

附件 3-3

陕西省本科高校虚拟仿真实验教学中心

申 报 书

新能源材料与器件虚拟仿真实验教学中心

学 校 名 称 : 陕西师范大学

学校管理部门电话: 029-85310378

开放共享访问网址: <http://matervr.snnu.edu.cn>

申 报 日 期: 2019 年 6 月 15 日

陕西省教育厅制

填写说明

1. 申报书中各项内容用“小四”号仿宋体填写。
2. 表格空间不足的，可以扩展。

1. 基本情况

虚拟仿真实验教学中心名称	新能源材料与器件虚拟仿真实验教学中心		
依托的实验教学示范中心名称 / 级别 (校级或省级)	光电功能材料实验教学示范中心 / 省级	批准时间	2017

1.1 虚拟仿真实验教学中心的发展历程、建设概况

(1) 学科依托

2011年,为加快以教师教育为主要特色的综合性研究型大学转变步伐,推进材料科学重点学科建设,陕西师范大学以“高起点开局、高标准要求、高水平运作、高速度发展”为建设目标,决定成立研究型材料科学与工程学院。经过几年建设,现拥有历史文化遗产保护教育部工程研究中心、陕西省大分子科学重点实验室、陕西省能源新材料与器件重点实验室、陕西省能源新技术工程实验室、何崇本能源新材料及技术研究中心、光电功能材料研究团队实验室和液晶及高分子功能材料研究团队实验室等研究平台。

学院拥有材料科学与工程一级学科博士学位授予权和材料科学与工程博士后科研流动站,形成了从本科、硕士、博士到博士后的完整人才培养体系。

(2) 发展历程

作为支撑材料学院教学科研的重要平台,光电功能材料实验教学示范中心自2011年开始建设。中心以光电功能材料为特色建设目标,先后建立了微结构与物性测定专业基础实验室、无机光电材料制备与表征专业实验室、高分子光电功能材料专业实验室以及器件化为特征的光电功能材料综合实验室。提出了“多学科交叉,多层次贯通”的光电功能材料实验教学体系。目前,中心已发展成为一个集实验教学、实验室服务与管理以及与科研资源共享的一体化管理实体机构,是材料化学、新能源材料与器件等专业的实验教学、科研实践以及学校科普宣传的重要场所。在光电功能材料为特色的高素质人才培养中,发挥着十分重要的作用。2017年获批陕西省光电功能材料实验教学示范中心。

中心目前有专任教师37名,其中教授21人,副教授15人,讲师1人;36人具

有博士学位，34 人有海外留学经历。包括国家“千人计划”入选者 1 人，国家“百千万人才工程”第一、二层次入选者 2 人，享受国务院特殊津贴者 3 人，“国家有突出贡献的中青年专家”2 人，陕西省“百人计划”入选者 7 人，陕西省“千人计划”入选者 1 人，陕西省“三秦学者”1 人，陕西省创新人才支持计划 2 人，陕西省科技新星 4 人。现有各类教学科研实验仪器价值近 4000 万元，实验室面积达 8000 平方米。近五年先后承担国家重点研发计划、国家自然科学基金面上基金、青年基金、省部级重点以上及企业横向项目 180 余项，20 多项授权发明专利实现了工程转化。获省部级一等奖 4 项，二等奖 3 项，获全国百篇优秀博士论文 1 篇。在 *Adv Mater*, *Nature Commun*, *Energy Environ Sci*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew Chem. Int. Ed.* 等上发表高水研究论文 400 余篇。根据美国 ESI 基本科学指标库 2018 年 11 月 15 日公布的最新数据，学校材料科学学科 ESI 排名进入全球大学和科研机构前 5‰（全国仅有 60 所高校进入），标志着我校材料科学学科已经进入内涵式发展道路。

（3）建设概况

材料微观结构决定材料的宏观性能，随着材料化学研究不断向微观领域延伸，传统的表征手段和实验技术不可能完整准确地描述材料的基本物理性能。先进的网络和信息技术对于学生深入理解微观化学反应过程、大型仪器的工作原理、材料基本物理性能、新能源材料与器件组装过程以及实验室安全规范等，具有十分重要的意义。

依托于材料科学与工程学院建设的陕西省光电功能材料实验教学示范中心，积极探索实验信息化教学新途径。中心以全面提升学生创新和实践能力为宗旨，依据材料学科的基本特点和器件组装实验教学目标，按照“虚实载体结合，虚实对象结合，虚实手段结合”的建设理念，遵循“虚实结合、相互补充、能实不虚、以虚扩实”的建设原则，构建了微观机制的可视化---材料物理性能的虚拟仿真实验、实训过程的可视化---新能源器件组装工艺虚拟仿真实验、仪器运行原理可视化---大型仪器工作原理及其操作虚拟仿真实验、不可预测事故的可视化---实验过程中的安全隐患虚拟仿真等四个模块，初步形成了以新能源材料与器件为特色的虚拟仿真实验教学体系，为提高学生学习兴趣、加强学生实践能力、促进学生个性化成长发挥了积极作用。围绕新能源材料与器件虚拟仿真实验教学，形成了以下具有特色的教学资源：

1) 微观机制的可视化---材料物理性能的虚拟仿真

尽管实体性材料物理性能测试手段已成为不可或缺的教学手段，但对性能的微观解析常常受学生想象力局限使教学效果受到限制。材料物理性能虚拟仿真实验旨在从纳米、微米尺度、分子、原子、电子等层次以动态化可视化形式解析材料物理化学性能。补充实体教学不足，提高教学效果。本模块包含半导体的掺杂、半导体器件中“结”的形成过程；差热发电原理可视化教学、电池材料充放电过程的可视化仿真、压电材料压电效应仿真等。

2) 实训过程的可视化---新能源器件组装工艺虚拟仿真

在高校实验室中建立与生产实际接近的新能源器件组装平台存在许多现实问题，为解决这一教学实践问题，构建与接近现实情境的工艺过程可视化，并与教学实习相结合，弥补现实教学需求。新能源器件组装工艺虚拟仿真主要包括压电材料器件组装工艺仿真、扣式锂离子电池的虚拟仿真、超级电容器组装工艺的虚拟仿真以及太阳能电池器件组装的工艺仿真。通过工艺仿真，可对新能源器件各组成零部件进行单独整体展示，同时可实现对每一个零部件进行理论讲解及说明，方便学生在了新能源器件结构及组成的同时，学习相关理论知识，实现理论知识与工艺实践的一体化教学理念。

3) 仪器运行原理可视化---大型仪器工作原理及其操作虚拟仿真

仪器是实现实验条件控制和获取实验现象的基础。对仪器工作机制和过程的深刻理解不仅对于正确使用仪器具有重要意义，而且对于理解实验现象的本质也极其重要。现实大型仪器难以解构，更不可能在运行中进行演示，从而限制了学生对大型仪器运行机制的理解。为此，建立大型仪器操作虚拟仿真实验，以虚拟仿真实验为载体，进行体验式训练，可以有效降低大型仪器的占用机时，提高使用效率。同时，虚拟仿真实验可以提供传统实验无法营造的仪器设备运行机制体验环境。因此，构建仪器设备运行机制体验环境的虚拟仿真实验将成为提升实验教学效能的必然选择。

4) 实验事故隐患可视化---实验过程中的安全隐患虚拟仿真

随着高校和科研院所对实验室建设投入的不断增加和办学规模的扩大，实验室安全工作面临着巨大的压力和挑战。近年来实验室安全事故频发，惨痛的教训给实验室安全在此敲响了警钟。为了提高广大师生员工的安全意识、增强防范和应急救援能力、

保障师生员工生命财产安全，虚拟仿真通过对典型实验室过程中的安全隐患、实验安全操作虚拟仿真、安全隐患排查虚拟仿真，形成了仿真程度高、交互功能强、情景化参与、可实时评价的实验室安全虚拟平台。

1.2 虚拟仿真实验教学中心建设必要性

新能源材料与器件专业是典型新工科，具有理工结合及强化实践的线性特征。由于新能源材料与器件所涉及内容的复杂性，不同学校依据自身特点具有不同的定位。我院依据自身学科优势和专业发展趋势，主要涉及光伏及储能。构建以材料制备、组成与结构表征、性能测试、器件组成等贯穿的课程体系，形成理工结合的多学科交叉新工科人才培养模式。多学科交叉性及微观与宏观性能相结合是课程体系的显著特征。对于学时有限的本科生而言是一个很大挑战。虚拟仿真实验不受时空限制、不受实物物理条件限制，为补充实体实验提供了良好途径。为针对性解决现实实验教学存在困惑发挥不可替代的积极作用。依据专业实验，其必要性主要表现在以下几个方面：

(1) 有助于学生从微观层面上深化对材料物理性能的理解

材料的宏观性质易于观察，而蕴含于现象之中的微观分子作用机制却难以直接感知。所以在实验教学中学生很难将实际与理论知识有效结合起来。将材料微观结构与材料宏观物理性能实验现象有机结合的可视化虚拟仿真实验教学，可帮助学生深刻理解无法直接感知的材料微观机制的本质，不但可提高学生实验技能，而且对提高学生想象力，深化对功能材料基本特性的理解具有极其重要意义。

(2) 有助于学生对实训过程的亲历性体验

在高校实验室中建立与生产实际接近的新能源器件组装平台存在诸如空间、资金、管理、教学成本等许多现实问题。客观而言，在高校建立完全与现实一样的生产车间几乎是不可能的。为解决这一教学实践问题，构建与接近现实情境的工艺过程虚拟仿真可视化，并与教学实习相结合，弥补现实教学需求，不仅具有可行性，更有实践教学的现实需求性。

(3) 有助于学生深刻理解大型仪器工作原理

尽管学院建立了大型仪器共享平台，但以拆分封闭式仪器阐释其作用机制是不现实的，更难以实现对仪器内部器件运行过程的实时展示，导致学生仅仅停留在简单的

操作层面，对实质性的原理缺乏应有的认知，使教学效果难以保证。建立大型仪器操作虚拟仿真实验，以虚拟仿真实验为载体，进行体验式训练，可以有效降低大型仪器的占用机时，提高使用效率，更能有效提高学生自觉正确操作大型仪器的自觉性。

(4) 有助于学生提高实验过程中的安全隐患防范和处置能力

实验室安全事故的发生常常与极不易觉察的操作细节中的失误密切相关，构建具有逼真的操作细节中的安全隐患事故情景，不仅具有针对性，而且具有事故化真实体验性。这既具有现实性体验又能有效地避免实际演练中存在的各种风险。在上专业实验课时，让学生通过实验过程中的安全隐患虚拟仿真亲历性体验，既提高了课堂效率，又强化了实验过程中的安全性问题，有效提高学生处置实验室事故的应急能力。

1.3 虚拟仿真实验教学中心特色与创新

(1) 提出了微观机制的可视化策略

不同与传统工科，新工科具有理工交叉显著特征。理科性的核心在于形而上特征，工科性在于形而下特征。形而下之器具有明确的实体性，而形而上之学具有明显的想象性。以思维为主要特点的科学原理显然不具有现实的可视化，但思维离不开符号与形象在大脑中的拼接与重组。从这个意义上而言，科学原理具有可视化的可能性，这也是培养学生想象力的重要因素。材料微观机制可视化是实验教学方法的创新。

(2) 提出了原理与实训相结合的可视化策略

传统实训虚拟仿真实验主要以体验与实体操作接近的操作性训练，主要适应以技能培训为目的。作为以理工交叉的新工科，不仅需要强调实践性，也要强化创新性培养。将实训原理与实训操作相结合，才能实现科学与技术的结合。我们提出将实训操作与设备运行原理相结合，既具操作实践性又具理性启发性。不仅实现了实训难易实现的功能，而且也丰富了实训虚拟仿真实验内涵。原理与实训相结合的可视化是对实训虚拟仿真实验的新发展。

(3) 提出了仪器操控原理的可视化策略

传统大型仪器虚拟仿真操作主要以培训学生操作技能、熟悉仪器结构的作用。这种方式缺乏仪器功能实现的科学原理。本项目提出的大型仪器虚拟仿真实验，将仪器操作与仪器功能实验相结合实现可视化。既具有仪器操作功能又具原理显示功能，使

仪器运行原理与操作的同步可视化。使虚拟仿真实验具有培养学生操作技能及提升学生对仪器作用原理理解的双重功能。

(4) 提出了以实验细节为核心的实验事故隐患可视化策略

实验室安全虚拟仿真实验市场已有多种版本。这些产品对于推进实验室安全教育发挥了重要作用。本项目主要针对实验过程中不易觉察的不当操作所造成的实验事故隐患。实验室管理实践表明：因不当操作等原因造成的事故最为常见且不易预测与觉察，危害极大。结合实验专业课程，对实验过程中安全隐患的排查及处置的虚拟仿真实验是对实验室虚拟仿真实验的有效补充。

本项目上述虚拟仿真实验创新点，不仅具有新能源材料与器件实验的针对性，其相关理念对于虚拟实验开发具有普适性借鉴意义。

2. 虚拟仿真实验教学资源

2.1 实验 教学 情况	实验课程数	面向专业数	实验学生人数/年	实验人时数/年
	16	2	90	1440

2.2 虚拟仿真实验教学资源（罗列实验项目、功能及效果，提供不少于三个典型实验项目的具体实验流程）

中心采用 LabView、Python、COMSOL、Chem3D、G03、VMD1.9、Origin、Tinker、Flash CS3 和 ActionScript 3.0 等技术构建场景型、交互式的虚拟仿真实验室，提升学生的现场感和沉浸感。根据新能源材料与器件专业特色，按照教学环节中“虚实结合、相互补充、能实不虚、以虚扩实”的基本原则，建立了材料物理性能的虚拟仿真实验、新能源器件组装工艺的虚拟仿真、大型仪器工作过程仿真及虚拟操作训练以及与实验室安全有关的突发事件虚拟仿真等四个虚拟仿真教学模块。现将各模块下设置的具体项目阐述如下。

实验模块一：材料物理性能的虚拟仿真

序号	实验项目	实验内容	实验类型
1	半导体物理与器件原理虚拟仿真	半导体器件中“结”的形成过程仿真；半导体载流子输运仿真；p-n 结电压-电流方程、肖特基接触等仿真。	基础实验
2	磷酸铁锂电极材料充放电过程中结构变化虚拟仿真	动力电池基本原理仿真；电极材料的晶体结构、电化学过程中晶体结构的变化仿真；充放电过程中的曲线仿真；电极稳定性仿真等	研究型实验
3	压电材料压电效应的虚拟仿真	测量在机械载荷和电载荷加载时，压电材料正、逆压电效应所产生的位移、力、电荷等微小的物理量	综合实验
4	差热发电原理可视化虚拟仿真	N 型/P 型材料的性能及截面积匹配度仿真；材料电阻和负载电阻匹配度仿真，工作温度以及提供温差对输出电压和功率影响	研究型实验

实验项目 1 半导体物理与器件原理虚拟仿真

1) 实验内容

采用 LabView、Python、COMSOL 等数值模拟、器件模型软件构建半导体物理与器

件课程中半导体掺杂、半导体载流子输运、载流子复合、pn 结形成、pn 结电压-电流方程、肖特基接触等模型，并加入可变参数如载流子掺杂浓度、缺陷态浓度、半导体功函数、金属功函数等，以图形、动画的形式生动地展示半导体材料的光电特性、半导体中器件的形成过程及其影响因素。可通过（1）拉动施主浓度和受主浓度下方的滑块来调控 pn 结两侧的掺杂浓度；（2）实时获得在该掺杂浓度下 pn 结两侧内建电势差、pn 结耗尽区的宽度、p 型区内和 n 型区内耗尽层的宽度；（3）观察掺杂浓度对以上参数的影响规律。

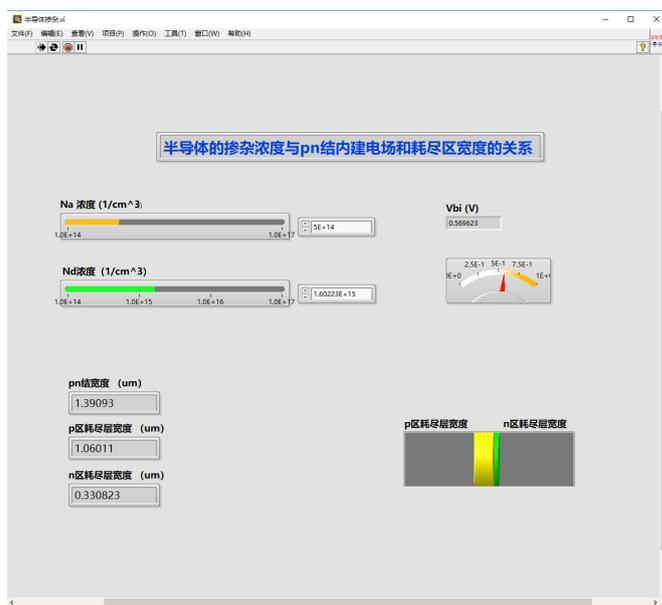


图 1. 采用 LabView 设计的半导体掺杂浓度对 pn 结特性影响规律的可视组件

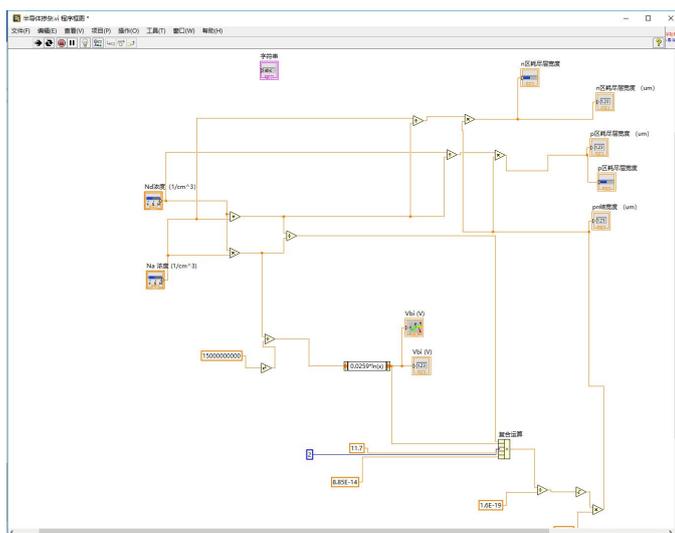


图 2. 采用 LabView 设计的半导体掺杂浓度对 pn 结特性影响规律可视组件的程序框图。

2) 实验功能及效果

通过调控材料的掺杂浓度、掺杂种类可以实现对半导体材料光电性质的控制，这个过程使得半导体材料具有丰富多样的光电特性。深入认识半导体的掺杂、半导体器件中“结”的形成过程，学生可以掌握半导体器件工作及设计的规律，可加速设计、优化、开发新型的半导体器件的过程。通常来讲，这些理论并非显性知识，在讲解的过程中涉及到大量的数学模型和数学运算，学生往往因此而产生畏难的情绪，使得课堂授课效果不理想。若采用虚拟仿真的手段，可以形象化地将深奥的知识转换成可视、可调、有规律性的图表、模型、动画，有利于学生对知识的宏观把握，有利于激发学生的学习兴趣 and 增加对知识的理解，可起到非常好的教学效果。

实验项目 2 磷酸铁锂电极材料充放电过程中结构变化虚拟仿真

1) 实验内容

模拟仿真典型电极材料的晶体结构、电化学过程中晶体结构的变化和电化学原理。通过操作获得具有与实际相近效果的实验体验，以及对电化学过程中晶体结构变化的深刻理解。主要包括：晶体结构绘制，与标准卡核对绘制结果，实验原理的可视化体验，体验难以操作的实验技能。

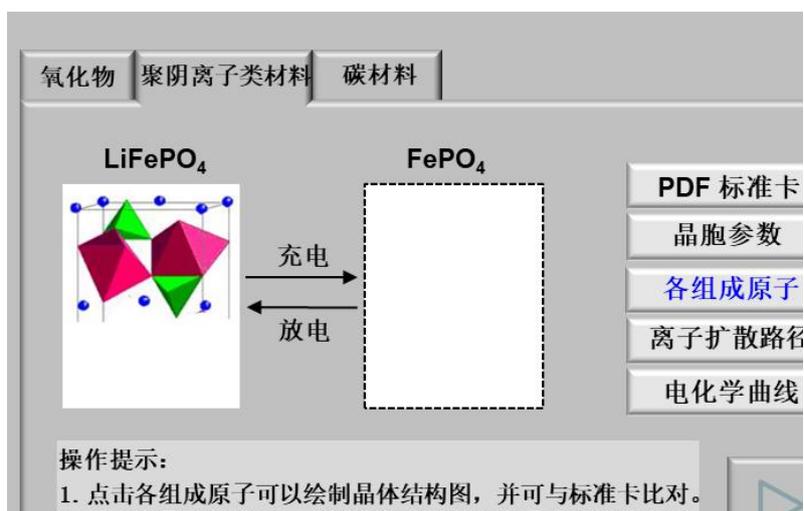


图 3 电极材料晶体结构绘制的操作界面

2) 实验功能及效果

学生通过仿真实验可以体会到不同电极材料在电化学过程中的结构变化，加深对

电极材料结构的理解，并使学生对电极材料的微观结构产生浓厚的兴趣，提高学习效率。此系列仿真实验不仅减少了实验器材的消耗，降低了实验操作的成本，同时可培养学生的空间思维和创新力。

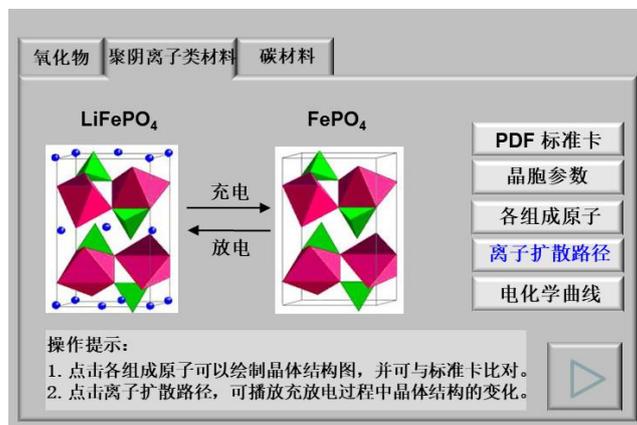


图 4 充放电过程中电极材料结构变化的操作界面

实验项目 3 压电材料压电效应的虚拟仿真

1) 实验内容

压电效应的实验研究，其实验目的是为了测量在机械载荷和电载荷加载时，压电材料正、逆压电效应所产生的位移、力、电荷等微小的物理量，即将这些微小的力学量与电学量进行分离与解耦。因此，单从机电耦合的角度分析，施加外力、外电场的设备应具有高精度，测量由外力、外电场通过正、逆压电效应所产生的电荷、微位移、微力的检测设备同样应具有高精度。通过实验获得具有与实际相近效果的实验体验，以及对实验过程的深刻理解。主要内容包括实验原理的可视化体验，实验操作过程的训练，体验难以操作的实验技能，对实验结果进行处理。

压电陶瓷的极化及工作原理：压电陶瓷的基础是某些晶体在承受压力或张力等机械应力时产生电荷的能力，称为正压电效应，如图 1。反之，在接触电场时这类晶体会产生受控变形，称之为逆压电效应，如图 2。电荷的极性取决于晶体相对于压力方向的方向。

压电陶瓷通过极化的压电特性：烧结后，陶瓷体宏观为等方性，对外不显示任何压电特性。这些压电特性必须通过极化产生，在此过程中，陶瓷体接触强直流电场，使得电偶极与电场方向对齐。即使不再施加直流电场，它们也将很大程度保持该方向（残留极化），从而产生压电特性。

图1 正压电效



图2 逆压电效

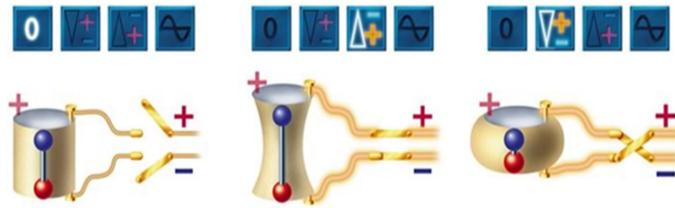


图5 正电效应和逆电效应示意图

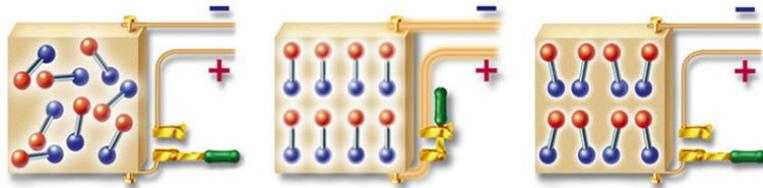


图3 极化前、极化中和极化后

图6 压电材料极化过程示意图

正逆压电效应的性能仿真

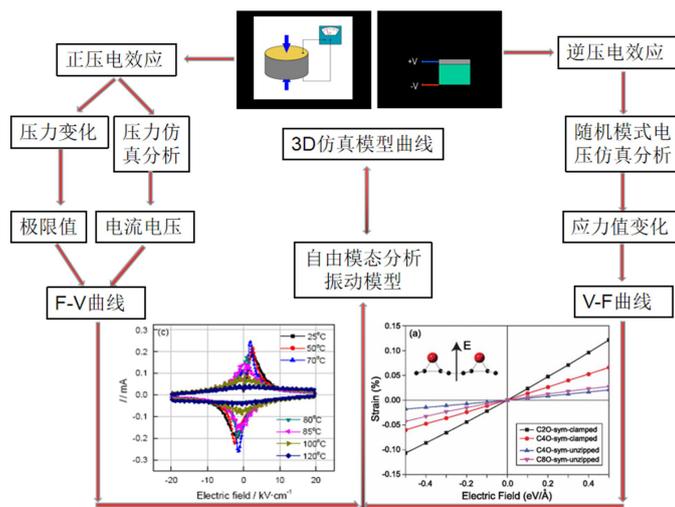


图7 压电效应性能仿真程序框图

2) 实验功能及效果

学生在操作步骤和提示信息的指导下，可以体验到在机械载荷和电载荷加载时，压电材料正、逆压电效应内部变化原理，以及与所产生的位移、力、电荷等物理量变化的对应关系。针对压电材料正逆压电效应转化原理抽象，不容易理解掌握，该虚拟仿真实验，作为现实实验的相互补充，具有与现实操作等同效能，提高学生操作体验的真实感，揭示实验原理的微观形态，有效提升了实验教学效果。

实验项目 4 差热发电原理可视化虚拟仿真

1) 实验内容

热电效应可简单分为热能-电能转化的塞贝克效应和电能-热能转化的帕尔贴效应，可分别用于实现热电发电和热电制冷的功能。温差热电器件仿真的实验研究，实验原理为由热能向电能转化的塞贝克效应，其实验目的是为了测量在给定温差（ $\Delta T=T_H-T_C$ ）和工作温度区间（热端温度 T_H ~冷端温度 T_C ）时，本实验项目可通过分别选定组成器件的 N 型热电材料和 P 型热电材料，并调整其几何参数和外部负载电阻，以此来模拟器件的最终输出电压、电流、功率和热-电能量转化效率。内容包括改变材料工作温度和合适温差参数、N、P 型热电 LEG 的选定、以及块材几何尺寸的设置等等。

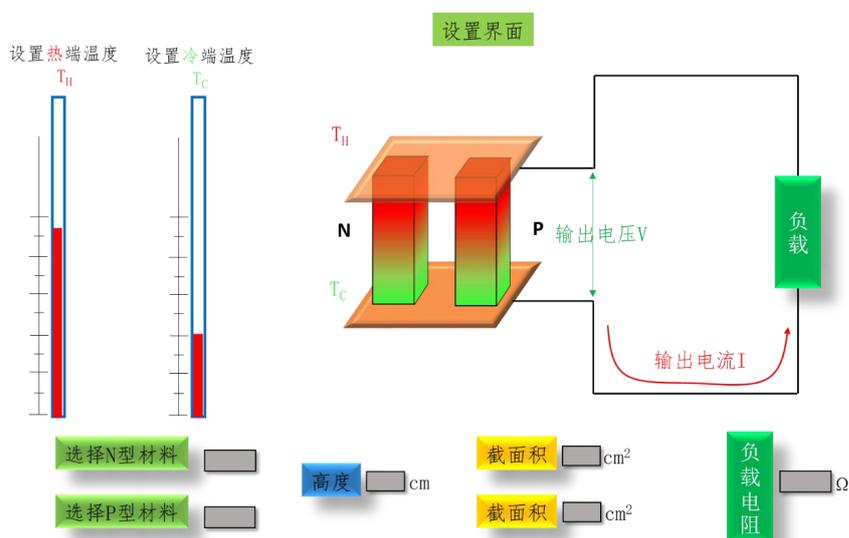


图 8 差热发电基本原理

2) 实验功能及效果

学生在操作步骤和提示信息的指导下，可以体验到在调整温差、服役温度区间、组成热电材料及其几何尺寸、负载等等因素的情况下，对输出电压、电流、功率和热-电能量转化效率的影响。针对热电能量转化原理抽象，不容易理解掌握，该虚拟仿真实验，作为现实实验的相互补充，具有与现实操作等同效能，提高学生操作体验的真实感，揭示实验原理的微观形态，有效提升了实验教学效果。

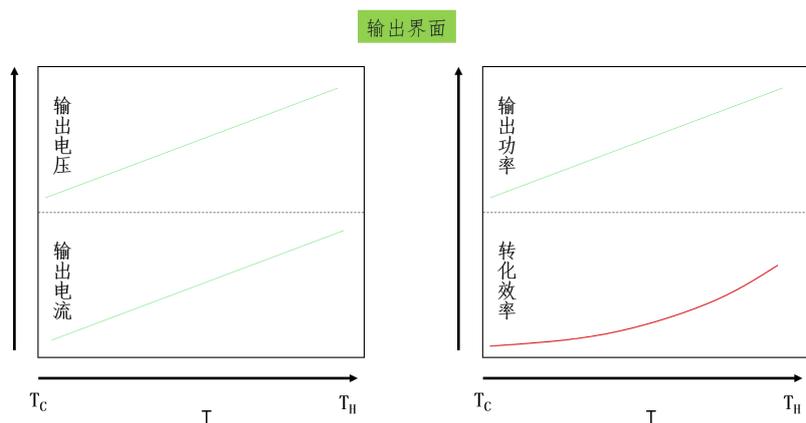


图9 差热发电 T_c 、 T_H 参数对输出性能的影响

实验模块二：新能源器件组装工艺的虚拟仿真

序号	实验项目	实验内容	实验类型
1	压电器件组装工艺实训虚拟仿真	压电陶瓷的大小、厚度、叠加方式(即电学连接方式)等对多层压电陶瓷制动器输出电压、位移、谐振频率及机电耦合系数等特性参数的影响,结合喷墨形态及数量,掌握了解器件工作原理及影响因素	研究型实验
2	纽扣锂电池组装、原理及生产实训虚拟仿真	测定不同体系的充放电曲线、循环伏安曲线和交流阻抗曲线等电化学性能;计算纽扣电池的比容量、能量密度、功率密度及离子扩散系数等重要指标。	研究型实验
3	太阳能电池组装、工作原理及特性分析虚拟仿真	太阳能电池发电原理、性能影响因素可视化仿真;太阳能电池器件组装工艺仿真;测试分析太阳能电池的光电转换性能;太阳能电池性能的优劣及其原因分析等。	研究型实验

实验项目 1 压电器件组装工艺实训虚拟仿真

1) 实验内容

利用压电材料的逆压电效应,设计一种多层压电陶瓷制动器。通过配制浆料、流延、印叠、等静压、切块、烧结、被银、检测并封装于保护结构内部的新型叠加式压电陶瓷器件。在外电场的驱动下使得喷嘴液腔壁产生机械位移,改变液腔体积,从而在液腔内部产生压力波,利用压力波驱动墨水形成液滴,并从喷嘴喷出。基于一维压电弹性理论方程,分析压电陶瓷的大小、厚度、叠加方式(即电学连接方式)等对多层压电陶瓷制动器输出电压、位移、谐振频率及机电耦合系数等特性参数的影响,结合喷墨形态及数量,掌握了解器件工作原理及影响因素。

2) 实验功能及效果

学生在操作步骤和提示信息的指导下,可以体验到器件的生产工艺流程,以及压电器件工作原理。该虚拟仿真实训实验,具有与现实操作等同效能,让学生能够感受到企业化生产工艺流程,操作真实感强,对影响器件性能的感受直观、深刻,有效提

高了实验教学效果。

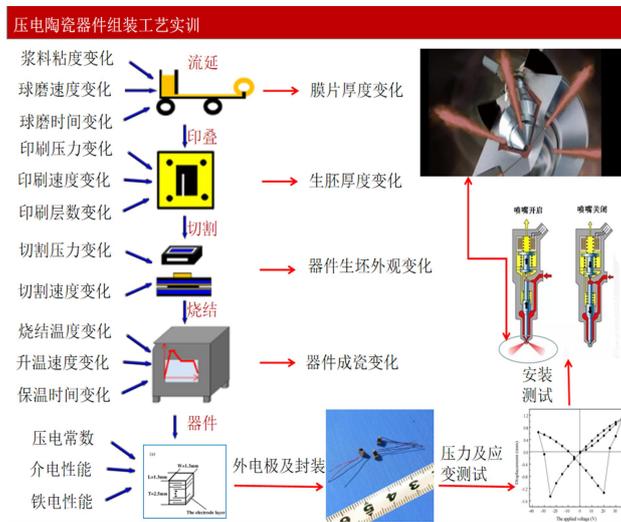


图 10 压电陶瓷器件组装工艺仿真工作界面

实验项目 2 纽扣锂电池组装、原理及生产实训虚拟仿真

1) 实验内容

了解纽扣电池各组成部分的制备方法、不同体系的充放电原理，不同体系所对应的电化学性能以及相应的参考文献等。该仿真实验可通过测定不同体系的充放电曲线、循环伏安曲线和交流阻抗曲线等电化学性能，计算纽扣电池的比容量、能量密度、功率密度及离子扩散系数等重要指标。该仿真实验的操作界面如图 1 和图 2 所示。

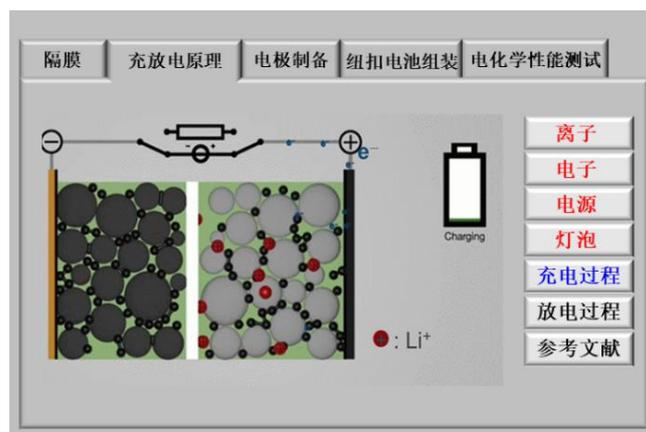


图 11 锂电池充放电原理仿真操作界面

2) 实验功能及效果

学生在操作步骤和提示信息的指导下，可以体验搭配不同正负极、隔膜电解液和集流体的组装纽扣电池，并获得相应电化学性能的曲线。该虚拟仿真实验，具有与现实操作等同效能，可模拟纽扣电池的各种状况，节约学生实际操作时间，提高学生操作体验的真实感，对实验原理的深刻理解。现实实验操作的教学时间有限，作为现实实验的相互补充，该仿真实验有效提高了实验教学效果。

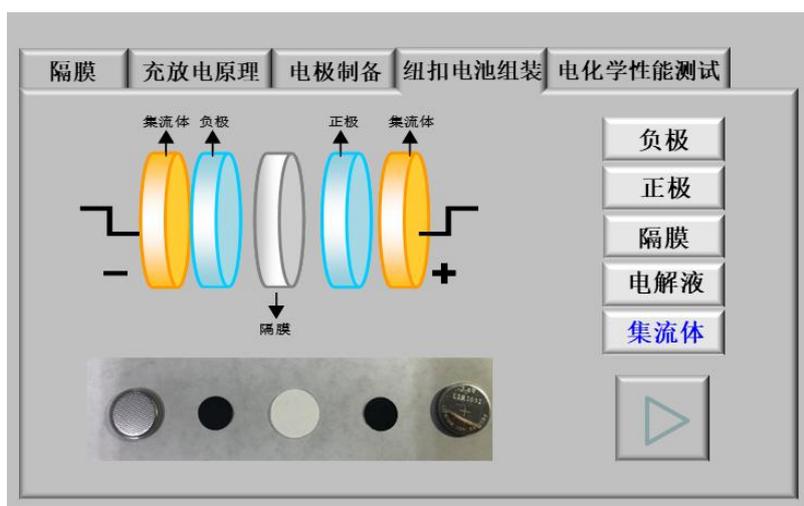


图 12 纽扣电池组装及相应电化学性能分析的操作界面

实验项目 3 太阳能电池组装、工作原理及特性分析虚拟仿真

1) 实验内容：

太阳能电池可将光能转换成电能，是目前清洁能源发展的重要方式之一。本实验中通过对太阳能电池发电原理的分析、性能影响因素进行详细的讲解。在此基础上，学生通过制作太阳能电池并测试分析太阳能电池的光电转换性能。最终通过评价太阳能电池的参数，分析太阳能电池性能的优劣及其可能的原因，加深对太阳能电池工作过程的理解，为今后从事太阳能电池的开发提供优化的思路。同时每一部分有响应的测试题，可以加深学生对知识的掌握，且培养学生分析问题，解决问题的能力。本虚拟仿真内容包括 5 个部分，分别讲解太阳能电池的工作原理、类型、组装、性能评价及影响性能的因素分析。每一部分下分为两块，包括互动视频和自测题。通过互动视频，学生可以深入学习各个部分的基本内容；通过测试题，可以检验学生的理解和掌握程度，从而有的放矢地进行实验理论内容的讲解和有效地指导学生的实验。另外，

本系统包含学号登陆系统，可以实时查看每一位学生的学习进度和状态，了解学生整体的学习效果。

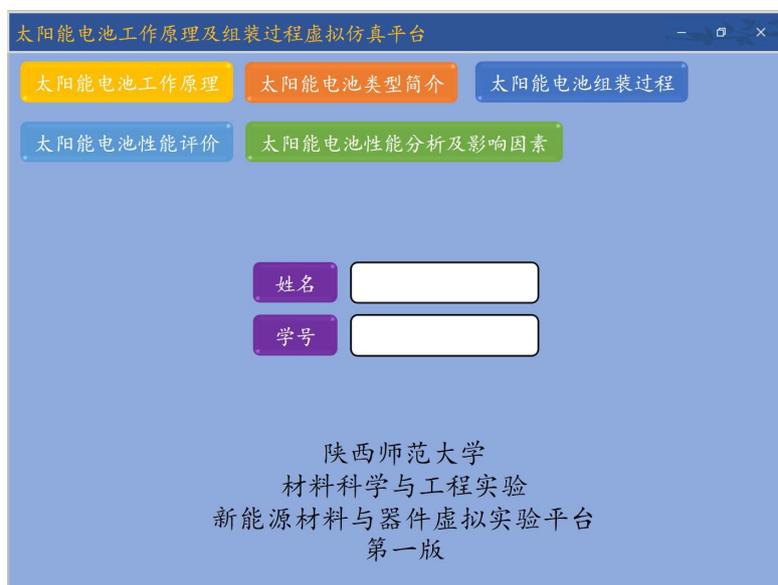


图 13 太阳能电池工作原理及组装过程虚拟仿真平台首页界面

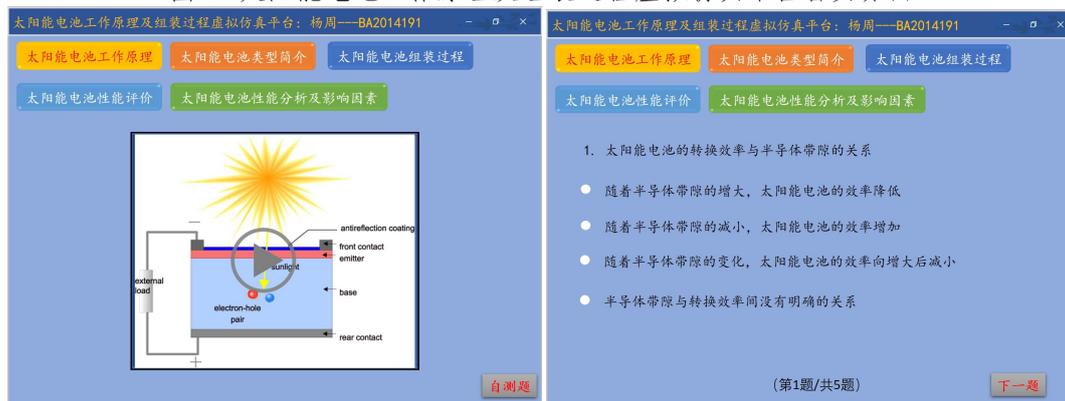


图 14 太阳能电池原理、器件组装及特性分析虚拟仿真程序内容概要

2) 实验功能及效果

通过理论部分的学习和测评，结合实验中遇到的实际问题，学生可以更好的理解实验现象并提出解决问题的方案。教师可以根据学生的学习状况，不断更新互动视频的内容和自测题的内容，以更好地适应学生的学习特点，加强学生对理论知识的理解和实验技能的培养。例如，在太阳能电池性能评价过程中遇到性能较差的电池，可以通过引导学生结合理论学习的内容分析可能产生的原因、需要的检测手段、进一步优化方案，让学生建立起良好的分析、解决实际工作中遇到问题的能力。

实验模块三：大型科学仪器工作原理及其操作虚拟仿真

以虚拟仿真实验可视化展示材料表征大型科学仪器的功能原理以及对材料微观形貌、物相元素组成以及化学键类型等进行表征的实际工作过程，使学生对材料学科科学研究中的材料表征过程有深刻的理解和身临其境的体验，根据学院目前大型仪器的使用频率，我们拟定了四个实验项目。

序号	实验项目	实验内容	实验类型
1	材料微观形貌和区域元素表征的场发射扫描电镜虚拟仿真	场发射扫描电镜主要组成部分的动画拆解和仿真演示；电子和材料相互作用产生电子信号的仿真。	基础实验
2	多功能 X 射线衍射系统实际应用虚拟	多功能 X 射线衍射系统的各功能附件动画仿真；不同附件模块组合实现多种表征功能的仿真；不同表征功能实际操作的仿真。	基础实验
3	核磁共振波谱仪（400MHz）使用过程的虚拟仿真	仪器的构成部件及工作原理仿真；仪器的制样/进样可视化仿真；仪器转速、扫描次数、测试温度对不同杂核的波谱图影响仿真。	基础实验
4	原子力显微镜虚拟仿真培训系统	采用 Flash 技术营造虚拟操作平台，虚拟 AFM 操作过程中的轻敲模式、接触模式、智能模式以及液体模式等系统；悬臂振幅随样品高度变化的仿真	基础实验

实验项目 1 材料微观形貌和区域元素表征的场发射扫描电镜虚拟仿真

1) 实验内容

本实验首先对科研用日立 SU8020 冷场扫描电镜的电子发射枪、各级聚光镜以及物镜光阑、二次电子及背散射电子探测器、能谱探测器、五轴样品台等主要组成部分进行动画拆解和组装演示，然后模拟电子束从电子枪发射开始，经各级聚光镜光阑和物镜光阑到达表征样品表面，产生的二次电子、背散射电子以及特征 X 射线被不同位置不同类型的电子信号探测器接收形成的展示不同结构信息的二次电子形貌相、背散射成分相以及元素区域分布相的完整过程。实验中涉及物理电子学、磁学以及化学中的轻重元素等知识，学科交叉性强，对培养学生以学科交叉为特征的“新工科”意识具有重要作用。图 1 是场发射扫描电镜结构组成展示的两种方案，图 2 是场发射扫面

电镜工作原理的展示方案。

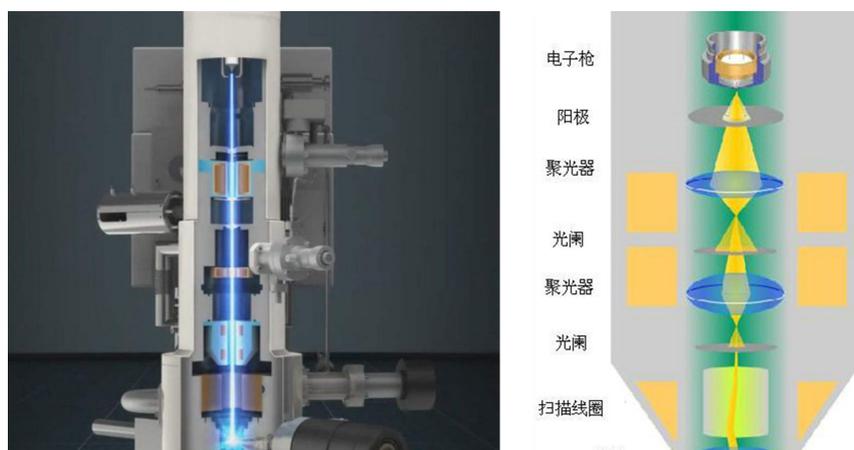


图 15 场发射扫描电镜的组成结构展示方案

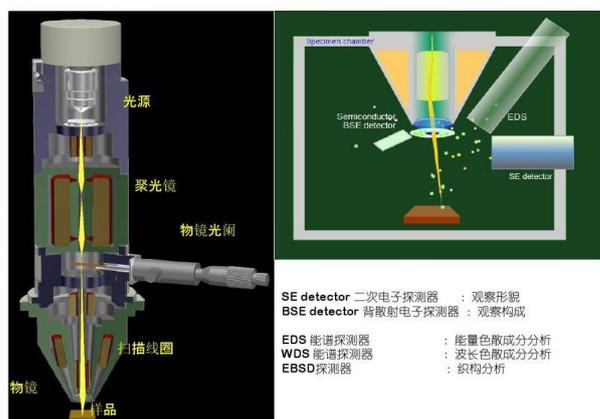


图 16 场发射扫描电镜的工作原理展示方案

2) 实验功能和效果

该仿真实验不仅能使学生对材料表征常用大型科学仪器-场发射扫描电镜的内部组成和工作原理有直观的了解，还能使学生通过实验体验材料科学中表征研究的具体过程，加深对物理、材料结构等相关理论知识的理解，培养学生具备初步的材料科学研究素质和树立多学科交叉的创新意识。

实验项目 2 多功能 X 射线衍射系统实际应用虚拟仿真

1) 实验内容

本实验将理学 SmartLab (9) 型多功能 X 射线衍射系统的各个功能附件利用动画模拟模块化，利用动态演示将各个模块进行组合从而实现多功能 X 射线衍射系统的

In-plane/Out-plane 衍射、小角散射、微区、变温 XRD 等多种功能。使学生了解掌握 X 射线衍射、小角散射的基本原理和不同材料表征应用之间的关系，向学生介绍基于材料晶体结构基本知识开发相关表征技术手段的基本理念，使学生对抽象的晶体结构知识进行具体、直观和可视化的再理解。如图 3、图 4 所示。

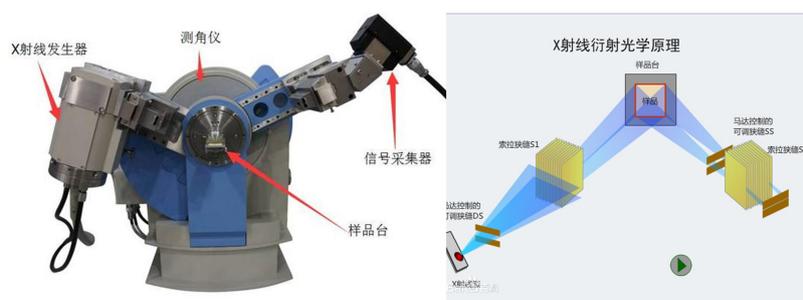


图 17 X 射线衍射系统主要功能模块组成及光学原理

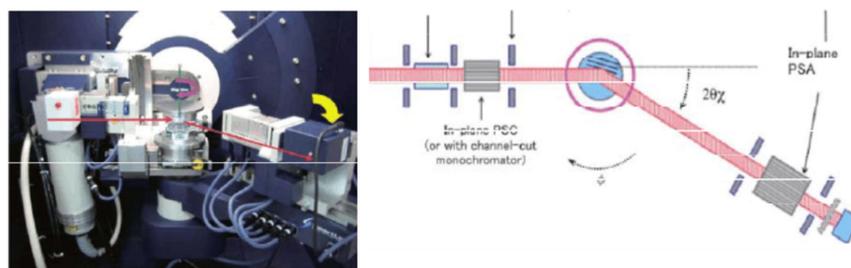


图 18 In-plane 功能模式的实物图和模块化示意图

2) 实验功能和效果

使学生在基于材料晶体学知识的基础上，直观了解材料晶体学表征设备多功能 X 射线衍射系统的基本原理和各多功能模块。通过各功能模块组合的动画显示，使学生掌握设备不同功能的使用方法，提高学生设备操作的真实感，克服了学生现实实验功能模块少、只操作少原理的局限性，达到了比现实实验更好的实验效果。

实验项目 3 核磁共振波谱仪（400MHz）使用过程的虚拟仿真

1) 实验内容

本实验模拟核磁共振波谱仪的离线操作系统，首先对仪器的主要组成部件进行动画模拟拆解和组装演示，然后对仪器的原理进行演示，模拟仪器的制样与进样步骤，通过离线操作模拟界面（如下图所示），改变仪器的转速，扫描次数，测试温度等参数，来模拟测试不同杂核的波谱图。

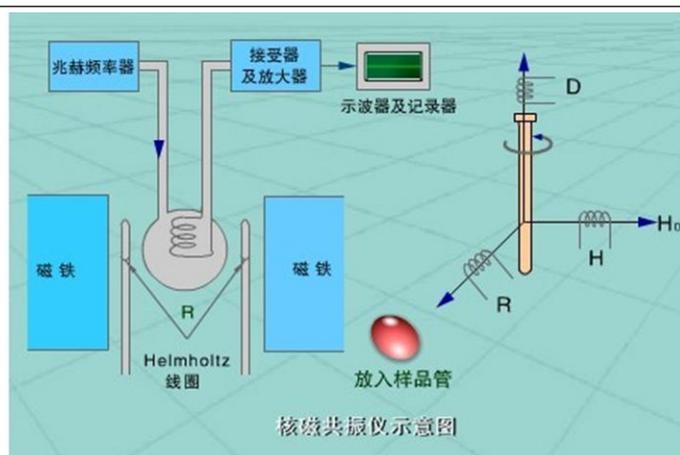


图 19 核磁共振波谱仪工作原理示意图

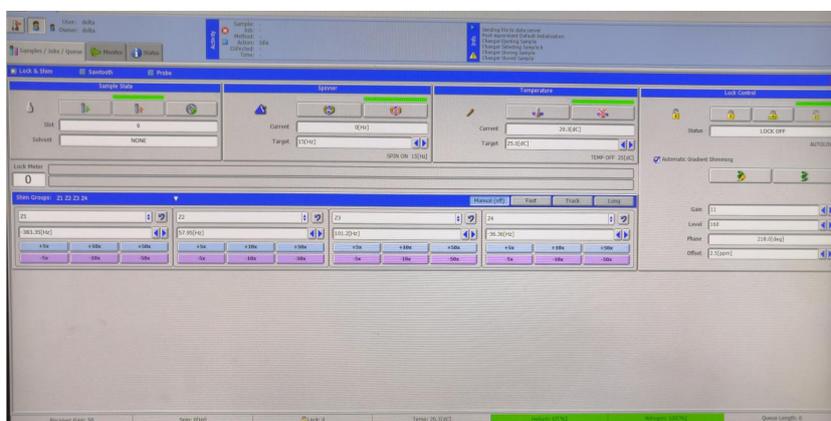


图 20 核磁共振波谱仪离线操作模拟界面

2) 实验功能和效果

该虚拟研究是设计与开发大型仪器虚拟实验训练系统，针对仪器的原理以及测试条件进行模拟测试，使学生通过该模拟系统，在计算机上可以自主学习，虚拟系统中包含有多个功能模块与学习资源，通过选择不同的测试条件，进行虚拟操作，得出不同的测试结果，该系统具有丰富的学习资源，包括工程师培训的内容，示范教学视频，仪器工作原理动画图，虚拟操作平台。教学应用研究过程中，通过虚拟实验获得测试数据，并进行分析总结，进一步探索归纳出该仪器的功能开发。

实验项目 4 原子力显微镜虚拟仿真培训系统

1) 实验内容

本实验是通过扫描探针显微镜的教学需求，设计与开发该仪器虚拟实验训练系

统，结合教学需求，对扫描探针显微镜的不同测试模块进行模拟操作，采用 Flash 技术营造虚拟操作平台。该系统能够模拟 AFM 的操作系统，包括轻敲模式、接触模式、智能模式以及液体模式，通过原理介绍仪器的构造以及使用方法，以悬臂振幅作为反馈信号，扫描开始时，悬臂的振幅等于阈值，当探针扫描到样品形貌变化时，振幅发生改变，探测信号偏离了阈值而产生了误差信号。系统通过 PID 控制器消除误差信号，引起扫描管的运动，从而记录下样品形貌以及表面力学性能等信息。原理图如下所示

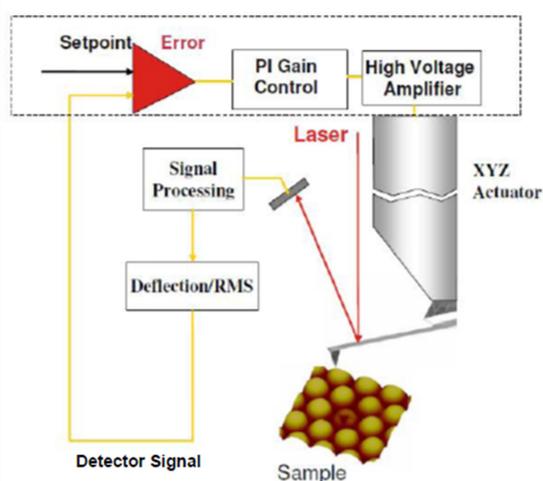


图 21 扫描探针显微镜仿真培训系统工作原理示意图

2) 实验功能和效果

该实验能够提供一个类似于原子力显微镜的操作平台，通过对三维物体的交互式操作来完成模拟实验操作，可促进学生新知识、新问题、新观点、新视觉的产生。在虚拟实验室开发过程中采用 Adobe Captivate 软件实现训练功能、组合运用多种手段实现虚拟实验训练系统功能的高效开发。

实验模块四：实验过程中的安全隐患虚拟仿真

序号	实验项目	实验内容	实验类型
1	氢燃料电池组装及性能测试中安全隐患虚拟仿真	氢气泄漏、触电、高温烫伤、应急方法	实验安全
2	激光使用中安全隐患虚拟仿真	激光潜在的伤害、个人防护、应急方法	实验安全
3	纽扣锂电池生产中安全隐患虚拟仿真	纽扣漏液原因、危害、防护、应急方法	实验安全
4	实验安全操作虚拟仿真	实验室的环境、个人行为操作规范	公共安全
5	安全隐患排查虚拟仿真	实验室化学品存储、气瓶正确放置方法、夜间操作注意事项、安全用电等可视化仿真	公共安全

该模块真通过运用 3D、Flas 和 VR 等技术手段，模拟实验室真实环境，使学员的视角漫游在虚拟实验室场景中。通过对实验过程中的安全隐患及排查等方面知识的学习，使学员快速、准确掌握相关实验室安全印花的相关知识和排查方法。隐患查找虚拟仿真软件采用“找茬”的游戏风格，使学员在虚拟的实验室环境中，查找可能出现的安全隐患，对其查找出来的安全隐患提出正确的处理方法，其目的是检验学员的学习情况。整体虚拟场景设计形象逼真，画面流畅，简单易操作，能极大的提升学员的学习乐趣。本虚拟仿真软件可用于实验教学、考核、安全培训及安全演练等方面。

实验项目 1 氢燃料电池组装及性能测试实验安全隐患虚拟仿真

1) 实验内容

氢燃料电池是以氢气作燃料为还原剂，氧气作氧化剂的燃料电池，通过燃料的燃烧反应，将化学能转变为电能的电池。在实验中主要存在氢气泄漏、触电、高温烫伤等方面的安全隐患。在本项目中，通过虚拟仿真的方法，采用多媒体、三维建模的手段模拟了实验室发生氢气泄漏、触电、高温烫伤的事故场景，由学生选择合适的事故处理方案，进行虚拟仿真演习，在模拟条件下，有氢气捡漏、报警、爆炸、触电和烫伤后果及急救方法等特效出现，场景代入感强，要求操作者要在保障自身生命安全的前提下，迅速做出应对反应。本项目包括氢气泄漏、触电、高温烫伤等。

2) 功能及效果

通过演练，学生可掌握在燃料电池组装及性能测试中，潜在的氢气泄漏、爆炸、触电和烫伤相关知识及正确的应急处置办法，可以使学生在事故发生时保持镇定，合理处置，最大限度降低事故带来的危害。通过虚拟仿真手段，可以解决真实实验事故显示困难、发生事故后学生不会处理等疑难问题。



图 22 氢气泄漏及报警装置虚拟仿真



图 23 触电应急处理虚拟仿真

实验项目 2 激光使用中安全隐患虚拟仿真

1) 实验内容

激光焊机是利用高能量的激光脉冲对材料进行微小区域内的局部加热，激光辐射的能量通过热传导向材料的内部扩散，将材料熔化后形成特定熔池。在使用激光时，伴随有激光、电击、红光、有毒气体、燃烧等多种潜在的安全隐患，这些都会对人体造成严重伤害。

新能源材料与器件专业使用激光的实验课程有：激光微加工、光致发光、激光诱导载流子等。让学生掌握安全使用激光的方法，了解其危害，可以有效地杜绝其使用过程中的安全隐患，保证学生的人身安全。由于其危害性，无法直接用实验的方法进行阐述，需要采用 3D、Flas 和 VR 等虚拟技术，对激光使用过程中潜在的危险和保护措施进行可视化虚拟仿真。

2) 功能及效果

通过虚拟仿真技术，可帮助学生了解激光能量密度高的原理、激光造成人体损伤的机制和危害、非激光损伤的原因，在此基础上让学生掌握使用过程中潜在的危险和保护措施等知识，有效避免事故的发生，提高学生的安全意识以及安全知识储备。

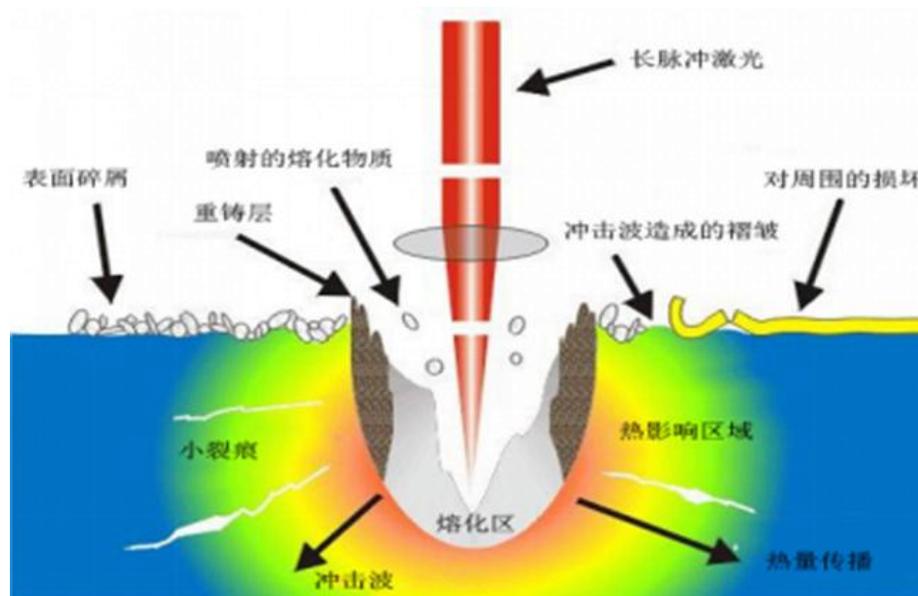


图 24 激光焊机工作原理示意图

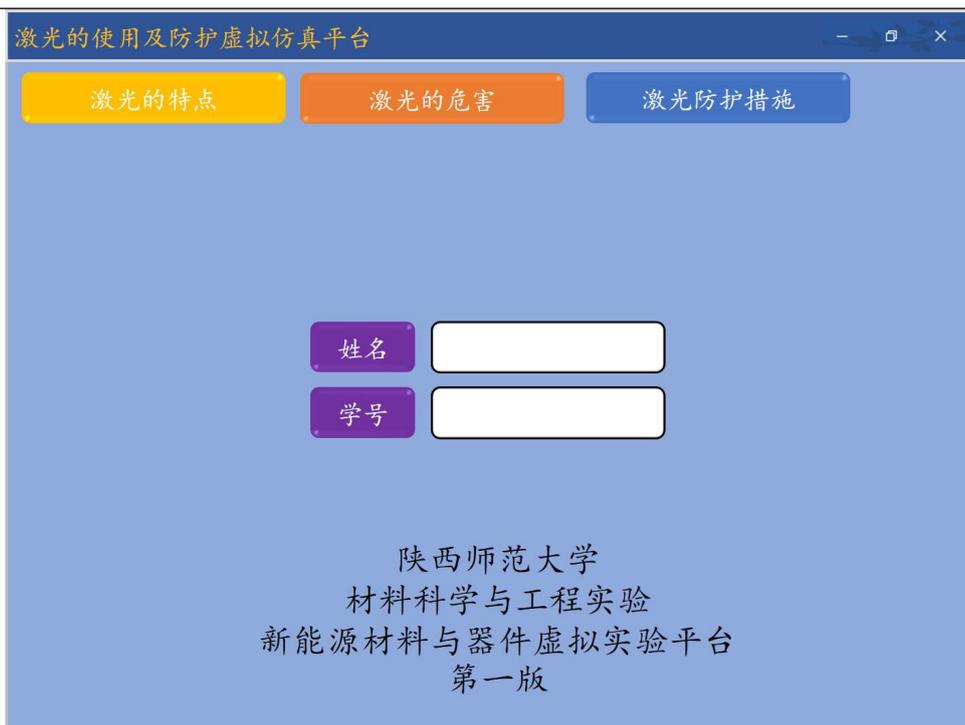


图 25 激光的使用及防护虚拟仿真界面



图 26 激光的特性界面

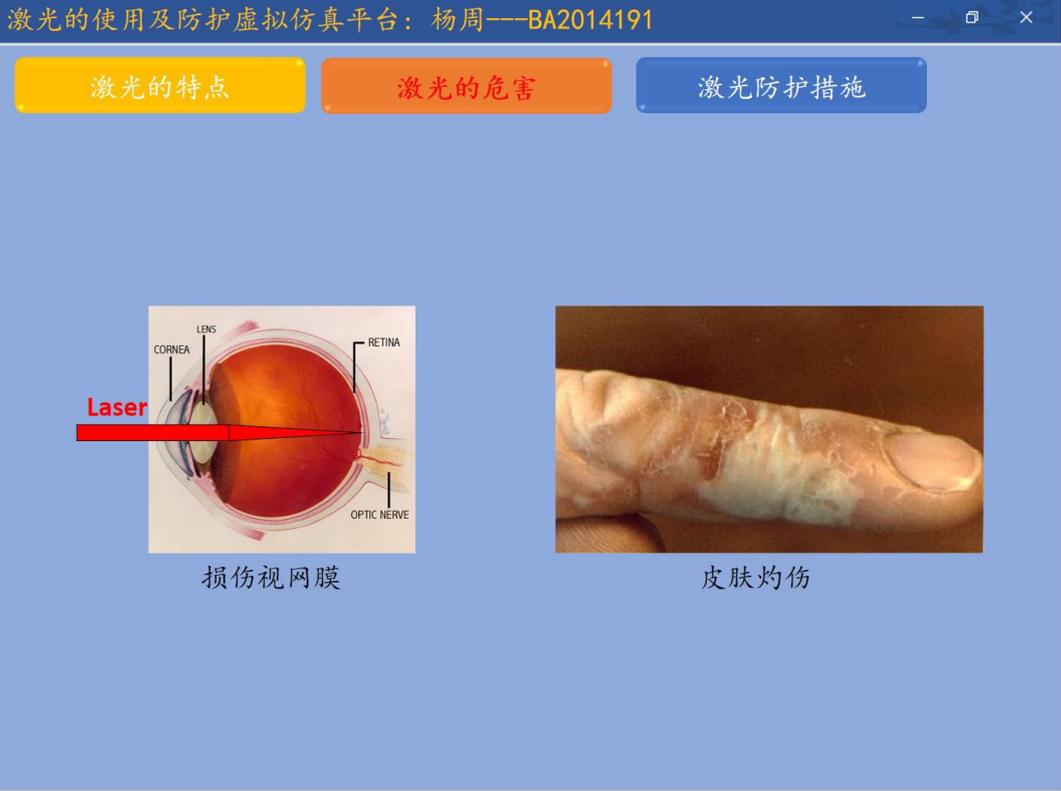


图 27 激光对人体的伤害界面



图 28 激光防护界面

实验项目 3 纽扣锂电池生产中安全隐患虚拟仿真

1) 实验内容

纽扣电池在生产过程中，因生产设备、组装方式、生产环境的影响，会产生一些漏液、着火等安全问题，本模块主要是让学生了解纽扣电池在生产过程中可能出现的安全问题，掌握应急措施。该仿真实验可通过模拟解决不同条件下出现的安全问题，培养学生解决纽扣电池生产中出现安全事故的能力。

2) 实验功能及效果

该虚拟仿真实验，具有与现实安全问题等效的模拟情景，可模拟纽扣电池在生产过程中的各种安全隐患。学生在操作步骤和提示信息的指导下，可以学会应对不同安全隐患的处置方法，提高他们在遇到真实安全隐患时的应急解决能力，并获得预防安全隐患的相关知识。实验操作中的安全隐患要高度重视，但现实中教学时间有限且安全事故不可演示，作为现实实验教学的补充，该虚拟仿真显著的提高了实验教学效果，提升了学生学习的兴趣。



图 29 纽扣电池着火问题仿真操作界面



图 30 纽扣电池漏液问题仿真操作界面

实验项目 4 实验安全操作虚拟仿真

1) 实验内容

模拟个人进入实验室的注意事项，如观察安全疏散图、灭火器材、洗眼器、配电箱等位置、戴防护手套、防毒面具和防护眼镜、破碎玻璃仪器的处理办法、实验室垃圾分类处理办法、实验室水电煤气安全使用方法、腐蚀、剧毒和有机物等有危害性化学物质的处理方法等等。



图 31 进入实验室个人防护操作界面



图 32 设备操作虚拟仿真界面



图 33 个人防护用品的适配性学习界面

2) 功能及效果

材料化学工作者经常接触易燃易爆、有毒有害危险化学品。实验中因为违规操作等原因，很容易引发实验安全事故。因此，要熟悉实验环境中安全设施的存放位置和逃生通道，同时也要做好个人防护。本模块主要用于训练熟悉实验环境以及进入实验

区域之后，包括在实验前、实验中、实验后不同阶段中，个人防护措施和行为准则等。通过学习，可以增强实验者的安全防护意识，减少意外事故的发生

实验项目 5 安全隐患排查虚拟仿真

1) 实验内容

本项目内容包括化学品存储相关隐患排查、气瓶存放隐患排查、实验设备隐患排查、消防安全排查、用电安全排查等

2) 功能及效果

实验室客观存在着诸多不安定因素，极易引发安全事故。因此，要遵守实验室的相关规则和制度、正确使用相关仪器设备，还需要经常对实验室进行隐患排查，发现异常现象和不正确的行为要及时纠正，将危险遏制在萌芽状态，防患于未然。本项目设置了将近一百种实验室常见的隐患点，如药品存储不合理、在实验室饮食、消防器材移位，个人防护设备损坏等众多隐患。通过隐患查找虚拟仿真软件，让学生发现隐患并学习正确处理方法，提高学生的安全责任意识，以此为鉴，更好地规范其实验室行为。

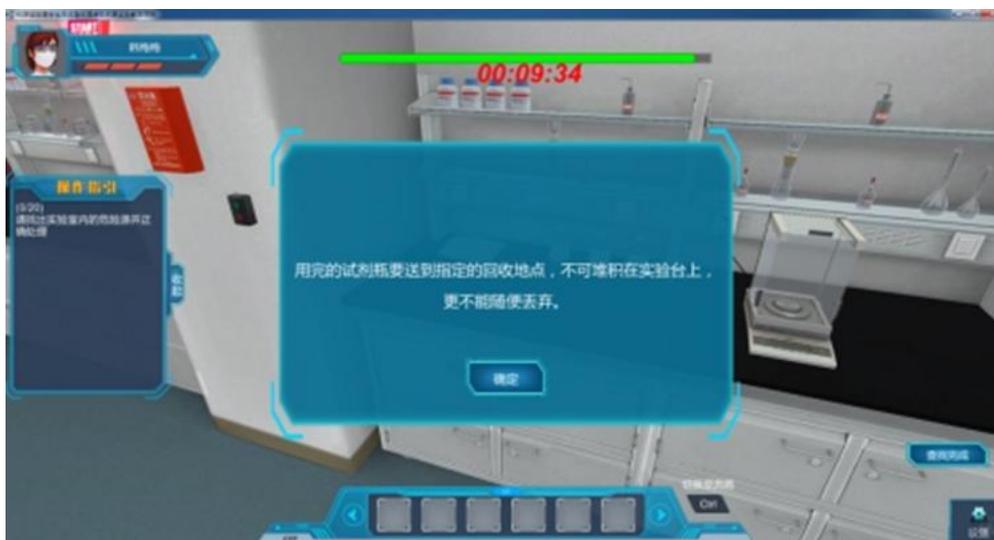


图 34 安全隐患排查仿真软件使用界面

2.3 由科研成果(近五年)转化而来的实验教学内容

材料科学自成立以来，积极探索将教师的科研成果转化为实验教学内容的途径。在《超级电容器组装及点亮 LED 灯演示》实验中，刘宗怀教授将基于天然石墨剥离的

石墨烯用于超级电容器电极，通过与导电胶、乙炔黑混合磨浆，涂覆在泡沫镍集流体上，并组装成超级电容器器件，研究器件的循环伏安、充放电性能、电化学阻抗以及循环寿命等，并点亮 LED 灯；在《染料敏华太阳能电池的制备及性能表征》实验中，陈新兵教授将纳米 TiO₂ 浆料涂覆与导电玻璃表面，随后经干燥、焙烧，再将染料 N719 吸附在 TiO₂ 表面，构成了染料敏华太阳能电池；在《压电陶瓷贾卡梳的制备及压电效应演示》实验中，杨祖培教授、晁小练博士以压电陶瓷材料为原料，经涂胶、干燥器件组装等工艺，可获得能点亮 LED 灯的压电贾卡梳；

此外，在新能源材料与器件专业实验课中（2019 年 9 月开课），已将雷志斌教授的研究成果“基于棉布碳化的织构化碳纤维”列入《柔性超级电容器器件组装及性能测试》实验讲义中；将刘生忠教授、杨周副教授的高稳定性钙钛矿太阳能电池的研究成果列入《钙钛矿太阳能电池组装及性能》中；同时，安忠维教授、陈沛教授关于液晶材料研究结果也列入《液晶材料介电及光电性能测试》中；李琪副教授关于锰基混合磷酸盐正极材料也将应用于《锂离子电池的组装及性能》实验中。

2.4 合作企业的概况、参与程度和合作成果

沈阳捷诚软件技术有限公司捷诚软件成立于2006年，是一家专业从事虚拟仿真实验、物联网+实验、实验中心平台和各种课程资源的建设、软件开发、销售及服务于一体的高新技术企业。开发了大型仪器、化学化工、实训软件、食品工程等诸多方面虚拟仿真实验，在国内高校虚拟仿真实验建设中享有盛誉。早在2014年，我校就与该公司取得联系，拟定共同开发具有针对性的虚拟仿真实验项目，为后续我院虚拟仿真实验项目开发技术指导。

北京欧倍尔软件技术开发有限公司在实验室安全仿真软件开发方面具有较大影响力。开发了包括安全常识、个人防护安全软件、实验室隐患排查软件、化学品洒出仿真软件、实验室火灾仿真软件、水银泄漏应急处理软件、停水停电仿真软件、试剂安全软件、消防器材使用培训软件、实验室安全仿真软件等。

陕西德飞新能源科技 有限公司是一家集研发、生产和销售镍氢/锂离子充电电池、动力电池及相关配套产品为一体的现代高新技术企业。作为我院校企合作单位，在新能源与器件虚拟仿真实验项目开发提供了有益帮助。作为校企合作单位，西安隆基硅

业、陕西黄河集团有限公司在太阳能电池实训虚拟仿真实验方面给予了极大帮助。与新能源企业实习相结合的虚拟仿真实验实现了实习与虚拟实训的有效结合，提高了专业实习的教学效果。

2.5 目前教学资源共享的范围和效果

作为材料科学与工程学科建设新成员，我院参加了我国知名材料学院院长联席会及我省材料学院院长联席会，不仅给予我们学习的好机会，也使兄弟单位对我们有了了解的机会。与同行的交流，大大提高了实验教学的水平。作为陕西师范大学实验示范中心资源共享单位，与化学化工学院实验教学中心共享资源，并加入了陕西省大型仪器协作网和西安市大型仪器共享平台，面向社会开放。使两院合作大型仪器平台成为西安地区高校先进单位。合作开发的网络化管理软件系统，形成了集教学、管理、服务于一体的和虚拟仿真实验教学资源，在多学科交叉人才培养中发挥了巨大作用。

(1) 虚拟仿真实验教学资源已成为实体实验教学的重要组成部分。通过虚拟仿真实验教学资源建设，使学生不受时间与空间限制获得实验教学资源，实现可视化体验实体性实验不能观察到的光电材料的微观机制、提高了学生从微观水平深刻理解材料性能产生的本质，有效高了实验教学的实际效果、学生分析问题、解决问题的能力；通过大型仪器虚拟仿真实验，使学生对大型表征仪器的构造、原理、性能能够得到充分理解，大大提高了学生利用大型仪器从事分子表征、科研创新的能力。

(2) 合作研发仪器和管理系统被多所高校采用。参与的自主开发研制“教学—管理—服务”一体的网络化软件系统被西北大学、湖南师范大学、首都师范大学等 10 所院校的 13 个院系使用。实验教学软件已推广至全国 80 多所院校。

(3) 加强了实验教学学术交流和教学改革。我院积极参新工科专业建设探索交流，“新能源材料与器件专业建设探索与实践”入选教育部及陕西省首批新工科研究与实践项目，并于 2018 年 2 月 17 至 18 日，在新工科建设与发展高峰论坛暨综合性高校新工科研究与实践项目进展交流会上进行了交流。我院还先后走出去于请进来相结合，与西安交通大学大学、西北工业大学、华南理工大学、武汉理工大学等高校就实验教学进行深入探讨，我院以多学科交叉为特点的新能源材料与新能源材料与器件专业建设的到广泛认可。

(4) 网络化信息平台深受校内外师生欢迎。中心网站集实验教学、管理与服务为一体，成为以网络服务于教学及提高实验教学质量和效率的典范。目前，中心网站已成为我院人才培养、教学及科学研究必不可少的资源。

2.6 进一步实现共享的计划与安排

(1) 通过建设陕西省新能源材料与器件虚拟仿真实验教学中心，完善虚拟仿真实验教学网络平台。通过承办及参加实验教学及学术会议，进一步扩大陕西省新能源材料与器件虚拟仿真实验教学平台示范和辐射作用。

(2) 每年举办实验教师、实验技术人员培训班，继续与国内师范院校、高水平大学开展广泛、深入、多层面的合作与交流，发挥实验教学示范中心的示范与引领作用，与陕西省光电功能材料实验教学中心密切结合，实现优势互补。

(3) 加强虚拟仿真化学实验的科研力量，丰富和深化虚拟仿真新能源器件科学原理及工艺组装的实验内容，逐步加大本科生综合实验、创新实验和研究型实验中的虚拟仿真实验课程比例，逐步提升利用虚拟仿真进行科研创新的水平，提高学生在科研实践中的创新能力。

3. 虚拟仿真实验教学队伍

3.1 虚拟仿真实验教学中心主任	姓名	陈新兵	性别	男	年龄	44
	专业技术职务	教授	学位	博士	联系电话	029-81530701
	邮箱	chenxinbing@smnu.edu.cn			手机号码	13572567937
	主要职责	陈新兵，博士，教授，博士生导师，陕西师范大学材料科学与工程学院院长。负责制定材料科学与工程学院光电功能材料实验教学示范中心的师资队伍建设、实验室建设、教学研究计划和发展规划；负责组织申报各类实验教学研究项目，推动实验教学改革；统筹安排实验室建设经费的使用、大型仪器设备的管理；负责开展对外交流与合作；负责实验中心工作人员的分工和责任落实及年终考核工作等。				
	工作经历	2003年6月，工学博士，西安近代化学研究所； 2004-2008，副教授，西安近代化学研究所； 2005-2008，博士后，日本山口大学工学部； 2008至今，副教授、教授，博士生导师，陕西师范大学				
教研科研主要成果（科研成果限填5项）	陈新兵教授长期从事液晶材料和液晶复合材料、燃料电池、质子交换膜材料、阴离子交换膜材料材料的研究工作。目前承担国家自然科学基金“聚合物近晶相有序结构固化构筑阴离子膜及其微相分离对电导率的提升机制”（2018/01-2021/12），以及陕西省科技创新团队项目“液晶光学材料与器件研究创新团队”等。先后获得陕西省中青年科技创新领军人才（2017）、陕西青年科技奖（2016）、陕西省科学技术奖一等奖（2015，排名第二）等奖项。主讲本科生课程《有机化学（上、下）》、《液晶材料》以及《功能材料综合实验》等课程，科研成果如下： 1 Qian Shi, Pei Chen, Xueliang Zhang, Qiang Weng, Xinbing Chen, Zhongwei An, Synthesis and properties of poly(arylene ether sulfone) anion exchange membranes with pendant benzyl-quaternary ammonium					

	<p>groups. <i>Polymer</i>, 2017, <i>121</i>, 137-148.</p> <p>2) Qian Shi, Pei Chen, Jinfang Zhou, Qiang Weng, Xueliang Zhang, Xinbing Chen*, Zhongwei An. Poly(arylene ether sulfone) bearing multiple benzyl-type quaternary ammonium pendants: preparation, stability and conductivity. <i>RSC Advances</i>, 2017, <i>7</i>, 30770–30783.</p> <p>3) Jinfang Zhou, Pei Chen*, Qiang Weng, Jianhua Fang, Xinbing Chen*, Zhongwei An. Phenolate anion-based branched/cross-linked poly(arylene ether sulfone) hydroxide exchange membranes. <i>Int. J. Hydrogen Energy</i>, 2016, <i>41</i>, 5765-5775</p> <p>4) Dingqian Shi, Kun Hu, Pei Chen*, Aiai Gao, Weisong Du, Ran Chen, Xinbing Chen*, Zhongwei An. Nematic mesophase enhanced via lateral monofluorine substitution on benzoxazole-liquid crystals. <i>Liq. Cryst.</i>, 2016, <i>43</i>(10), 1341-1350.</p> <p>5) Dingqian Shi, Kun Hu, Pei Chen*, Weisong Du, Aiai Gao, Ran Chen, Xinbing Chen*, Zhongwei An, Improved nematic mesophase stability of benzoxazole-liquid crystals via modification of inter-ring twist angle of biphenyl unit. <i>Liq. Cryst.</i>, 2016, <i>43</i>(10), 1397-1407</p>												
3.2 教师基本情况		正高	副高	中级	其它	博士	硕士	学士	其它	专职	总人数	平均年龄	
	人数	21	16	3	2	38	2	2	0	42	42	42	
	占总人数比例	50%	38%	7%	5%	90%	5%	5%	0	100%			
3.3 中心人员信息表													
序号	姓名	年龄	学位	专业技术职务	承担教学/管理任务		专职/兼职						
1	陈新兵	44	博士	教授/博导	中心主任/中心主任		专职						
2	胡道道	57	博士	教授/博导	纽扣电池组装、原理及实训/中心副主任		专职						
3	刘宗怀	56	博士	教授/博导	电池器件组装及实训教学		专职						
4	杨祖培	56	博士	教授/博导	压电器件组装工艺实训教学		专职						
5	刘生忠	57	博士	教授/博导	太阳能电池工作原理教学		专职						
6	雷志斌	48	博士	教授/博导	电池器件组装及实训教学/中心副主任		专职						

7	曾京辉	46	博士	教授/博导	太阳能电池工作原理教学	专职	
8	杨合情	56	博士	教授/博导	温差热电器件仿真教学	专职	
9	安忠维	60	博士	教授/博导	太阳能电池工作原理	专职	
10	李玉虎	62	学士	教授/博导	核磁共振采集中的虚拟仿真	专职	
11	陈沛	45	博士	教授/博导	压电器件组装工艺	专职	
12	吴笛	33	博士	教授	温差热电器件仿真教学	专职	
13	江瑞斌	35	博士	教授/博导	半导体物理与器件原理	专职	
14	蒋加兴	41	博士	教授/博导	电池器件组装及实训教学	专职	
15	陈煜	44	博士	教授/博导	电化学储能仿真	专职	
16	刘治科	35	博士	教授/博导	太阳能电池材料与器件仿真	专职	
17	贾丽超	38	博士	教授/博导	半导体物理与器件原理	专职	
18	胡鉴勇	49	博士	教授/博导	半导体物理与器件原理	专职	
19	高斐	53	博士	教授	半导体物理与器件原理	专职	
20	金普军	43	博士	教授	材料微观形貌的场发射扫描 电镜虚拟仿真	专职	
21	赵奎	37	博士	教授	太阳能电池组装及特性分析	专职	
22	杨周	34	博士	副教授	太阳能电池组装及特性分析	专职	
23	孙颀	35	博士	副教授	电池器件组装及实训教学	专职	
24	李琪	30	博士	副教授	电池器件组装及实训教学	专职	
25	王强	37	博士	副教授	差热发电原理	专职	
26	何学侠	35	博士	副教授	磷酸铁锂电池组装及实训	专职	
27	沈淑坤	39	博士	副教授	仪器分析原理	专职	
28	邓宇巍	40	博士	副教授	核磁共振波谱仪原理	专职	
29	徐华	34	博士	副教授	电池材料维度虚拟仿真	专职	
30	石峰	35	博士	副教授	材料微观形貌的场发射扫描 电镜虚拟仿真	专职	
31	闫俊青	35	博士	副教授	X射线衍射的原理及应用	专职	
32	邢慧萍	40	博士	副教授	原子力显微镜原理仿真	专职	
33	王大鹏	37	博士	副教授	半导体物理与器件原理	专职	
34	苟婧	38	博士	副教授	半导体物理与器件原理		
35	周亚军	40	博士	讲师	核磁共振波谱仪原理	专职	

36	靳春泓	52	硕士	行政人员	项目经费管理	专职	
37	赵桦	38	博士	高级实验师	大型仪器平台虚拟仿真	专职	
38	卫洪清	54	硕士	高级实验师	实验室安全仿真教学	专职	
39	晁小练	43	博士	高级实验师	压电材料与器件虚拟仿真教学	专职	
40	赵光涛	32	博士	实验师	X射线衍射的原理及应用	专职	
41	薛占飞	33	硕士	学院办公室主任	网站更新维护	专职	
42	马文华	25	学士	科员	教学秘书	专职	

3.4 虚拟仿真实验教学队伍实验教学水平和成果

自 2011 年材料科学与工程学院成立，学院一直重视师资队伍建设。学院建设之初，就提出了“保证质量、扩大规模、优化结构”的师资队伍建设指导思想。经过七年多的建设，师资队伍得到了显著改善。教师由成立之初的 11 人增加到目前的 46 人。直接参与本次虚拟仿真实验教学中心建设的教师 42 人，其中教授 21 人，副教授 13 人，高级实验室 3 人。教学中心队伍中包括国家“百千万人才工程”第一、二层次入选者 2 人，享受国务院政府津贴者 3 人，“国家有突出贡献的中青年专家”获得者 2 人，宝钢优秀教师奖 1 人，陕西省“三秦学者”1 人，陕西省“百人计划”特聘教授 7 人，陕西师范大学教学质量优秀奖获得者 3 人。这些教师绝大多数有 2 年以上海外及博士后研究经历，平均年龄 42 岁。

依托于材料科学与工程学院建设的陕西省光电功能材料实验教学示范中心，围绕“新工科”理念下的光电功能材料实验教学体系建设，完成了校级教改项目 2 项（课堂教学模式改革创新研究项目“能源材料专业课程及教学资源建设”，完成人，刘宗怀，2016-2018，2 万元；全英语教学示范课程建设项目“材料化学专业英语”，完成人，曾京辉，2016-2018，1 万元）。为了进一步提高我院人才培养质量，学院启动了院级精品课程及教材建设项目工作，孙颀博士等人负责的《材料科学与工程基础》课程获得院级立项，陈新兵教授主编的《液晶材料合成》，王强副教授主编的《材料微结构与性能表征技术》课程获得校级教材建设项目获得校级立项。胡道道教授等人负责的《新能源材料与器件专业建设探索与实践》获陕西省新工科研究与实践项目以及教育部新工科研究与实践项目支持。为我院在师范大学的较强理科背景下积极探索新工科教育提供了机遇。陈新兵教授申报的“燃料敏化材料制备及太阳能电池制备虚拟仿真实验项目”获得 2018 年度示范性虚拟仿真实验教学项目校级立项支持，资助金额 20 万元。雷志斌教授负责的《新能源材料与器件专业实验课程建设》获陕西师范大学教学综合改革重点项目支持；邓宇巍副教授负责的《高分子材料实验与技术》获得学校立项支持，沈淑坤副教授主持的《绘制示意图在基础仪器分析课程教学中的实践与研究》获得教师能力发展中心支持。

在学校的系列教学大赛中，陕西省光电功能材料实验教学示范中心也表现不俗。

孙颀博士在第十届青年教师基本功大赛中获外语组一等奖，何学侠副教授在第十届青年教师基本功大赛中获理科组二等奖。2018年，江瑞斌教授获第十一届青年教师基本功大赛理科组二等奖，杨周副教授获得理科组优秀奖，王强副教授获得第三届教师实验教学创新技能大赛优秀奖。

4. 管理与共享平台

4.1 校园网络及教学信息化平台（平台水平、主要功能）

2004年—2009年，学校启动数字校园建设项目，完成了校园网的扩容升级、存储与安全系统、数字教学支持系统、教育电子政务系统、数据中心及应用系统建设项目。2010年完成了教学区校园无线网络工程，基于校园统一身份认证的无线网络已覆盖全部学生生活区及教学区。2010年—2013年完成了校园网核心的升级改造，实现了核心及主干网络的万兆互联（Juniper 960），完成了校园网“大二层”改造和校园网的全网认证。基于万兆光纤的高速校园网，通过 Chinanet 与 Internet 联网，实现了校园有线和无线网络 100% 双覆盖，为教学和科研提供了良好的网络条件。中心依托学校数字化校园系统，构建了完善的信息化管理和虚拟仿真实验网络环境。

中心建设以来，依托材料科学与工程学院，在中央财政、教育部和学校的大力支持下，依据实验教学资源建设要求，购置了网络服务器强化网络化支持能力。学校及学院网络硬件资源完全能够满足虚拟实验课程资源的快速、高效使用与虚拟仿真实验教学平台运行，也为虚拟仿真实验教学资源的进一步发展奠定了良好基础。借用覆盖整个学校教学场所的校园网络服务器创建了 Web 网站。此外，校园门户网站提供虚拟仿真实验教学平台连接等相关服务，能满足现代信息化实验教学的要求。

4.2 网络管理与安全

（1）实验室智能化建设：中心以虚实结合方式，使实体与虚拟空间集中在中心的网络化资源管理中，实现了实验教学与管理的智能化统一。实验室安装有“门禁系统”，通过确认的学生，可通过校园一卡通即可进入实验室做实验，该系统开放式管理提供了便利，使学生与实验室之间建立了方便简捷的沟通。

（2）计算机与网络安全：为了保障虚拟实验系统的稳定运行和数据安全，学院拥有计算机专业人员，并建立了安全隔离与信息交换（网闸）技术（GAP 技术），实现包括数据完整性检查、病毒查杀、恶意攻击代码检查等安全检查功能；支持身份认证、数字签名的身份认证功能；对接入用户的 IP 严格限制，仅教师和管理人员可以从外网通过 VPN 接入信息化管理系统，有效杜绝了外部网络 and 用户对中心网络系统的攻击和侵入；建立完善日志系统的安全审计功能等。使网络更具安全性、快捷性，

保证了整个虚拟实验系统的健康稳定的运行。

(3) 安全与环保：中心在关键区域安装有红外监控系统，对楼道、核心实验室实行 24 小时不间断监控与录像，学校保安 24 小时执勤、巡逻，实行物品出入登记制度，全面负责大楼安全。物管公司还有专职清洁工，每天打扫卫生，保持大楼、走廊和实验室的清洁卫生。实验室安装有烟雾报警器，配备有灭火器，具有较完备的消防设施。实验室的电线（动力和照明线）电缆（网线）均采用暗线暗盒施工，规范有序，并采用防火材料，保证了实验环境的安全。实验室环境幽雅、通风透光、宽敞舒适、干净卫生，为学生提供了良好的工作环境。学院专门开设有实验室安全教育课程，在考试通过后方具有进入实验室从事实验的资格。中心统一实验室安全规范，制定有系列实验室安全制度。每个实验室均张贴的《实验室安全工作规定》、《学生实验守则》等有关实验室管理规定；学院建有从学院到中心再到各个实验的层级式实验室安全责任制，每个实验室都有专人管理，做到责任到人，实验楼内无安全责任死角。且有定期与不定期结合的实验室安全监督检查。实验室安全的软硬件环境，为中心虚实结合的实验室顺利提供了保证。

5. 条件保障

5.1 虚拟仿真实验教学中心基础条件（仪器设备配置情况、环境、运行与维护等）

（1）仪器设备配置情况和环境

依托材料科学与工程学院，中心建有虚实结合的实验管理网站。依据实验教学资源建设要求，购置了专门服务于学院的网络服务器强化网络化支持能力。依据教学计划和虚拟仿真实验要求，先后购置用于虚拟仿真实验的硬件设备及 LabVIEW、Gaussian、Chemoffice、M.S.等仿真模拟软件，保障自主开发与已开发软件改造，以更好适应教学需求。建有专门服务器运行室、功能各异实验室及配备齐全的全方位实验室安全设施。保证满足空间及运行环境的安全。

（2）运行与维护

1) 配备网络维护和管理人员：中心配备了计算机和网络方面的专业技术人员，负责网络化系统的正常运行。对网络实验教学系统进行定期维护，对实验软件系统进行随时升级，保证每个单元实验保持良好状态。若存在较大问题，由中心与校内信息中心或合作公司取得联系，及时排除运行故障。

2) 维护维修经费保障：实验中心的设备维修基金每年以维持费形式从学校拨入，基本保证了实验中心的正常维护、耗材购买与维修费用。

5.2 虚拟仿真实验教学中心管理体系（组织保障、制度保障、管理规范等）

（1）层级式组织管理：

虚拟仿真实验教学是学院教学中的重要资源，为有效管理并使其发挥积极作用。中心建有办公室，设专人负责虚拟仿真实验管理，并外联与内联协调虚拟仿真实验开发。依托学院教学委员会、专业教研室、实验课程组，建立虚拟仿真实验等层级式管理架构；专业教研室研讨各自专业性虚拟仿真实验方案，具体由课程组脚本撰写；教学委员会对中心拟进行的虚拟仿真实验进行审定；中心依据虚拟仿真实验特点和要求，外联专业公司，并组织与课程组进行技术沟通，确定项目进程。

（2）制度保证与管理规范

仪器设备管理制度：中心制订有相关的设备管理制度，设置了专门主管设备负责人，及时协调处理设备运行中存在的问题，保证了系统、设备的稳定运行。实验中心

制定《实验室仪器设备管理制度》和《中心网站管理办法》等规章制度，保证设备账物相符。以专业对应性，建立实验项目组，负责实验项目仪器设备的保养、维护和修理，确保教学实验的正常进行。以网络公开与透明性特点，实现对管理人员的监督与业绩统计，以提高管理人员的自觉性。网上业绩统计与服务反馈相信成为管理人员服务质量的重要考评依据。

5.3 虚拟仿真实验教学中心经费来源及使用情况

(1) 经费来源

中心依托材料科学与工程学院，通过中央高校改善基本办学条件专项资金申报资助，及《陕西师范大学信息化教学 2013-2020 行动计划》申报资助，获得虚拟仿真实验教学资源建设经费，以保证虚拟仿真实验教学的常规性经费支持。同时，中心通过学科建设经费，获得针对性虚拟仿真实验开发的资金支持。形成了常规与非常规获得经费保障体系，使虚拟仿真实验中心的正常运行与发展。

(2) 经费使用规划

1) 虚拟仿真实验教学资源研发：依据专业需求，开发新的优质虚拟仿真实验项目。经费主要用于支付专业软件研发。预计经费 80 万元。

2) 网络实验室建设：对虚拟仿真实验的软硬件条件进行进一步升级和改造，使硬件快捷、软件更具专业性和多功能性。预计经费 70 万元。

3) 人员培训与提升：为加强中心师资队伍和实验技术队伍水平，中心将实施有目的“送出去与请进来”相结合的学习与培训工作，掌握虚拟仿真实验教学的技能。涉及学习与培训人员 5 人次。预计经费 30 万元。

4) 实验室日常管理：为保证中心虚拟仿真实验顺利进行，需要对硬件及耗材进行必要更新与补充。预计经费 10 万元。

6. 审核意见

学校意见	<p>负责人签字 (公章)</p> <p>年 月 日</p>
专家组意见	<p>负责人签字</p> <p>年 月 日</p>