- (1) 本实验面向全校工科学生，实验人数基数大，实验室容量无法满足实际需求。
- (2) 本实验的开展将会涉及到水合肼、氢氧化钠等具有一定危险性的化学试剂，具有

一定的安全隐患。

(3) 本实验的开展将会涉及到 X 射线衍射仪、拉曼光谱仪、扫描电子显微镜、矢量网络分析仪等大型、高端、精密仪器的操作，无法满足所有学生的使用和实际动手操作。

通过电磁波吸收材料制备、表征与测试虚拟仿真实验，能够有效提升教学效果。本虚拟仿真实验能够向学生立体式的演示实验的全过程，主要涉及：材料的制备、材料的表征、材料的性能测试等过程。减少实验事故的发生。本虚拟仿真实验涉及危险化学品、高精尖设备，通过本虚拟仿真实验的演示，可以让学生零距离且无风险地接触实验的全过程。培养学生科研兴趣。本虚拟仿真实验借助多媒体技术、虚拟仿真技术等构建了一种高度的虚拟仿真实验环境，使学习者能够体验置身其中的感觉，最大限度地激发学生自主实验的兴趣，培养学生的科研兴趣和增强学生的实践动手能力。

## 2. 项目建设可行性

### (1) 项目理论上可行

本项目的实施将严格参考实验室制备电磁波吸收材料实验，采用 3D 场景转换，真实模拟完整合成、表征过程，并深挖各环节中涉及的材料学、物理学内涵和理论。电磁波吸收材料制备、表征与测试，涉及材料学、物理学、化学等学科，对功能材料、材料科学与工程、材料成型及控制工程、应用物理学等专业学生的综合素质提升具有极大的帮助。

### (2) 项目基础可行

本项目组依托材料学院功能材料教研室、材料工程中心，项目成员长期致力于电磁波吸收材料领域研究，具有深厚的科研背景。每年定期选派学生开展相关科研实验，同时也会邀请行业专家来学校做报告，向相关专业学生介绍行业发展。因此，本项目组依托深厚的行业背景，掌握详细的合成流程和测试工艺，能够保障该项目顺利实施。

项目负责人（签字）：

年 月 日

### 实验目的

本项目选择电磁波吸收材料合成、表征与性能测试进行虚拟仿真建设，解决传统课程中模型分析过于抽象的缺陷，虚拟的 3D 模型可以让学生们更加直观地了解材料的生长过程，学生们也可以自行调控参数，进行电磁波吸收材料的制备，这是教师口述

所不能达到的效果。虚拟实习可以打破时间和空间的限制，让学生可以对重点内容反复练习，掌握地更加牢固。

**(1) 打破时间和空间的限制，突破对大型实验平台的依赖，为实践教学提供重要的辅助功能。**

在预习教学模式下，通过模拟电磁波吸收材料的制备、实验操作、工艺设置、表征、性能测试等整个流程，让参与培训的学生可以通过导航栏的引导下，学习基本的实验操作流程，清楚地了解电磁波吸收材料的制备过程，对材料及制备工艺的选取原则，掌握电磁波吸收材料表征和性能测试技术。使学生摆脱对大型实验仪器的依赖，能够在实验前提前了解实验原理、实验内容，掌握和巩固课堂上的理论知识。

**(2) 突破实践壁垒，增加实验的开放性与自主性，拓宽实验的深度与广度，促进科研，为理论教学提供虚拟素材。**

电磁波吸收材料合成及性能测试实验，具有成本高、时间长、危险系数较高等特点，生产实习基地难以满足所有学生一一亲历完整的实验流程，而且不同的实验工艺下的电磁波吸收材料的生长现象也无法在一次实验中观察到。对于学生来说，比较抽象，导致在实际实验操作过程中，缺乏做出提前预判的经验和做紧急处理的能力，极易造成严重的实验事故和经济损失。本项目的目的是通过虚拟仿真实验，使学生可以在不增加实验成本并减低安全防护难度的前提下，为理论教学提供充足的仿真素材，使学生通过自主学习与多次实验，积累足够的经验，更好的增强创新能力和科研能力。

**(3) 以虚补实，虚实结合，进而做到以虚促实的效果，激发学生的学习兴趣，更有效锻炼学生的综合分析 with 逻辑推演能力。**

电磁波吸收材料的晶体生长过程处于不能直接观测环境，学生无法直观地观察到腔体内部的变化情况、晶体的生长过程、后期的变化情况，因此难以仅仅通过合成的晶体或者照片来想象和判断其中的动态变化过程，同时电磁波吸收材料的表征和性能测试环节原理难以直观展示。通过虚拟仿真项目的建立将工艺参数设定与反应腔体内部实际变化进行对应，将实际实验中难以描述的概念和过程，变成可以在短时间和三维空间中实现的实验，激发学生探索极端条件下材料合成的激情，加深对电磁波吸收材料性能的了解，理论联系实际，巩固、验证和加深课堂教学上《材料科学基础》、《材料测试技术》、《固体物理》等基本概念、基础理论和基本方法。

## 实验原理（或对应的知识点）

电磁波吸收材料制备、表征与性能测试实验涉及材料学、物理学、化学等多学科知识，具有高度学科交叉融合特点，是目前材料与物理科学研究的前沿领域之一。本项目以电磁波吸收材料的制备、表征与性能测试为例，通过实验认知、仿真实验和考核等环节，提高学生的工程实践能力和创新能力。通过课堂教学和虚拟仿真实验的有机结合，在实践中强化对理论知识的理解和掌握。主要包括以下三个方面（实验认知、仿真实验和考核）：

### （1）实验认知

①电磁波吸收材料的类型与吸波原理。

②设备认知，熟悉将要使用的设备结构及工作原理。学生通过实验及认知互动，达到对电磁波吸收材料研究过程中主要设备的认知目的，包括扫描电镜、X射线衍射仪、拉曼光谱仪、网络矢量分析仪等设备及其工作原理。

③制备过程认知，熟悉实验所需样品的组分、比例及制备过程。

### （2）仿真实验

①电磁波吸收材料制备。模拟样品制备的过程、微观生长过程。

②电磁波吸收材料表征。模拟利用扫描电镜、X射线衍射仪、拉曼光谱仪对样品的表面形貌、微观结构、组织成分等进行分析表征的过程。

③电磁波吸收性能测试模拟。利用矢量网络分析仪对样品电磁波吸收性能测试的过程。

### （3）考核

学生在仿真实验结束后点击知识点评测，通过填空、选择、判断、分析等多种形式的题型考查学生对基础理论的掌握程度，进一步加深学生对核心知识的理解。

学生在仿真实验结束后点击知识点评测，通过填空、选择、判断、分析等多种形式的题型考查学生对基础理论的掌握程度，进一步加深学生对核心知识的理解。

电磁波吸收材料制备、表征与性能测试虚拟仿真实验可以真实模拟电磁波吸收材料的化学合成及性能测试与分析环节，真实展示实验所需设备的结构和工作过程，以动画、图片、视频等形式模拟制备过程以及测试分析过程，通过化微观为宏观的方式，展示实际操作过程中难以显示的样品结构变化、组分转变、电磁相互作用等信息，加深学生对电磁波吸收材料制备、表征与性能测试实验的理解。

仿真系统中的实验室场景以真实实验室环境为原型；每种设备仅展示一台，并按照实验室仪器摆放规则进行合理摆放，每台仪器均按照同样的比例缩放原型，学生实操环节 100%模拟真实实验操作流程；虚拟仿真实验系统模拟电磁波吸收材料的制备及性能测试流程；虚拟实验所展示样品均模拟真实生产实践中产品的典型特征（如尺寸、颜色、形状等），并配合实物照片向学生展示。综上所述，电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真实验能够真实展示电磁波吸收材料的制备过程以及性能测试流程。

其中主要涉及的知识点：共 9 个

#### **(1) 实验认知**

- ①学习电磁波吸收材料的种类。
- ②学习电磁波吸收材料与电磁波相互作用的原理。

#### **(2) 电磁波吸收材料合成**

- ①样品制备，学习各组分成分及作用。
- ②合成相关设备的工作原理。

#### **(3) 样品结构表征**

- ①学习 X 射线衍射仪仪器结构、工作原理及操作规范。
- ②学习扫描电镜仪器结构、工作原理及操作规范。
- ③学习拉曼光谱仪器结构、工作原理及操作规范。

#### **(4) 吸波性能测试**

- ①学习测试设备 1 的结构及原理。
- ②学习测试设备 2 的结构及原理。

实验方法和步骤（学生操作步骤应不少于 10 步）

### **2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）**

#### **1、实验方法描述：**

项目采用“虚实结合”的教学方法，将虚拟仿真实验和实践教学有机融合，充分发挥现代信息技术的作用。课程内容由浅入深，知识由点到面。通过课前预习完成知识点的认知；利用虚拟仿真学习平台，开展电磁波吸收材料合成参数设定、合成模拟、性能测试等实验，分析温度、原料配比等对电磁波吸收材料样品的影响，加深理论知识的理解。通过测验、总结分析引发学生深入思考，激发学生创新动力。虚拟仿真实验实现了理论知识与实践应用的高度统一，是对真实实验的有效补充，解决了传统实验中普遍存在的“做不了、做不好”问题。



虚拟仿真项目以真实再现电磁波吸收材料制备及性能测试流程为基础，结合实验教学需求进行开发设计。通过人机反复演练，实现对电磁波吸收材料制备及性能测试技术和系统的全面理解和应用。学生首先通过课堂教学了解电磁波吸收材料的基本性质、合成方法和产业现状，然后通过虚拟仿真实验平台开展电磁波吸收材料生产和性能测试实验认知。学生通过实验网站进入项目，在系统引导下，完成实验认知、仿真实验和考核三部分内容。实验认知部分，学生通过图片、动画、文字、交互等方式，完成对实验设备认知、样品认知等理论知识的学习；仿真实验部分以电磁波吸收材料合成方案设计、结构表征和性能测试实验为主，学生通过互动模式完成电磁波吸收材料制备、分级等实验设计，最终对分级样品进行结构表征和性能测试；考核部分通过填空、选择、判断、分析等多种形式的题型考查学生对基础理论的掌握程度，通过生成实验报告和数据分析，进一步加深学生对电磁波吸收材料及性能测试过程的理解。

实验中主要采用的方法有：现场教学和虚拟仿真实验相结合、体验式实验与互动交流相结合、理论学习与实验实践相结合的方法。

**①现场教学，虚实结合。**通过课堂讲授及工厂参观的方式，让学生对电磁波吸收材料基本性质、样品制备、测试设备及使用、电磁波吸收材料性能测试流程有基本的认识。

**②理论学习，加深理解。**在虚拟仿真实验中，设计了实验认知模块，通过图片、动画、3D 技术等手段可视化展示实验的各知识点，对电磁波吸收材料的种类与制备方式、实验原理、实验步骤、实验所需设备等进行文字和动画描述，增加对理论知识的学习，让枯燥的知识点形象化、生动化、具体化。在仿真实验过程中，学生可以自主选择学习内容，结合互动交流，激发学生探究新知识的热情，充分调动学生学习主动性与积极性。

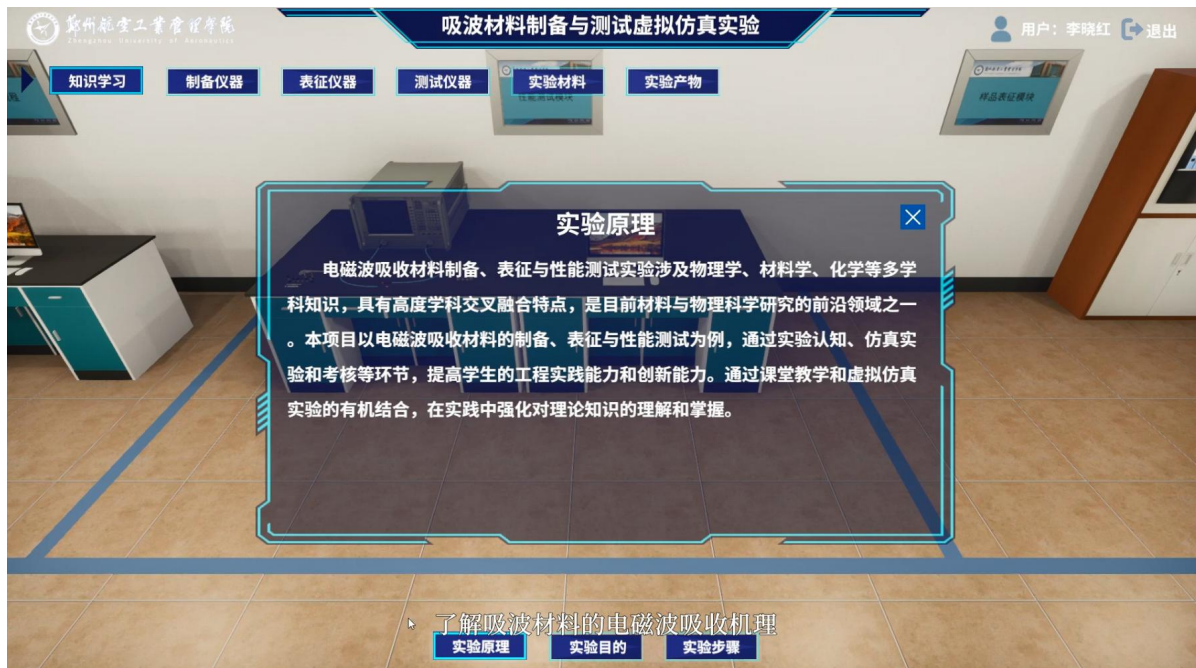
**③仿真实验，自主操作。**在仿真实验环节，学生自主选择电磁波吸收材料合成参数，完成合成实验，如果设置参数超出正常范围，系统将发出警报，提示学生改进操作；并按照电脑操作指示，完成电磁波吸收材料性能测试环节，最终对样品进行性能测试和分析。在巩固理论知识的同时，通过体验式实验培养学生的工程实践能力。

## 2、主要操作步骤：

### 1) 进入实验认知环节

**①实验原理及步骤认知。**分别点击实验原理、实验方法和实验步骤，对电磁波吸收材

料生产及性能测试实验进行认知。



②实验设备认知。点击实验设备认知，学习实验设备的基本结构，鼠标放置在各组件时，出现弹框，显示组件名称和作用。

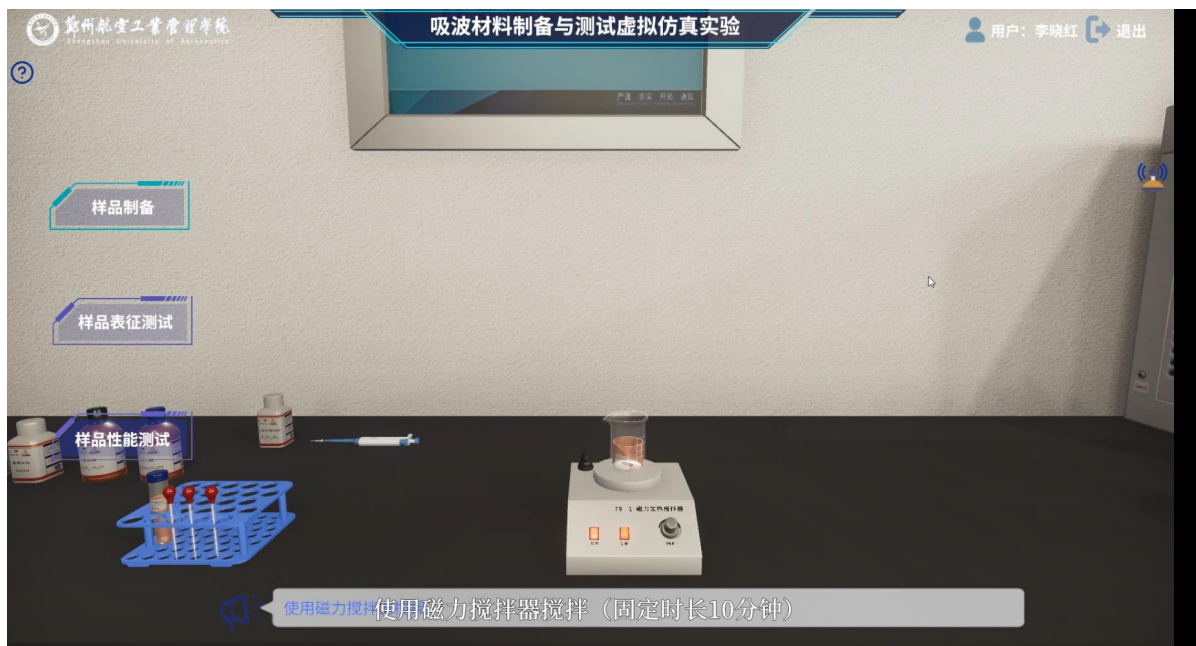


## 2) 进行电磁波吸收材料合成及性能测试仿真实验

①进入仿真实验系统。点击开始实验，按照电脑提示进行电磁波吸收材料合成及性能测试实验。学生在实验过程中可以通过点击“返回”按钮回到初始界面，也可以通过点击“退出程序”按钮退出电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真实验系统。



②样品制备。量筒量取液态氧化石墨烯和无水乙醇加入烧杯中；使用磁力搅拌器搅拌（固定时长 10 分钟）；称量  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 加入烧杯中；使用磁力搅拌器搅拌；称量  $\text{NaOH}$ , 加入烧杯中；使用磁力搅拌器搅拌；量筒量取水合肼，加入烧杯中；使用磁力搅拌器搅拌；将烧杯中的混合溶液倒入反应釜内胆中；封装反应釜。



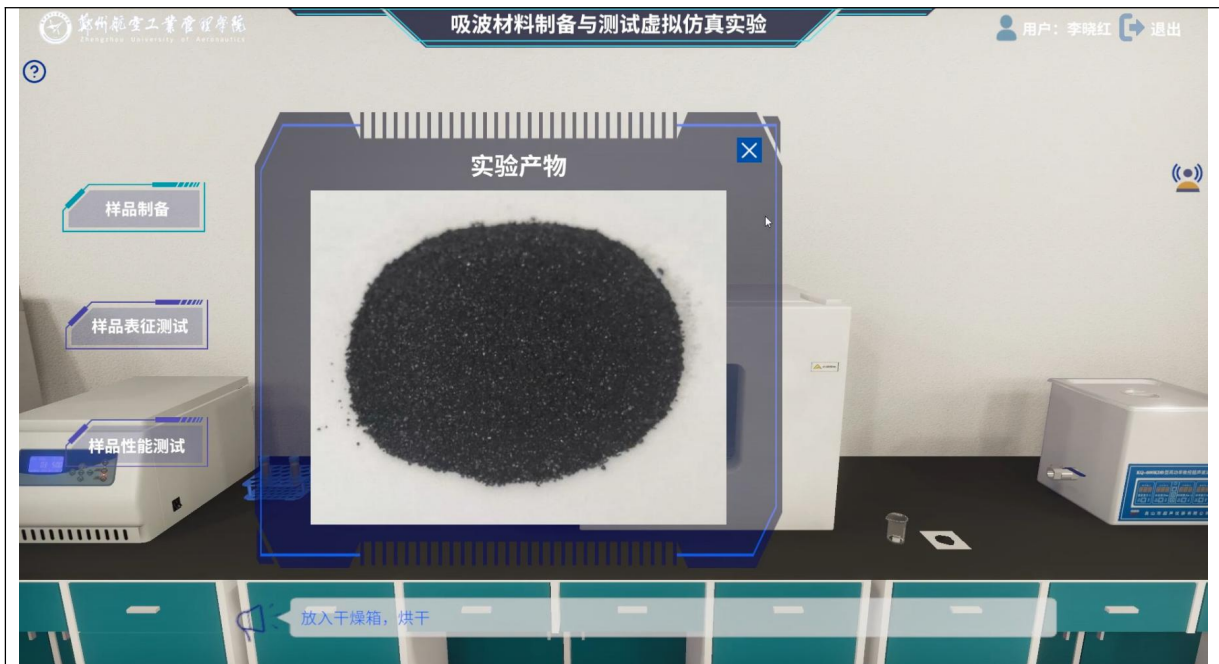
③反应。将反应釜放入干燥箱中；设定干燥箱的温度和时间（180 摄氏度，12 小时）；打开干燥箱，取出反应釜。



④离心清洗。取出反应釜中的样品，使用离子水和无水乙醇进行清洗（清洗过程倒掉上清液，留沉淀，反复清洗多次）；将清洗后的沉淀物倒入离心机试管中；放入离心机，离心后得到湿润的沉淀物（样品）。



⑤烘干。放入干燥箱，烘干后取出样品（60 摄氏度，12 小时）。

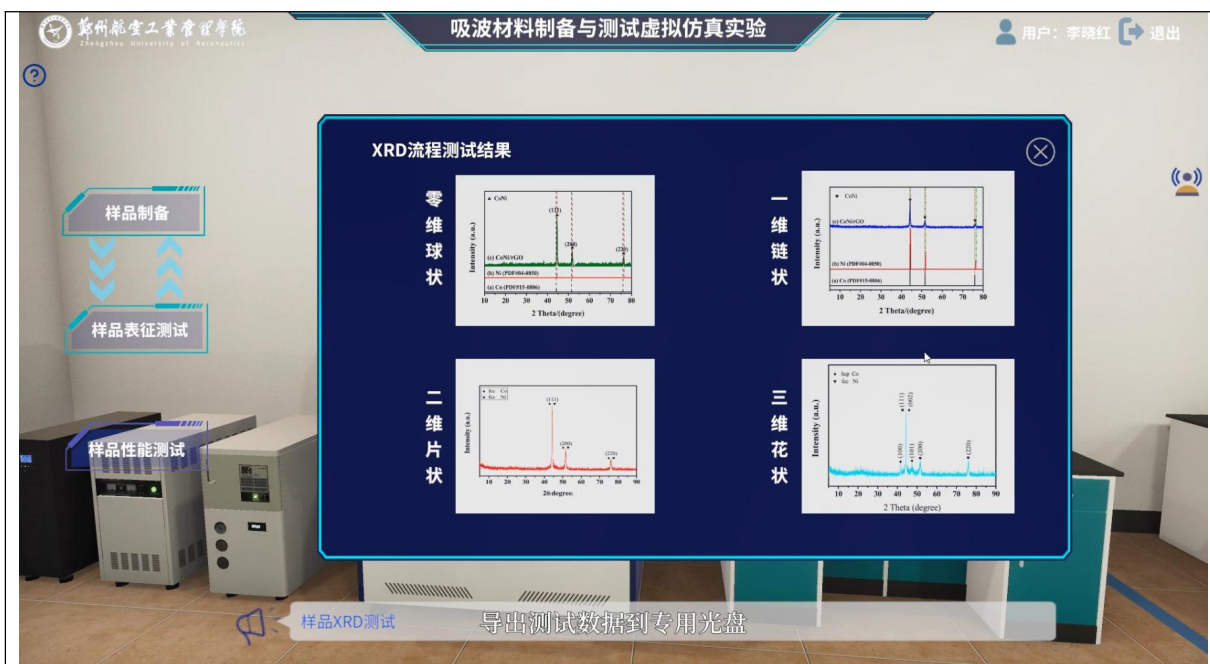


### 3) 样品表征

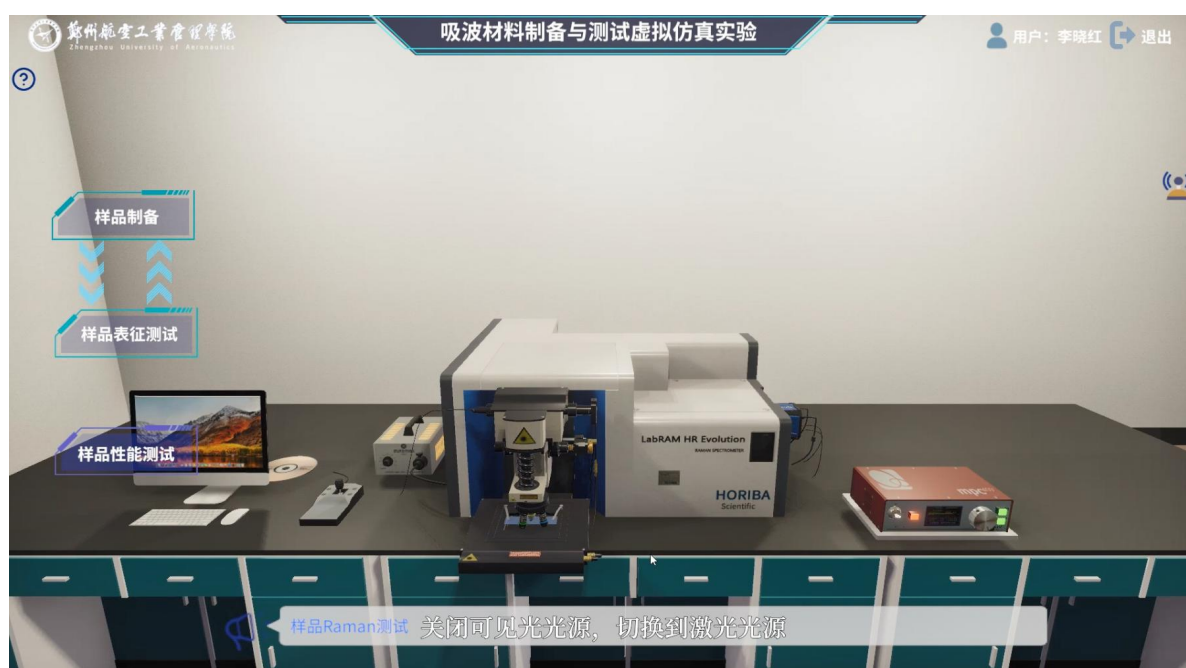
①XRD 测试。打开 XRD 设备电源；将待测样品铺满样品槽，保持样品平整；打开 XRD 设备舱门；将样品槽转移到 XRD 主机内样品台支架上。



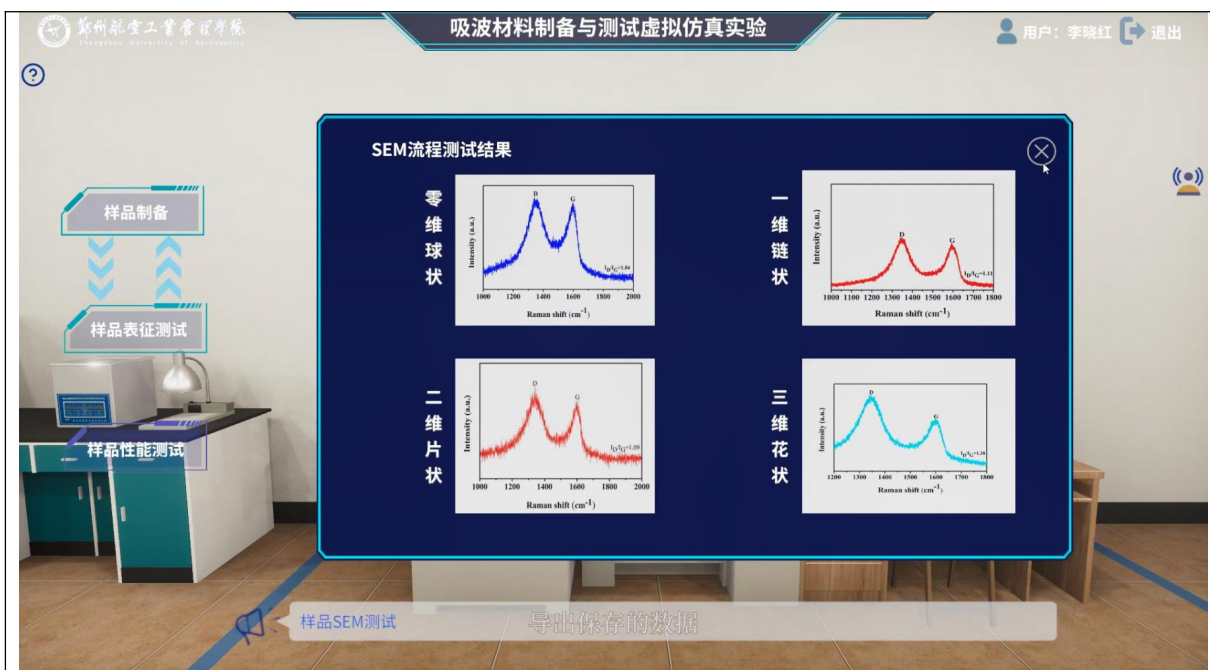
②导出 XRD 数据。在电脑端操作界面设置参数和程序；得到测试结果，保存测数据；测试后打开舱门，取出样品槽；导出测试数据到专用光盘。



③Raman 测试。打开设备电源；将带有标准硅片的载玻片放置到载物台；进行光路校准（点击电脑上操作软件按钮）；将待测样品放入载玻片；将载玻片转移到载物台上；打开设备可见光光源，通过可见光光路对样品进行聚焦（通过手柄操控）；关闭可见光光源，切换到激光光源；设置测试参数；进行测试（点击电脑上操作软件按钮）。



④保存 Raman 数据。测试完成，保存数据。



⑤SEM 测试。将分散后的样品放置到抛光硅片上；打开电子显微镜的交换室；将样品台（带硅片和样品）放入电镜的交换室内；关闭电子显微镜交换室；点击抽真空按钮，进行抽真空（按钮灯闪烁，直至常亮）；放平操作杆，将样品转移至电镜的真空腔内（抽出操作杆，恢复垂直）。在电脑软件操作界面上，选择合适的样品台和样品高度（点击图片上第一个按钮）。



⑥保存 SEM 数据。操作旋钮进行聚焦和倍率转换的操作点击操作软件界面的拍照按钮，拍照保存图片；在操作软件界面上，点击样品台归位按钮；将样品台转移到电镜交换

室；打开交换室，取出样品台；将交换室转化为真空状态；导出保存的数据到专用光盘。

#### 4) 吸波性能测试

①样品压制。将样品与石蜡按照比例 1:1 进行混合；使用压环模具进行压制，得到环形样品。



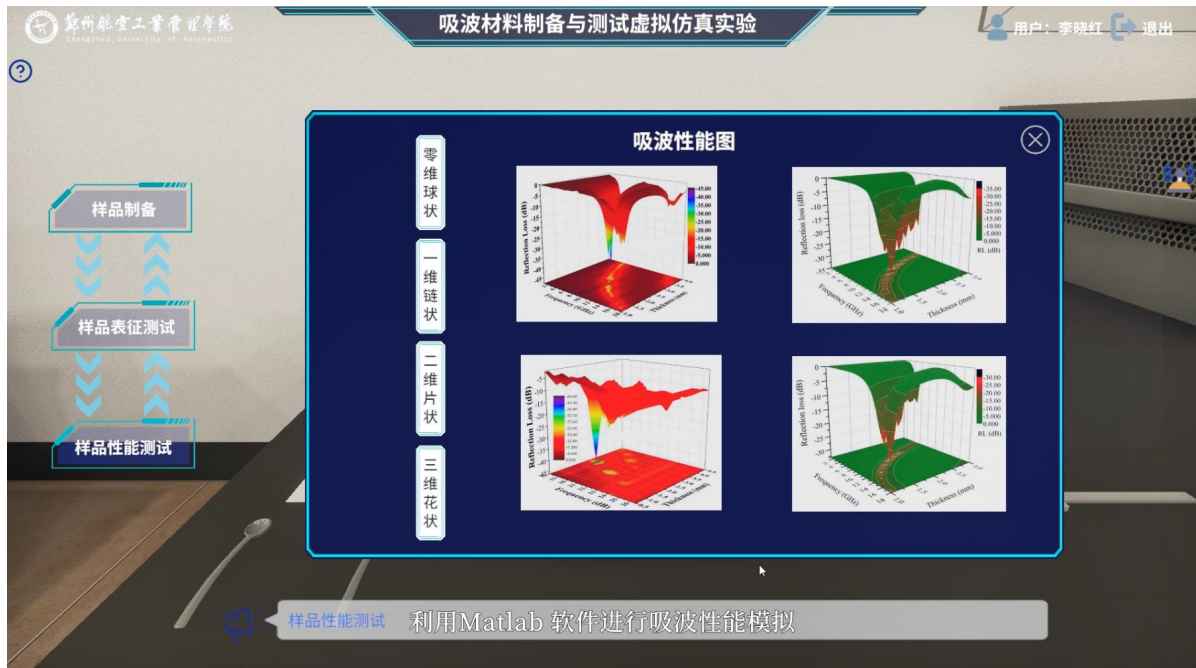
②吸波测试。使用游标卡尺测量环形样品厚度 (2.0mm)；进行设备校准 (左三，右三)；在测试页面输入样品厚度 (电脑屏幕操作软件)；将样品穿入空气线上；将空气线放置到夹具中；连接线路与夹具；使用测试软件进行测试，并保存测试数据；



③数据模拟。利用 Matlab 软件进行吸波性能模拟；得到吸波性能数据；利用 Origin

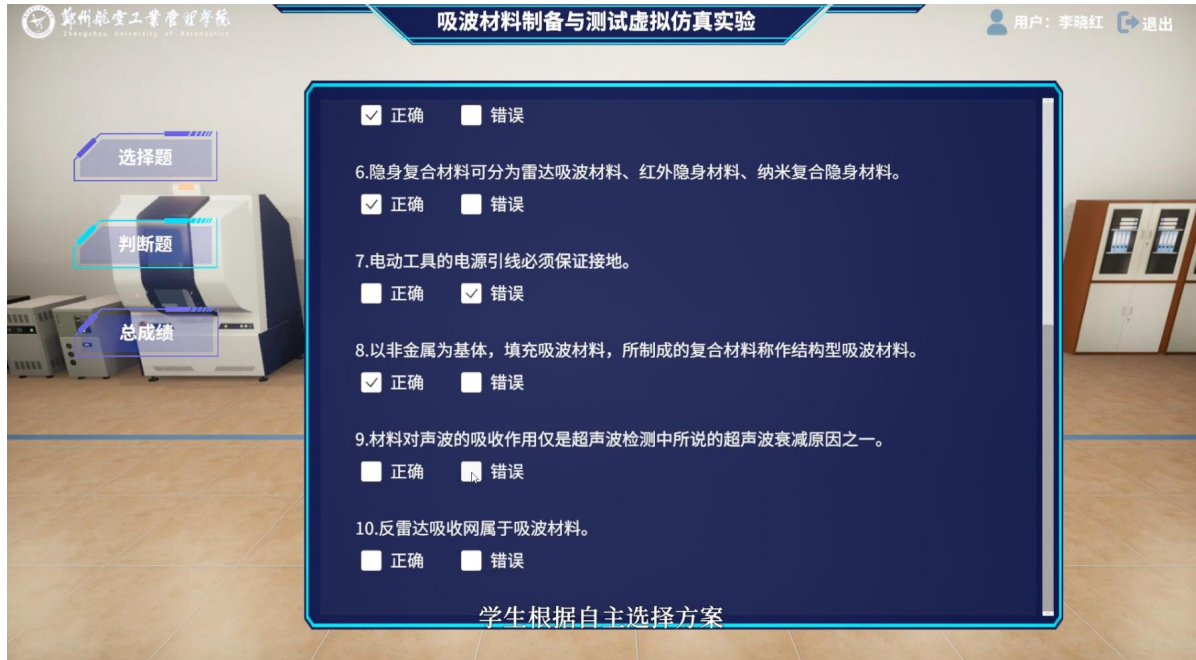


软件绘制吸波性能图；



5) 进入实验考核环节

①完成知识点考核。点击知识点考核，完成阶段习题。



②完成实验报告。点击实验报告，完成实验报告内容，提交实验报告。



实验实现方式（包括仪器设备（装置或软件）、实验材料（或预设参数等）、用户使用的操作系统、项目开发技术与开发工具、管理平台开发语言与开发工具、教学资源种类以及呈现形式等）

## 1、仪器设备

电脑装置：Win7/8/10 简体中文版的操作系统、主频 3.20GHZ 或更高的 CPU、显卡容量 2GB 以上的显卡、容量 8G 以上的内存、1T 的硬盘、VR 设备、分辨率 1920\*1080 的显示器、鼠标、键盘等输入设备。

软件：高温高压合成控制的虚拟仿真软件；100 M 以上带宽，足够支持 500 名学生同时在线并发访问和请求。

实体实验仪器设备：反应釜、加热炉、电磁波吸收材料等实物配件，可以向学生做现场演示组装过程，作为虚拟软件教学的线下补充，将虚拟仿真与实际操作相结合。

## 2、预设参数

本项目包括虚拟实验准备过程、虚拟样品合成过程、虚拟样品表征、虚拟样品测试三个部分，所需要虚拟实验材料包括：

（1）电磁波吸收材料合成实验准备过程虚拟材料：虚拟反应釜、，让学生借以模拟反应原料配比、称量、混合以及转移等过程。

（2）电磁波吸收材料合成过程操作虚拟材料：虚拟烘箱、虚拟磁力搅拌器、虚拟离心机，通过操作虚拟仪器，设定合成工艺，同时虚拟反应腔体内部晶体生长的 3D 模型，为学生演示所设置液相合成条件与内部腔体内部晶体生长的对应关系。

（3）电磁波吸收材料表征过程虚拟材料：虚拟扫描电子显微镜、虚拟 X 射线衍射

仪、虚拟拉曼光谱仪等，并展示不同工艺下电磁波吸收材料样品的结构特征、形貌特征和组分特征。

(4) 电磁波吸收材料性能测试过程虚拟材料：虚拟矢量网络分析仪等，演示电磁波吸收材料吸波原理及影响因素。

### 3、用户使用的操作系统

推荐使用 Windows7 以上 64 位操作系统。

### 4、项目开发技术和工具

本虚拟仿真项目主要基于 VR 和 3D 仿真技术开发，开发工具主要使用 Unity 3D、3D Studio Max、Maya 等。

### 5、管理平台开发语言和工具

C#和 SQL Server 2005。

### 6、教学资源种类及呈现形式

整个虚拟仿真实验项目以 B/S 架构方式部署在可以内外网访问的服务器上，让校内、外的人员进行快速访问。

## 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

本实验针对材料科学与工程、应用物理学、功能材料、材料成型及控制工程、化学、机械工程、电子信息科学与技术、电子信息工程、光电信息科学与工程专业大三、大四的学生，以及相关专业的研究生均可开设。

### (2) 基本知识和能力要求等

要求学生具备一定的固体物理、晶体生长知识背景，已经完成或正在研修材料科学基础、材料测试技术等课程。在非认知授课的情况下，在进行该实验之前应掌握一定的实验室安全操作规范，会熟悉使用电脑和操作软件。

### 知识产权说明、合作单位概况和合作模式

由郑州航院提供实验设计思路和实验模型，合作单位负责程序开发和界面开发。知识产权归郑州航院所有，如合作单位作为商品销售，必须征求郑州航院同意并向郑州航院支付一定版权费用。

### 项目应用共享的范围和预期效果

项目建设本着以培养具有解决复杂工程问题能力以及创新能力，能在材料领域从事电磁波吸收材料生产方案设计、电磁波吸收材料性能测试及电磁波吸收材料产品分析与应用的高素质专业人才为培养目标，注重虚拟仿真实验教学项目的资源更新和服务推广，着力建设具有开放性、延续性、兼容性、前瞻性的虚拟仿真实验系统。项目经过一年的建设期后，将向本校师生、兄弟院校和相关企业开放，并将持续更新系统，扩大项目成果受众面。

#### 1、面向高校的教学推广应用计划：

通过共享协议的签订实现免费共享，目前已经与河南科技大学物理工程学院、郑州轻工业大学物理与电子工程学院达成了初步合作意向并对电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真实验进行了试用。在今后5年继续向其他院校进行教学推广和开放使用，计划5年内推广10所以上高校进行共享资源学习，培训学生5000人以上，预计2021年500人、2022年1000人、2023年1500人、2024年2000人、2025年2500人。

#### 2、面向社会的推广应用计划：

将借助我校材料专业特色优势和社会公认度，将项目作为材料行业生产培训的一部分内容，借助学校网站、微信公众号宣传册等多种形式，利用学术交流、学术会议等多种载体，采取线上线下等多种方式，向全国材料类企业和社会公众进行宣传推广，未来5年计划每年培训企事业单位人员300人以上。

注：表格各栏目可根据内容进行调整

### 三、实验教学项目建设规划

#### 项目实施方案及进度安排

##### 1、项目实施方案

电磁波吸收材料制备、表征与性能测试虚拟仿真实验旨在真实模拟电磁波吸收材料的化学合成及性能测试与分析环节，真实展示实验所需设备的结构和工作过程，以动画、图片、视频等形式模拟制备过程以及测试分析过程，通过化微观为宏观的方式，展示实际操作过程中难以显示的样品结构变化、组分转变、电磁相互作用等信息，加深学生对电磁波吸收材料制备、表征与性能测试实验的理解。

本项目将利用虚拟仿真技术，打破时间和空间的限制，突破对大型实验平台的依赖，为实践教学提供重要的辅助功能。突破实践壁垒，增加实验的开放性与自主性，拓宽实验的深度与广度，促进科研，为理论教学提供虚拟素材。以虚补实，虚实结合，进而做到以虚促实的效果，激发学生的学习兴趣，更有效锻炼学生的综合分析及逻辑推演能力。使学生可以在不受实验成本等限制下，多次操作实现，并可真实模拟电磁波吸收材料合成、表征和性能测试环节可能出现的各种实验现象。

仿真系统中的实验室场景以真实实验室环境为原型；每种设备仅展示一台，并按照实验室仪器摆放规则进行合理摆放，每台仪器均按照同样的比例缩放原型，学生实操环节 100%模拟真实实验操作流程；虚拟仿真实验系统模拟电磁波吸收材料的制备及性能测试流程；虚拟实验所展示样品均模拟真实生产实践中产品的典型特征（如尺寸、颜色、形状等），并配合实物照片向学生展示。

##### 2、进度安排

本项目拟 1 年内完成，具体进度如下，

2021.07-2021.09 完成前期文献调研、数据采集；

2021.09-2021.10 与开发人员协同商议仿真模型；

2021.10-2021.12 进行界面设计、完成界面开发；

2022.12-2022.07 进行仿真软件开发。

#### 四、实验教学项目特色

与其它学校及企业同类项目相比具有的优势与特色

##### (1) 实验方案设计思路

以服务国家战略和区域地方经济人才需求为核心，以激发学生的学习主动性和探究性为出发点，以提升学生的工程实践能力和创新精神为目标，以电磁波吸收材料合成、表征和性能测试为例，采用多技术支撑，突破时间与空间的限制，开展电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真试验。

①采用可视化的开发和仿真技术，对电磁波吸收材料生产及性能测试环节所需仪器设备进行认知，突破了真实实验空间场地的局限。

②利用三维仿真技术真实展现电磁波吸收材料及性能测试过程，展示每个环节设备的使用及工作原理，实时观测产品的变化，打破生产周期长的限制。

③利用可视化、动画等技术动态展示性能测试环节各流程蕴含的物理机理，如合成过程、电磁波吸收材料分级、X射线与物质相互作用等过程，对微观不可见过程进行虚拟仿真，化微观为宏观。

通过以上三方面的设计，相对于课堂教学以及工厂实习，电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真实验虚实结合、技术先进，实用性强，能够更全面、多角度真实反应电磁波吸收材料产品的生产及性能测试过程，有利于加深学生对知识点的理解，提升其工程实践能力和创新能力。

##### (2) 教学方法创新

项目采用理论学习与实验实践相结合、虚拟仿真与现场实验相结合、体验式实验与互动交流相结合、宏观展示与微观可视相结合的教学方式，坚持“虚实结合、能实不虚”的原则，在课堂理论知识初步讲解的基础上，通过虚拟实验建立感性认知，虚拟仿真实验实现电磁波吸收材料生产及性能测试的真实展现，增强学生对课堂理论知识的进一步理解和认识，培养学生的工程实践能力和创新能力。将虚拟实验课程与传

统课程相结合，做到“虚实结合”的教学方法，以学生为主体。实验中设计了实验认知、生产实验、性能测试实验等人机交互环节，在虚拟实验过程中通过动画、视频演示的方式教授实验内容，突破现实制约实现多方案学习，突破传统教学实现创造性学习。

### **(3) 评价体系创新**

构建综合评价系统，最终成绩根据基于过程的评价方式，分为实验过程（50%）、实验报告（40%）、互动学习（10%）三个环节考核。实验环节要求学生通过平台上传的资料来提前预习相关实验理论知识、实验注意事项，对整个实验流程具有完整的理解并掌握，考核学生在实验教学中的参与性、主动性和动手能力；理论部分通过填空、选择、判断、分析等多种形式的题型考查学生对基础理论的掌握程度；实验报告环节考查学生实验报告的完整性和正确性以及学生的学习态度，鼓励学生在试验报告中讨论理论联系实际的问题；互动学习环节通过学生是否在平台留言区进行实验心得交流或是否提出有效问题及答案来评定。

采用操作过程打分和实验报告主客观相结合进行综合打分，计算机按照学生实验操作规范进行客观打分，提交阶段习题和实验报告，指导老师根据习题和实验报告内容给定一个分数，两部分结合作为最终实验成绩。采用综合评价系统，有利于提高学生在学习热情，在掌握实验知识和实验技能基础上进行深入思考。

### **(4) 对传统教学的延伸与拓展**

电磁波吸收材料生产及性能测试虚拟仿真实验，打破时间和空间的限制，突破对大型高压实验平台以及工业流水线的依赖，使学生可以在不受实验成本的限制下，安全、快速掌握电磁波吸收材料合成工艺，实现多次操作以及创新性设计。通过本项目的开展可以让学生在虚拟实验室中，充分掌握电磁波吸收材料合成技术的关键环节，了解电磁波吸收材料的合成过程，并掌握电磁波吸收材料性能测试环节和工艺，理论与实践深度结合，最终实现全面培养学生综合分析、探究创新能力的目标。

虚拟仿真实验可满足学生、教师、实验室管理人员、电磁波吸收材料生产从业人员等不同人群的需求；实验可实现人机相互、生生相互、师生交互等人性化的协同学习；项目可作为课堂教学知识点巩固、提升与拓展的辅助手段，也可作为认识实习和生产实习的辅助手段和补充。本项目还面向全国开设材料专业的高校以及电磁波吸收材料生产厂商等进行开放共享，对从业人员进行专业培训和科普宣传。

--

## 五、经费预算

请写明经费的用途、数量、金额等

本项目合计需要投入经费 15 万元，详细用途如下，

1. 委托校外合作单位开展项目开发的费用 12 万元。

支付软件开发相关公司的开发费用，10 万元；

电磁波材料开发企业合作开发费用，2 万元。

2. 项目有关的实验材料的购置费及加工费 2.5 万元。

购买电磁波吸收材料等实物配件及有关耗材，向学生做组装过程的现场演示。

3. 项目调研费用 0.5 万元。

用于项目运行过程合作、研讨、调研等。

注：表格各栏目可根据内容进行调

## 六、学院意见



行政负责人签字（加盖学院公章）：

年 月 日

### 七、学校专家组意见

专家组组长签字：

年 月 日

### 八、学校意见

负责人签字：

年 月 日