



全国高等学校实验物理教学研究会第六届常务理事会2023年工作会议

近代物理虚拟仿真实验项目的设计与教学

同济大学 物理科学与工程学院
方 恺

2023.7.21

目录

01

实验课程建设

02

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

03

基于X射线技术的物质分类与识别实验

04

总结与展望



KONGLIGA SVENSKA VETENSKAPS-AKADEMIEN

Har vid sin sammankomst den 12 Nov.
1895 i sällskapet med föredragsföreläsning af
ALFRED NOBEL
den 27 November 1895 upplästade testa-
mentet beslutat att mädela halften af öfvers-
öskan öfver hans äro utgifvas till de som
högst utmärkt ha gjort sig utmärkt
uppåt eller uppfinnung till

PIERRE CURIE
OCH HANS HUSTRU FRU
MARIE CURIE

och som en erinran af
den förtjänsten de utlagt på



实验课程建设



大学物理实验课程育人目标



人格

培养辩证唯物主义思想

认真严谨的科学态度

实事求是的科学作风

勇于探索的科学精神

爱国主义精神

遵章守纪品质

能力

实验操作能力

科学观察

缘事析理

明辨是非

独立思考

创新思维

团结协作

知识

学习现代物理实验基本理论、实验方法和测量技术

深入理解和掌握物理原理与科学思想



支撑：新工科、拔尖计划、强基计划、新医科、一流专业等人才培养计划和目标

大学物理实验课程

虚拟实验+实做实验的项目:

- 长度测量
- 杨氏弹性模量测量
- 电表改装
- 示波器的使用
- 空气比热容比测定
- 透镜焦距的测量
- 扭摆法测量刚体转动惯量
- 用波尔共振仪研究受迫振动
- 霍尔效应
- 声速测定
- RC电路暂态和稳态特性研究
- 牛顿环
- 全息照相
- 分光计测量光波波长
- 迈克尔逊干涉
- 夫兰克-赫兹实验

必做实验项目



基础理论的学习
基本光路的调节
电学仪器的使用
数据处理的方法

自选实验项目



理论联系实际的能力
自主学习能力
创新实践能力

实验竞赛
与
拓展学习

实做实验+虚拟实验

课内学习+竞赛拓展

个性化学习

分层次教学

虚拟实验项目: 超分辨率扫描近场光声显微术虚拟仿真实验、测量放射性物质辐射强度的居里实验 等

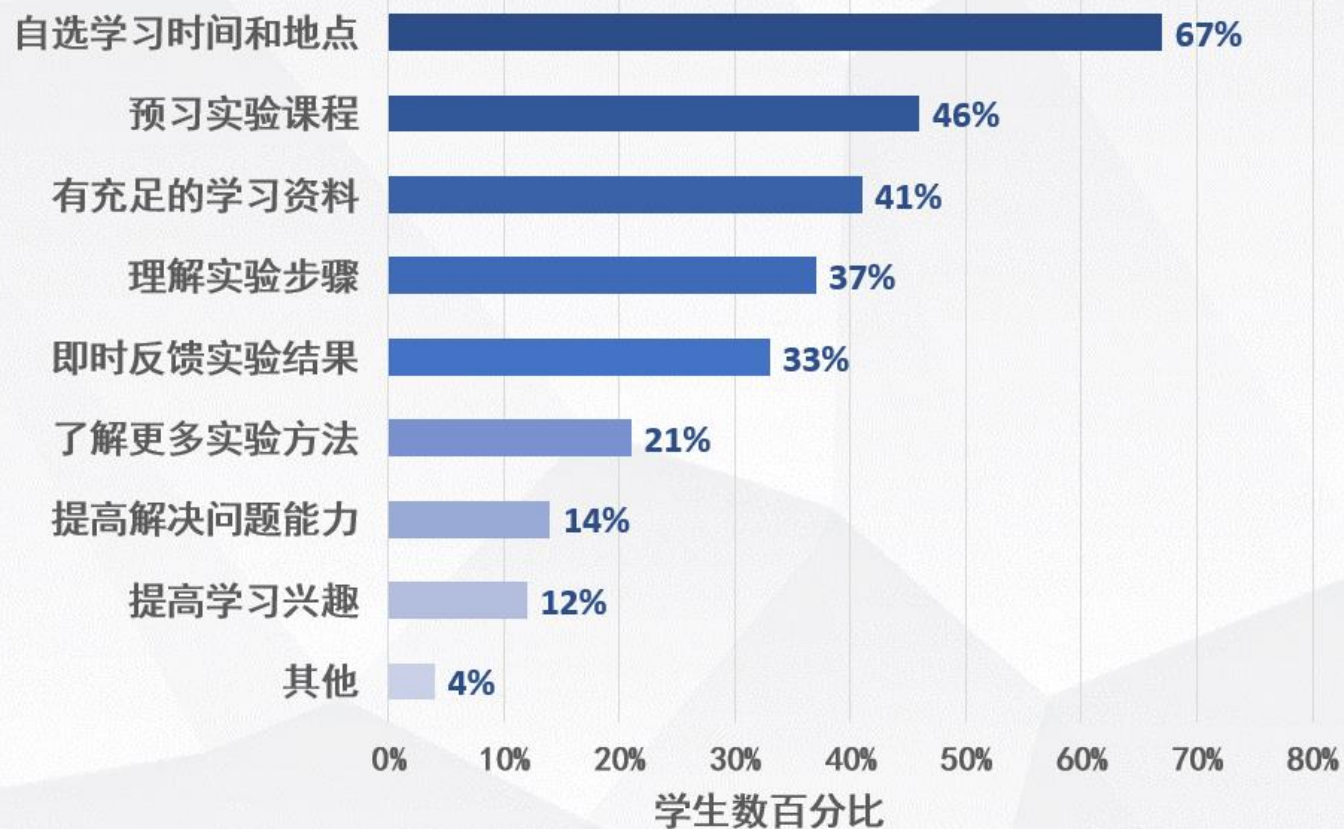


学习交流与反馈

交流与反馈的途径：

- 教学过程（课堂与在线交流）
- 在线调研问卷
- 在线学习记录（虚拟实验+自测题）

在线调研问卷：您认为虚拟实验学习的益处

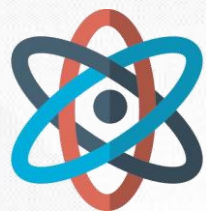




虚拟仿真实验项目建设和教学团队

- 课程建设工作依托同济大学国家工科物理课程教学基地，物理科学与工程学院，物理实验中心，以及教育技术学研究团队进行建设，专家等合作指导。

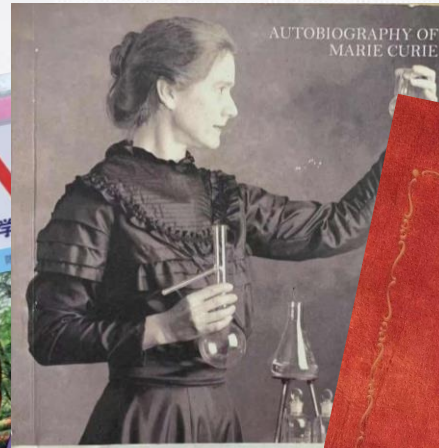
项目建设与教学服务由物理实验教学团队分工协作，共同完成。



测量放射性物质辐射强度的 虚拟仿真居里实验



物理学史 课程思政 物理文化 重温经典



居里夫人自传 两次获得诺贝尔奖

将放射性同位素用于治疗癌症第一人
爱因斯坦最为推崇的女科学家
同书收入《皮埃尔·居里传》和《居里夫人传》



Baidu Baike: 居里夫人

玛丽·居里 (物理学家、化学家、科学家)

玛丽·居里 (Marie Curie, 1867年11月7日—1934年7月4日), 出生于华沙, 世称“居里夫人”, 全名玛丽亚·斯克沃多夫斯卡-居里 (Maria Skłodowska Curie), 法国著名波兰裔科学家、物理学家、化学家。

1903年, 居里夫妇和贝克勒尔由于对放射性的研究而共同获得诺贝尔物理学奖^[1], 1911年, 因发现元素钋和镭再次获得诺贝尔化学奖^[2], 因而成为世界上第一个两获诺贝尔奖的人。居里夫人的成就包括开创了放射性理论、发明分离放射性同位素技术、发现两种新元素钋和镭。在她的指导下, 人们第一次将放射性同位素用于治疗癌症。由于长期接触放射性物质, 居里夫人于1934年7月4日因再生障碍性贫血逝世。^[3]

人物关系: 丈夫皮埃尔·居里, 女儿伊雷娜·居里, 女儿艾芙·居里, 前男友皮埃尔·居里, 女婿让·弗雷德里克·居里, 合作人安东·居里。

两获诺贝尔奖得主居里夫人

居里夫人发现的第一种元素钋 (Po) 是一种银白色的金属, 黑暗中会发光, 是为了纪念居里夫人的祖国波兰而命名的, 是目前最毒的物质之一。

居里夫人最著名的发现——镭 (Ra) 具有剧毒, 它能取代人体内的钙并在骨髓中沉积, 慢性中毒可引起骨髓和白血病。居里夫人最终就死于白血病。



测量放射性物质辐射强度的居里实验

实验内容丰富

综合放射性、光学、电磁学和材料力学等内容
理论联系实际，物理学史与应用进展相结合

设计思想精巧

放大法测量微小电荷量和弱电流
比较测量法获得物质辐射强度

内涵课程思政元素

科学态度和科学精神
中国发展核武器总设计师、“两弹一星”元勋钱三强
曾在居里实验室开展放射性测量研究

分层次教学，实现资源共享

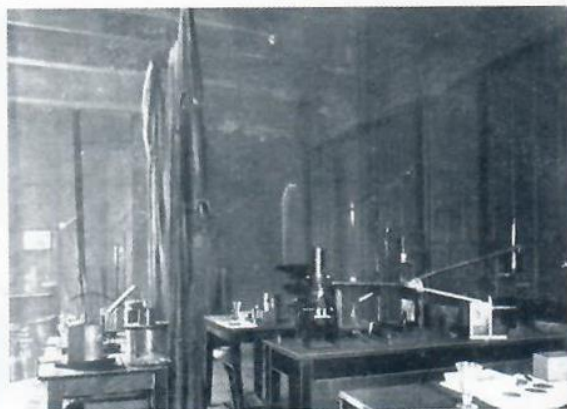
《近代物理实验》、《大学物理实验》等



1903年诺贝尔物理奖



1911年诺贝尔化学奖



法国巴黎物理化学学院 (ESPCI)
校园内居里实验室历史照片
与旧址上的纪念牌



法国巴黎物理化学学院
放射性实验发展历程



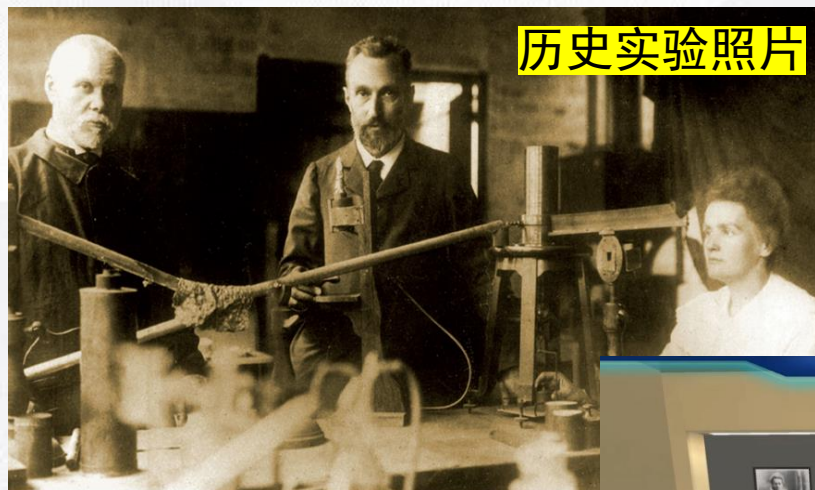
法国巴黎居里博物馆
放射性测量实验装置



法国巴黎物理化学学院（ESPCI）博物馆的
放射性测量实验装置



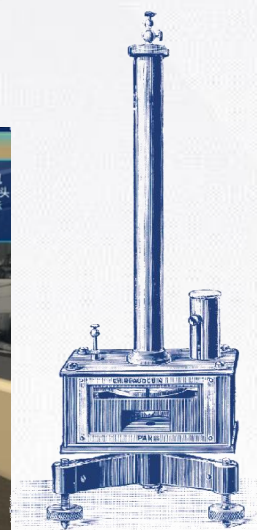
**实验核心要素的仿真度高：
科学思想、实验原理、
装置结构、实验条件和实验结果等；
满足能实不虚要求。**



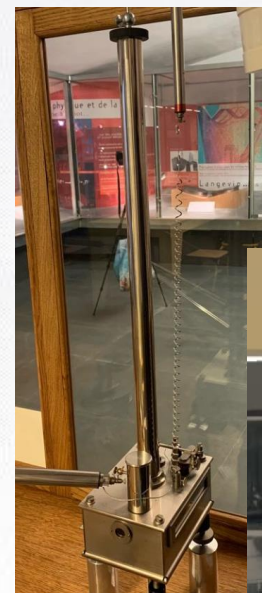
历史实验照片



虚拟实验场景和仪器



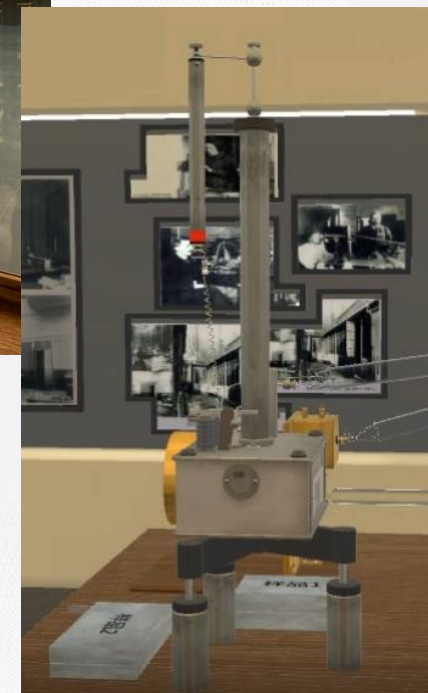
原理图



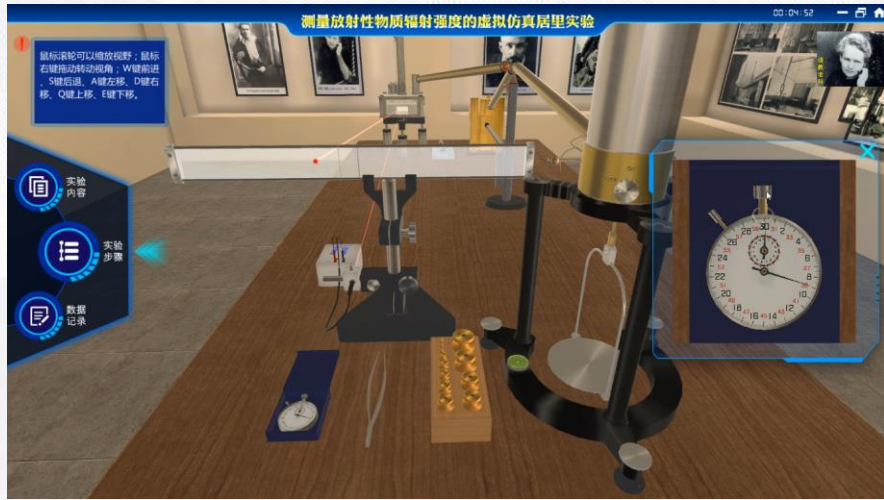
实物图



法国博物馆中的实验装置



虚拟实验仪器

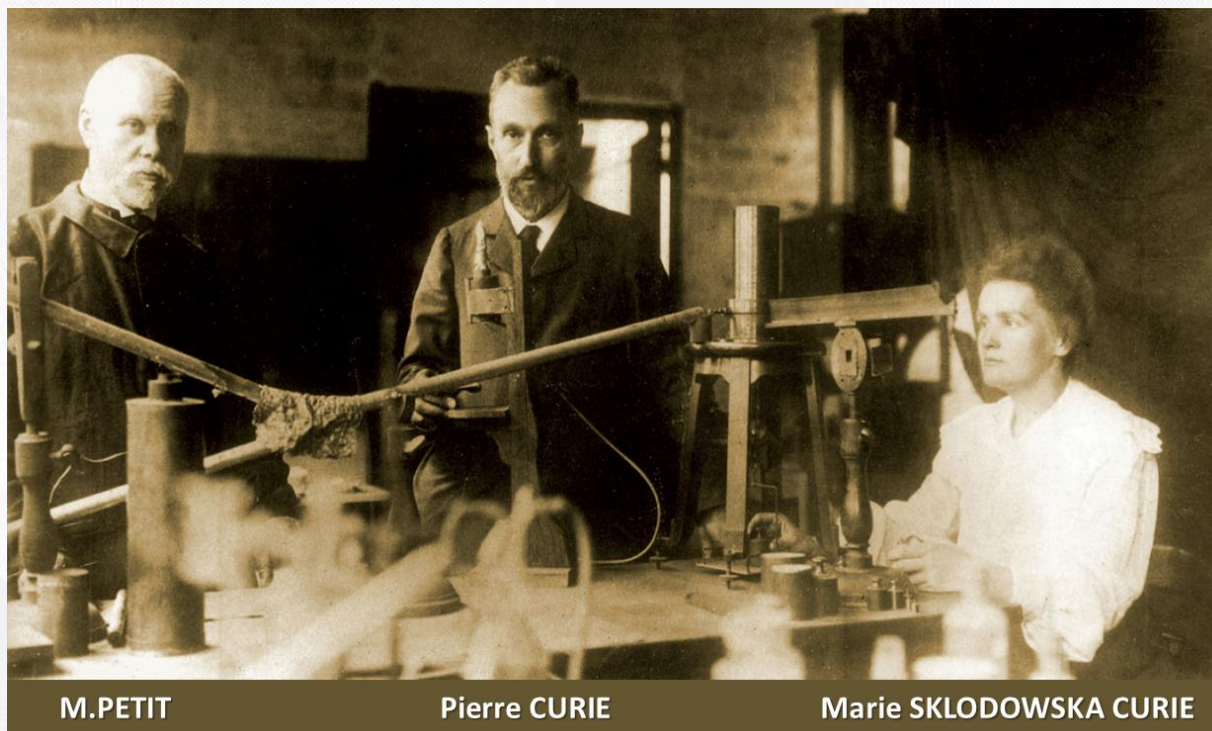


实验目的

1. 学习测量物质放射性的实验原理和实验方法；
2. 掌握微弱电流测量方法；
3. 了解放射性物理实验的实验安全操作规程；
4. 学习追求真理勇攀高峰的科学态度，提高实验能力和科学研究能力。

科学问题的提出——气体受到贝克勒尔射线照射时显示电离特性

实验难点——如何精确测量微弱电流和微小电荷量？

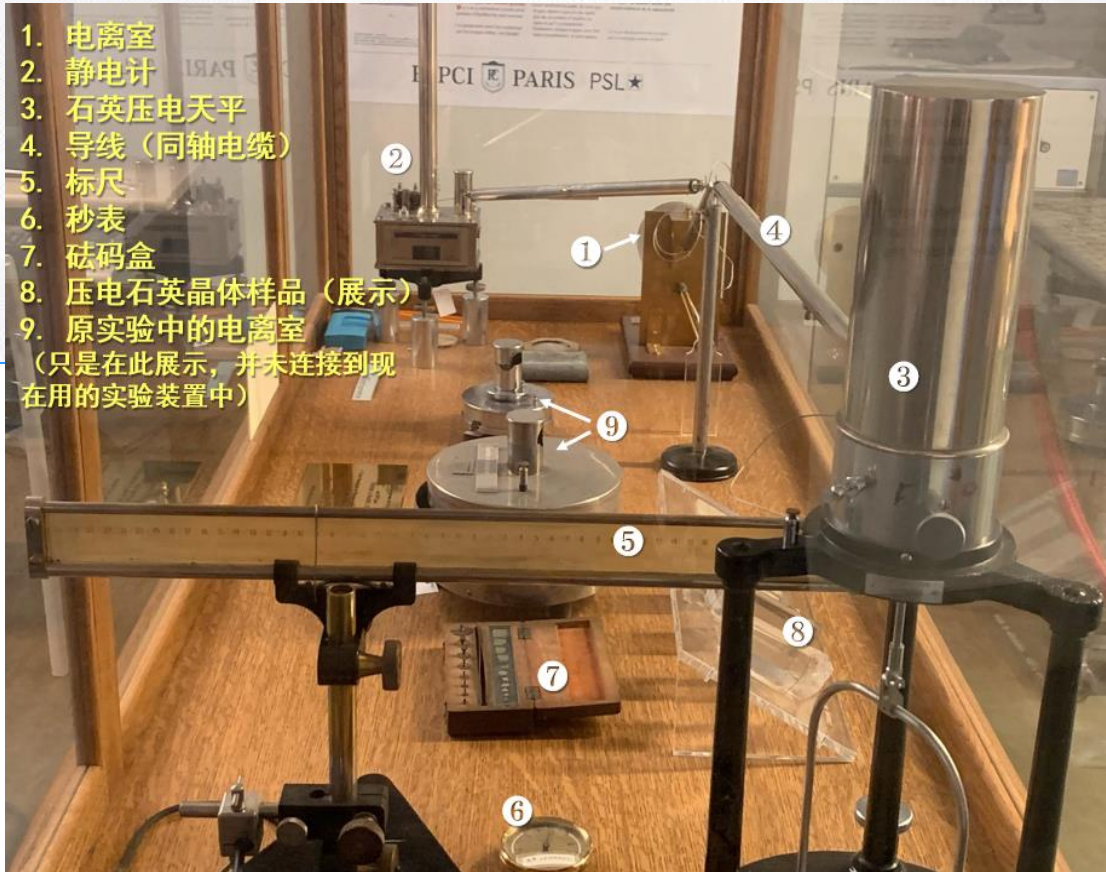


M.PETIT

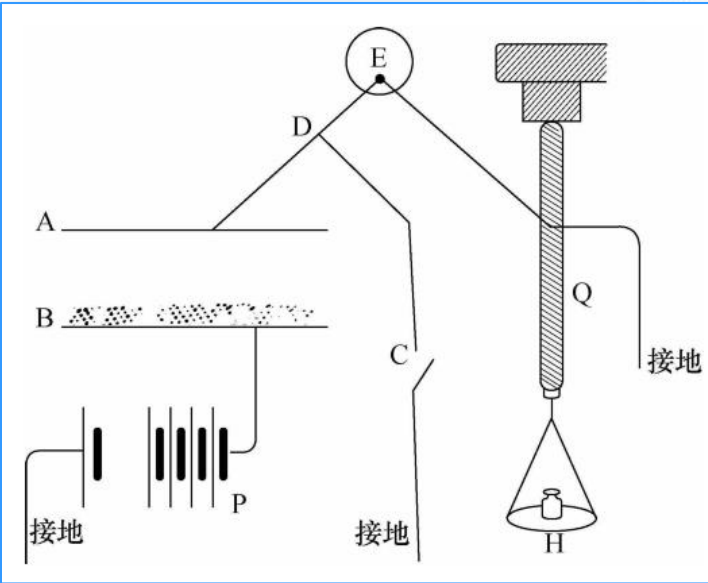
Pierre CURIE

Marie SKŁODOWSKA CURIE

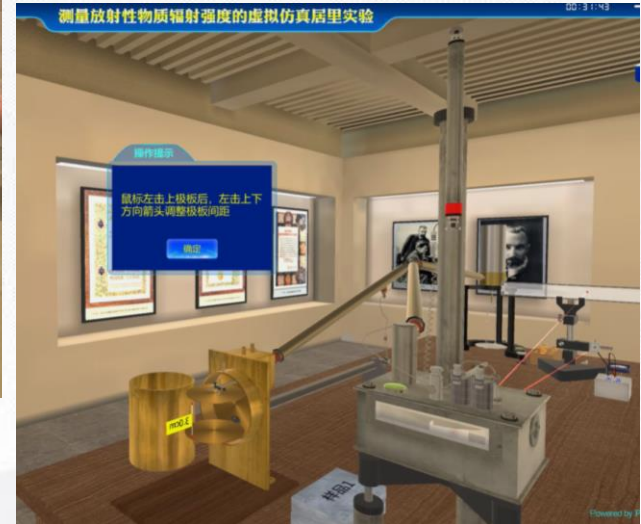
实验装置设计 与其工作原理



(b) 实验装置实物



(a) 实验装置结构原理图



(c) 虚拟仿真实验装置

实验仪器设备主要包括：放射源样品、电离室、静电计、石英压电天平、计时器、电源、激光光源和砝码等。



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验



参观实验室



仪器原理



搭建实验系统



预实验



放射性测量



拓展实验



针提取实验

结束实验

参观实验室

00:03:03

居里测量放射性物质辐射强度实验

鼠标滚轮可以缩放视野；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。

提示信息
分别调节石英压电天平和静电计上的水平仪，打开激光器开关

00:01:23

金佳

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

00:01:25

鼠标滚轮可以缩放视野；鼠标右键拖动转动视角；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。

实验简介

实验内容

实验仪器

实验安全注意事项

1. 为避免沾染放射性物质，实验前应佩戴手套。
2. 实验中，存取放射性物质样品时应使用镊子夹取。实验测量结束后，样品应放置在铅制的容器中妥善保存。每次实验均需填写实验记录。
3. 避免激光直射入眼睛。
4. 因为潮湿环境引起石英晶体表面电阻率下降，会引起泄漏电流，因此电荷量会减少，光点会发生偏移，产生实验误差。
5. 钋样品制备过程中会使用化学试剂硫化氢，由于其为易燃危化品，并有剧毒。相关实验通常应在通风橱中进行，操作时做好个人防护措施，戴好防毒面具，提高自我防护意识。

仪器原理


测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

鼠标滚轮可以缩放视野；鼠标右键拖动转动视角；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。

操作提示

先用鼠标点击实验仪器，查看结构图，然后按下回车键组装仪器。

确定



测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

00:05:29

静电计的原理是利用电荷的同性相斥和异性相吸而产生偏转力矩，其包括金属制成的四块定片（定子）与一块蝴蝶形的动片（转子），一根悬挂动片的游丝（又称张丝），游丝下端连接一块小镜子。四块定片分为相对的两组，另有导线各自相连，使一组定片上的电势相同。

静电计可以被视为一个内阻很大的电压计。在充电或放电的过程中，它通过游丝带动的镜子转动，偏转力矩正比于电压的平方，镜子反射光点的偏转移动的速度表示电压的大小。

点击实验仪器，进行静电计偏转演示。

先用鼠标点击实验仪器，选择要进行组装的仪器。



搭建实验系统

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

00:03:19

鼠标滚轮可以缩放视野；鼠标右键拖动转动视角；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。

实验内容

实验步骤

实验仪器

实验仪器

	
电离室	砝码盒
	
静电计	石英电子秤
	
电源和尺子	秒表



金佳 00:22:01

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

鼠标滚轮可以缩放视野；鼠标右键拖动转动视角；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。



请敬老师

金佳 00:09:50

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验

鼠标滚轮可以缩放视野；鼠标右键拖动转动视角；W键前进、S键后退、A键左移、D键右移、Q键上移、E键下移。

实验内容

实验步骤

实验仪器

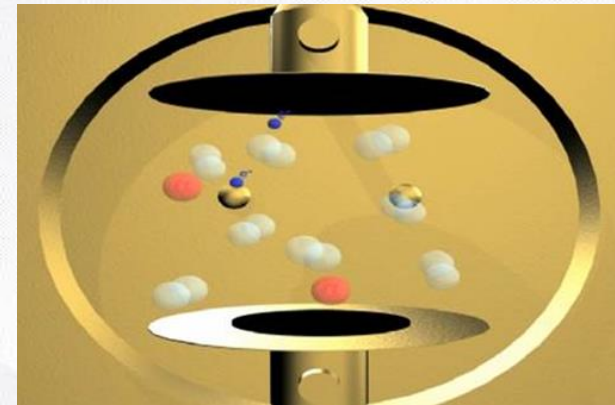
操作提示

实验系统搭建完成。
请继续学习实验内容。

确定



放射性测量

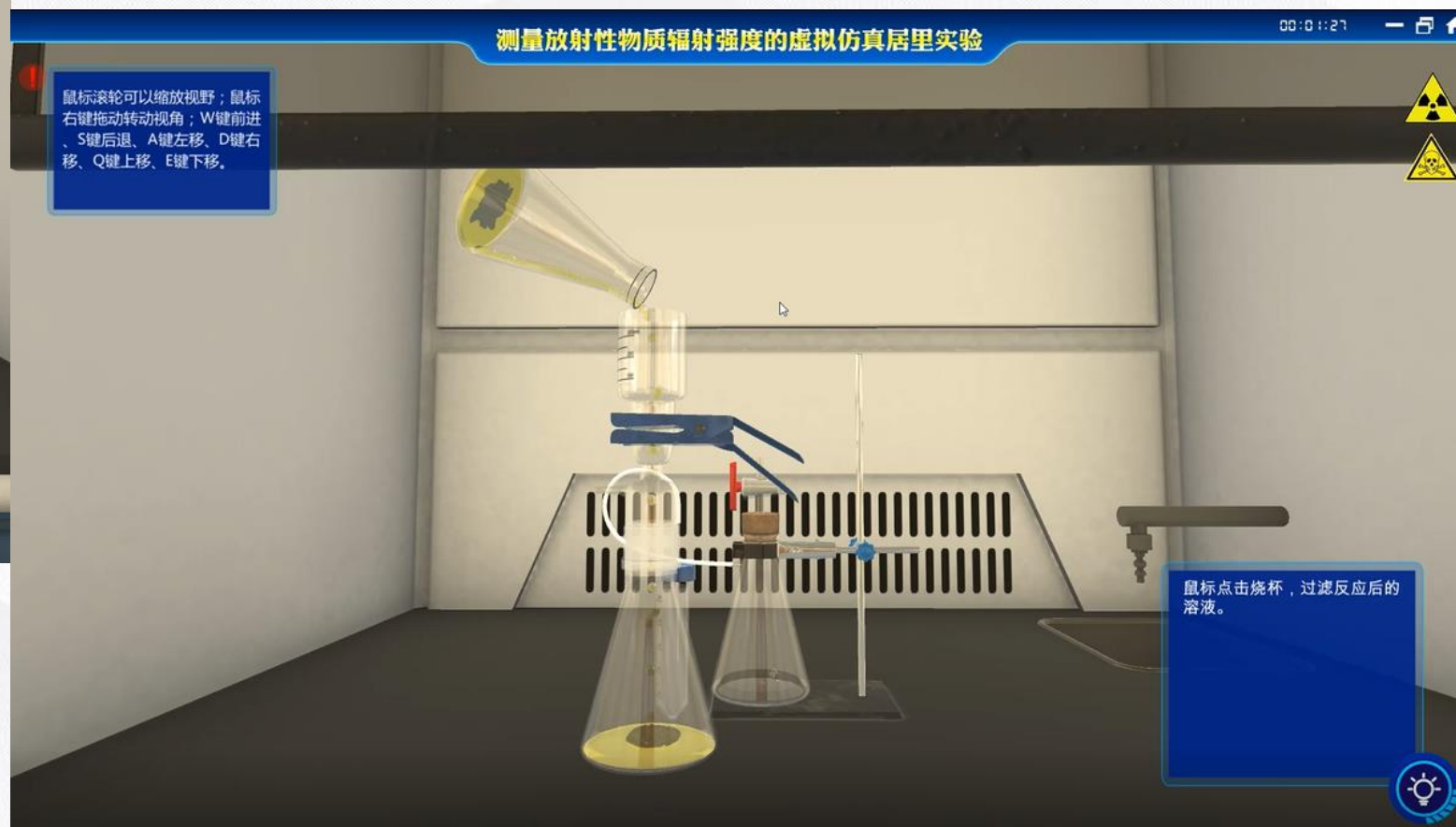
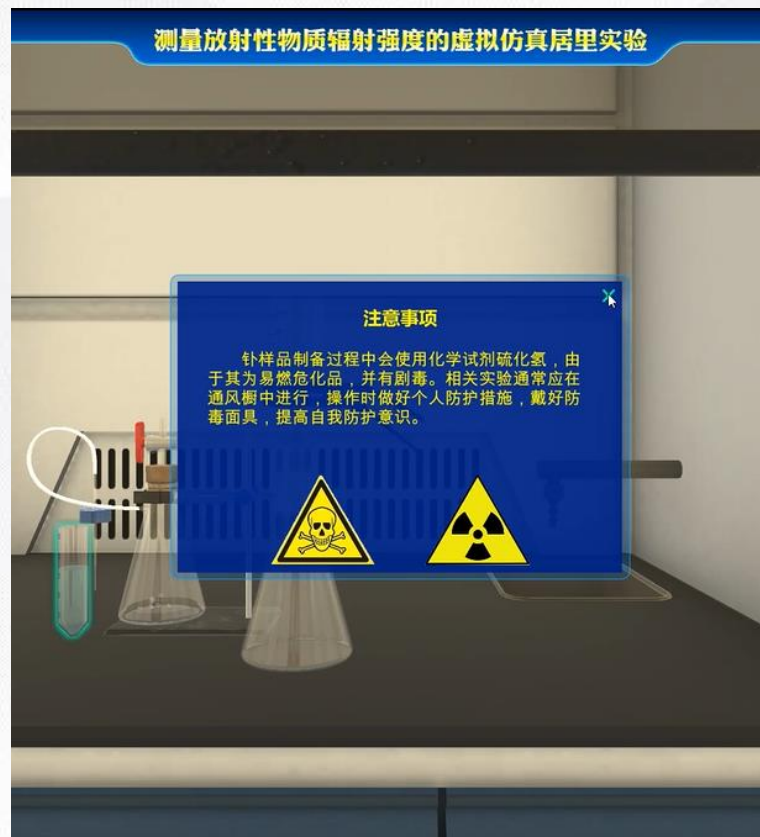


运动规律的实验场景逼真，
呈现方式多样。

拓展实验

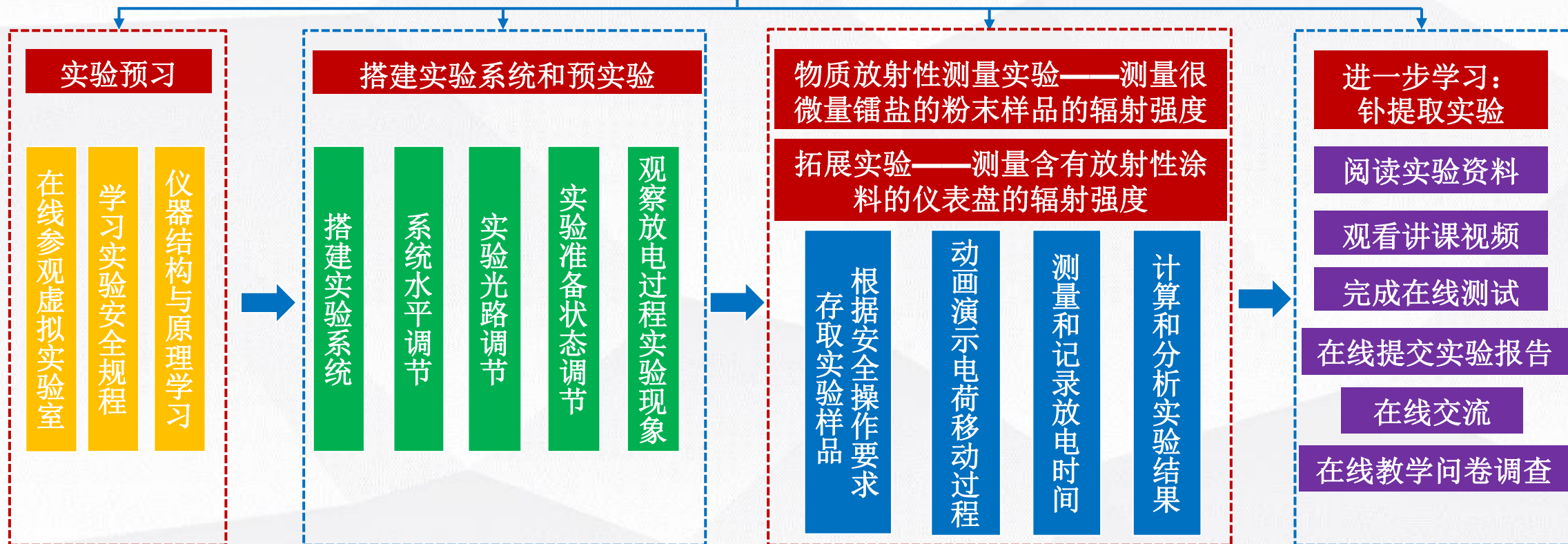


钋提取实验



《近代物理实验》：必做实验项目 《大学物理实验》：选做实验项目

以学生为中心，分层次教学，模块化设计，个性化在线学习



实现教学目标：学习实验理论与实验方法；提高创新能力与综合素养；强化课程思政培养科学精神。

测量放射性物质辐射强度的虚拟仿真居里实验 国家级一流课程

羊亚平 | 同济大学 | 上线时间: 2021年

所属专业类: 物理学类 对应专业: 物理学 课程类型: 公共课 实验类型: 综合设计型

所属课程: 物理实验、近代物理实验、高电压工程

本虚拟仿真实验真实地重现了居里夫人用于发现钋元素与镭元素的原始经典物理实验。本实验系统主要由石英压电天平, 四象限静电计, 放射性电离室组成, 所有仪器参数和操作感受均与实际仪器高度相似。本实验的系统装置、实验方法、实验操作技术和实验过程, 与现存于巴黎高等物理与化学学院的原始仪器高度一致, 能够很好地重现居里夫人的开创性实验。虚拟仿真实验既可以避免放射性辐射, 又可以深入细致地理解物理学先驱的原创性思路。



我要做实验

我要开课

电子申报书 成绩查看

72 60 分享

纠错/举报



共享应用 每日0点更新

浏览量	实验人次	实验人数	实验平均用时	实验完成率	实验通过率
29463	3519	2498	45'	100%	按人次 65.5% 按人数 86.1%



基本情况 课程团队 实验描述 实验特色 支持与服务 网络要求 技术架构 服务计划 知识产权 诚信承诺 附件材料

基本情况

实验系统浏览器要求



2020年, 上海市高等学校一流本科课程中的虚拟仿真实验教学课程。
2023年, 国家级第二批一流本科课程。

文章编号:1005-4642(2023)06-0029-07



互联网+物理

测量放射性物质辐射强度的 虚拟仿真居里实验

于婷婷^{1a}, 方 恺^{1a}, 张冶文^{1b}, André Pierre Legrand²,
Bernard Pigelet², 金 佳^{1a}, 倪 晨^{1a}, 羊亚平^{1a}

(1. 同济大学 a. 物理科学与工程学院, 上海 200092;

b. 电子与信息工程学院, 上海 201804;

2. ESPCI Paris, PSL Research University, Paris 75005)

摘 要: 将获得诺贝尔奖的测量放射性物质辐射强度实验的理论知识、实验方法与虚拟仿真技术进行融合, 设计了融入科学研究方法的虚拟仿真综合实验教学项目. 通过构建全过程、多环节和沉浸式的在线实验教学环境, 学生可以应用比较测量法等, 掌握获得微小电荷量与饱和电流的实验方法, 加深对放射性物质辐射强度测量原理的理解, 体验科学发现的历程.

关键词: 放射性; 居里实验; 虚拟仿真实验



基于X射线技术的物质分类与识别实验



实验项目



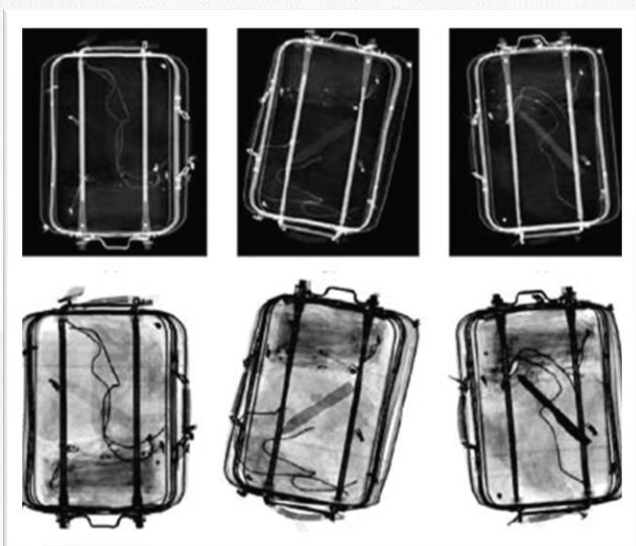
实验仪器



基于X射线技术的 物质分类与识别实验

X射线的发现

- ◆ 伦琴发现了X射线
- ◆ 具有很强的穿透力
- ◆ 医学拍片、安检

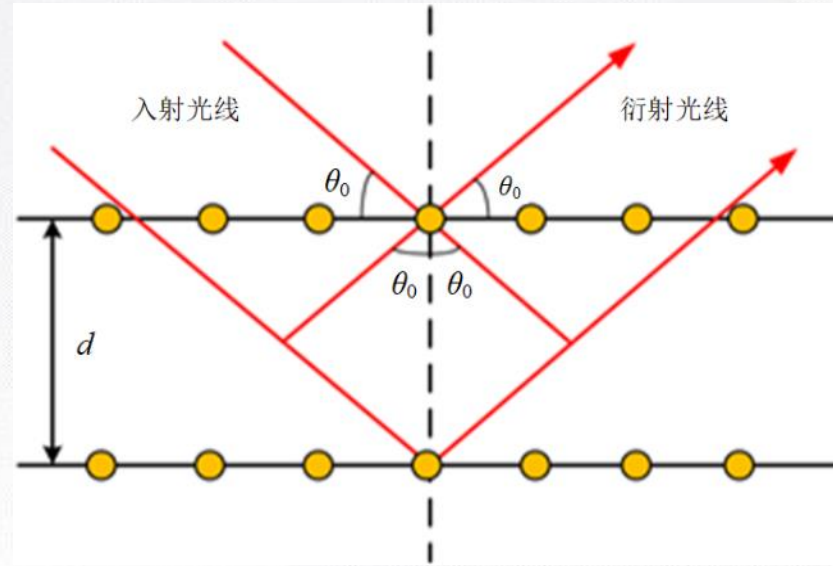


布拉格定律

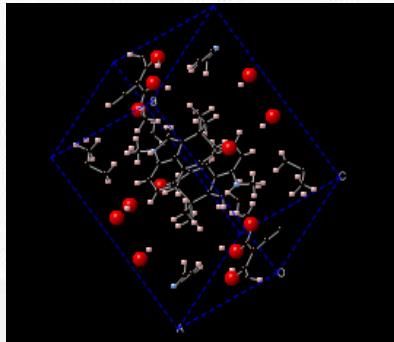
➤ X射线衍射检测

布拉格定律:

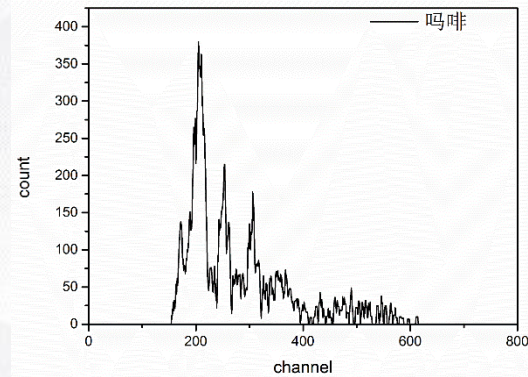
$$n\lambda = 2d \sin \frac{\theta}{2}$$



吗啡



分子结构



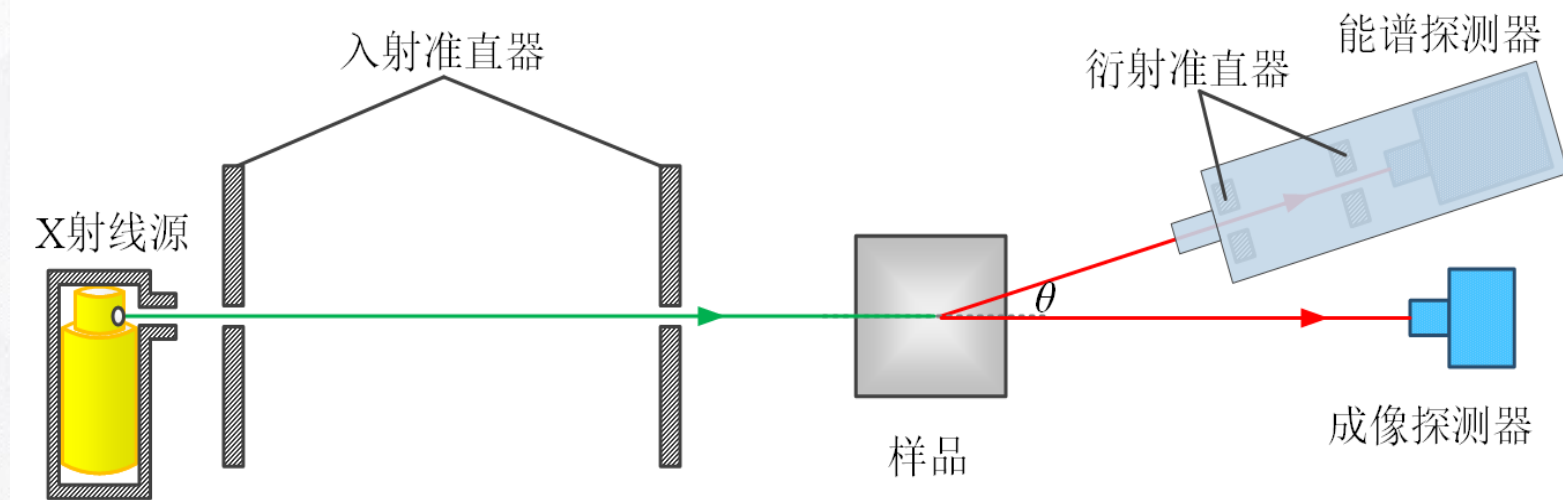
衍射谱

衍射谱是物质指纹
可以实现精确识别

实验装置构成

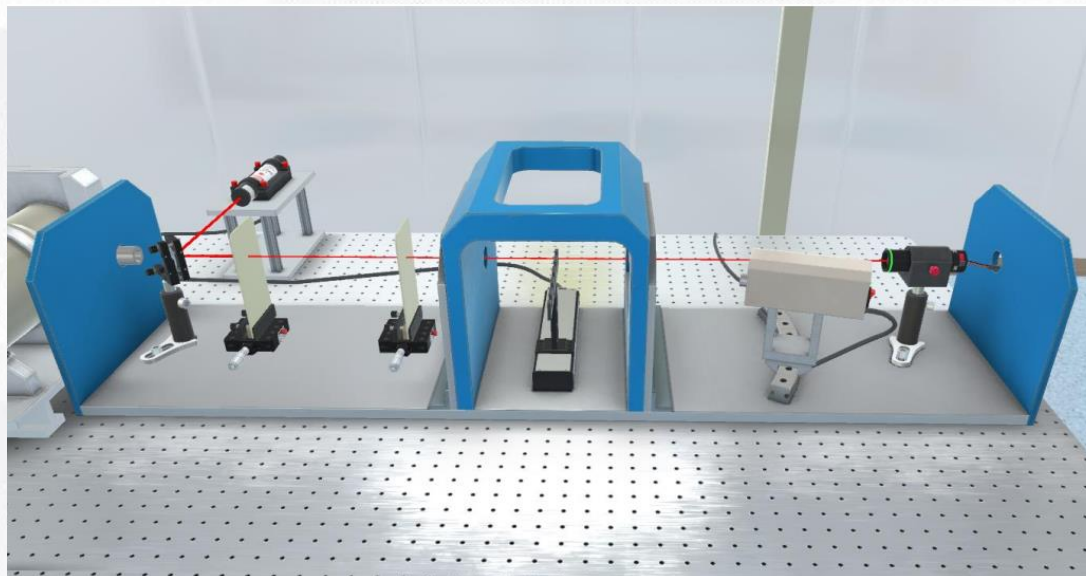


□ 实验融合了X射线透射与衍射



◆ 基于高低能X射线透射成像实现物质分类

◆ 在此基础上，通过X射线衍射对分类后的物质进行进一步细分识别

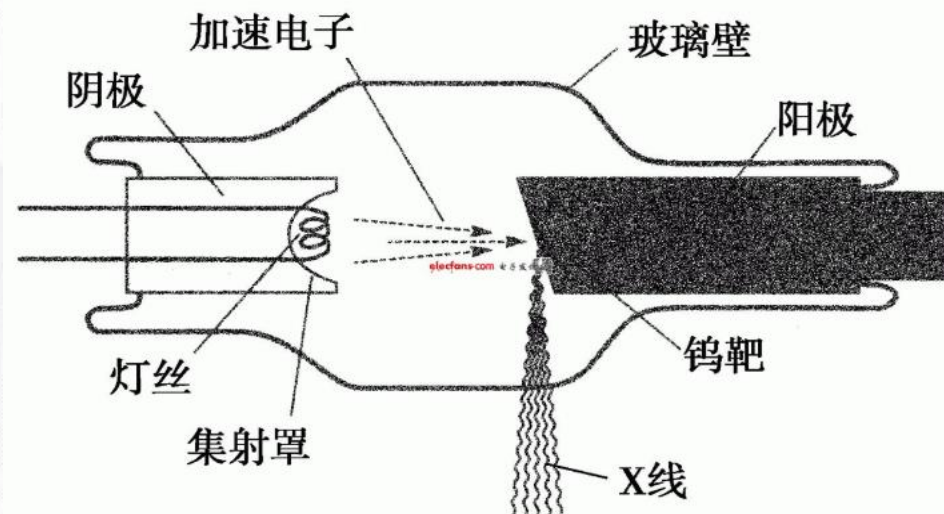


实验目的

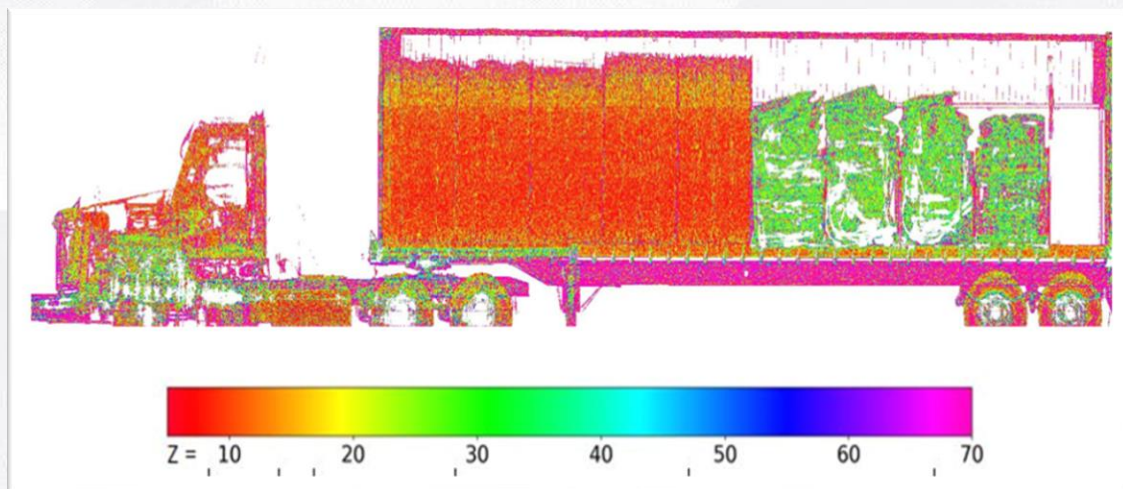


1. 掌握X射线产生的实验原理、实验方法和光谱特性

2. 了解X射线光谱测量方法

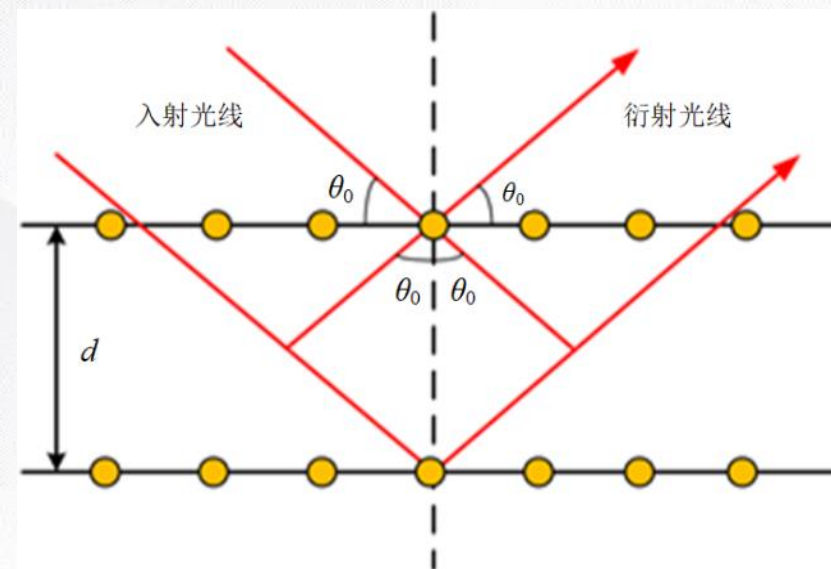


实验目的



3. 掌握X射线在晶体和非晶体物质中的吸收特性，并能用双光谱方法鉴别物质。

4. 掌握X射线布拉格衍射的原理，利用其测量晶体的晶格常数并识别物质。



实验目的

5. 了解X射线物理实验的实验安全 和操作规程。

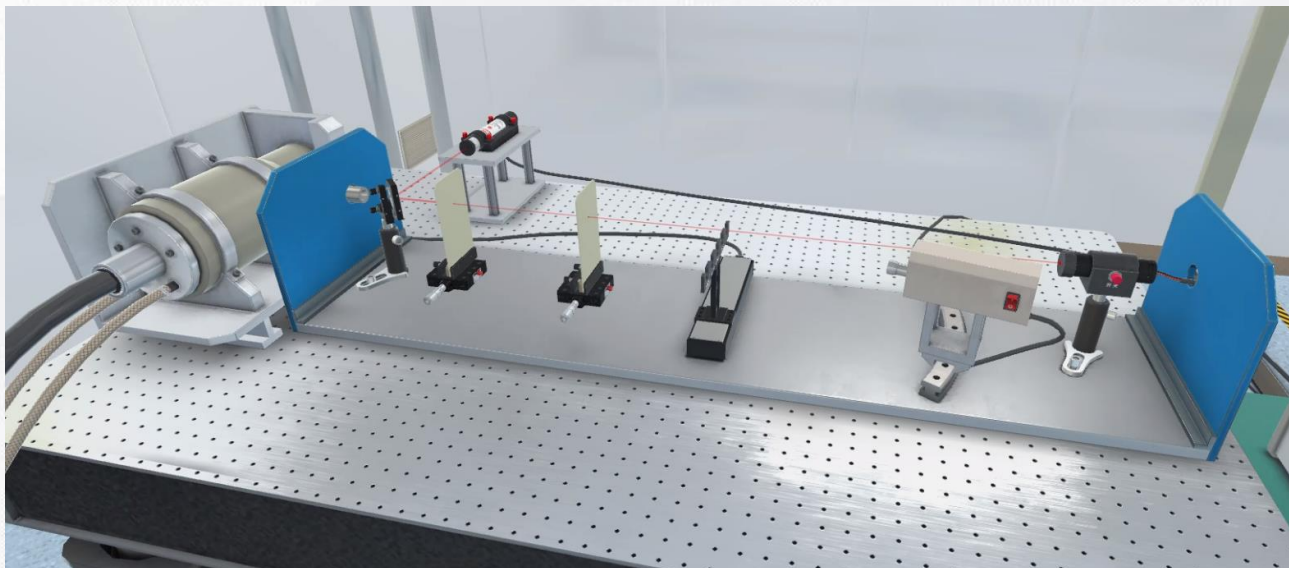


6. 学习实事求是的科学作风、认真严谨的科学态度和勇于探索的科学精神，提高实验能力、科学观察和创新思维的能力。

X 射线实验室安全须知

1. X 射线实验室工作环境必须符合国家标准。
2. X 射线源必须置于特定场所，在开展围绕 X 射线源的工作与实验时，也必须在特定场所进行，且该实验场所下不得进行与 X 射线无关实验；特定场所内外需设置急停按钮，以应对突发情况。
3. 实验室中必须配备 X 射线辐射剂量计，还可按需配备专用的工作服、鞋、帽、口罩、手套等个人防护用具。
4. 进入实验室要先打开辐射剂量计，用来实时监测实验室的辐射剂量；操作 X 射线源工作时必须做好防护工作，所有安全门关好后方可启动射线源。
5. X 射线源操作人员需随身携带便携式辐射剂量计，且必须要掌握操作要领，确保实验操作时万无一失，操作射线源时必须在特定的无辐射环境下进行。
6. X 射线源工作时，任何人不得靠近安全门，避免出现误触开门的现象。
7. 实验中途如需打开实验室的安全门，务必将 X 射线源关闭一段时间后再开门，防止射线源的残存辐射；安全门打开过程中，操作人员需随时观察辐射剂量计是否有异动或者警报。
8. X 射线源在当天实验结束时必须确认处于断电状态，确认射线源放置于正确场所，然后关闭安全门和辐射剂量计，方可离开实验室。
9. X 射线源出光口位置务必做好防护，不能损坏。
10. 实验室中的任何实验用品、防护用品均不能带出实验室。

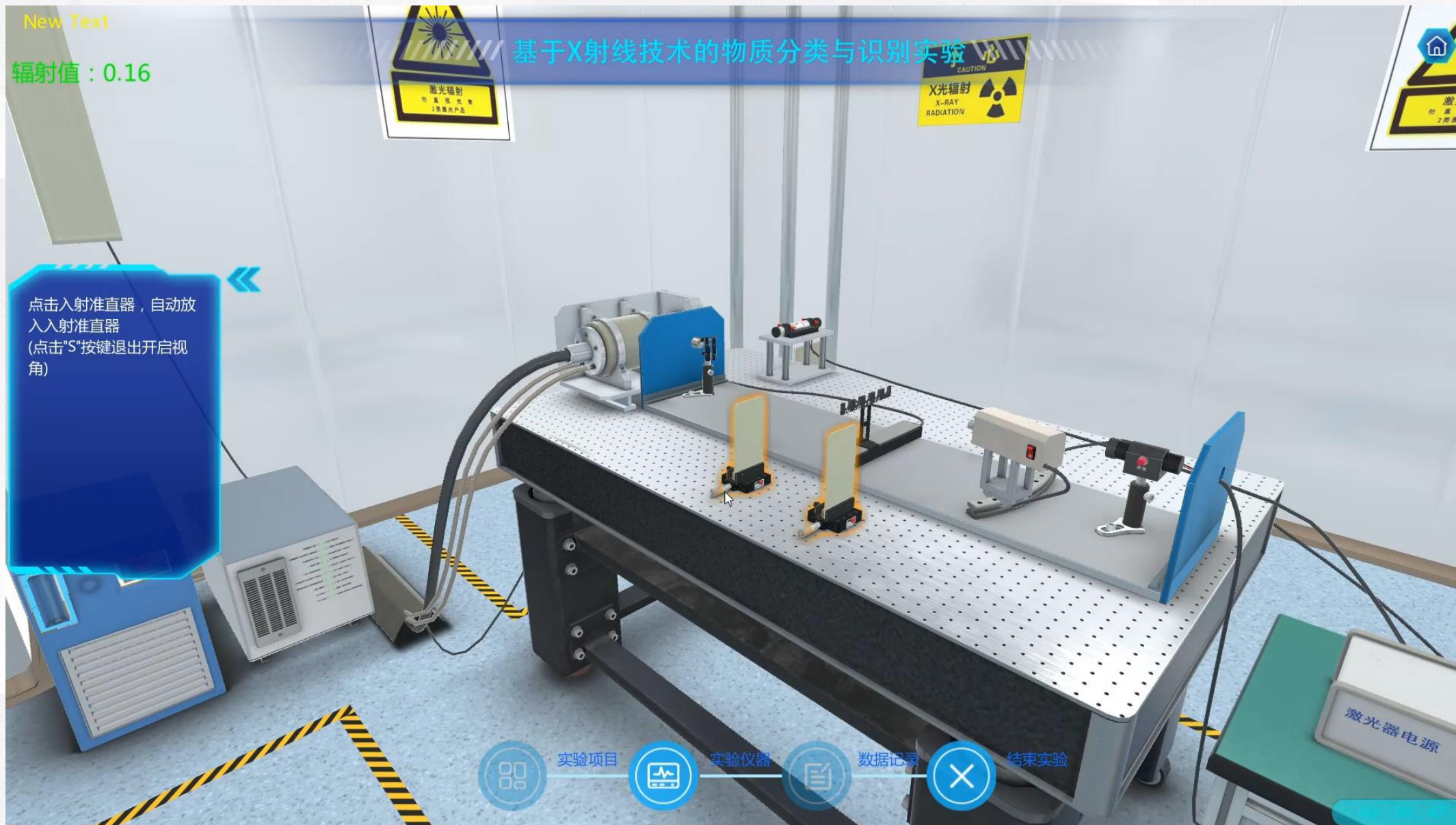
已阅读



1. X射线辐射谱检测和特征谱线测量；
2. X射线透射图像采集和亮度测量，计算R值；
3. X射线衍射能谱采集和d值计算，对样品进行识别。

实验步骤和操作流程





➤ X射线辐射测量

基于X射线技术的物质分类与识别实验

辐射值: 0.16

X射线控制软件

主控台 样品选择 探测器控制 摄像头

系统状态

- 铅房门是否关闭
- 冷却水是否正常
- X射线源工作
- 灯丝工作

系统控制

120 kV 0.2 mA 确定

工作电流显示: 0.2 mA

灯丝控制:

进入探测器控制界面，在能谱探测器控制框中选择探测器偏转角度为0度，点击“确定”按钮（若需要停止测量其他样品，请点击下方实验项目，选择其他实验项目）（点击“S”按键退出开启视角）

- X射线辐射测量
- X射线透射测量
- X射线衍射测量

实验项目 实验仪器 数据记录 结束实验

00:02:52



基于X射线技术的物质分类与识别实验

New Text
辐射值 : 0.16

x射线控制软件

主控台 样品选择 探测器控制 摄像头

系统状态

冷却水是否正常 X射线源工作 灯丝工作

确定 开始 积分时间: 40s

积分时间: 2s

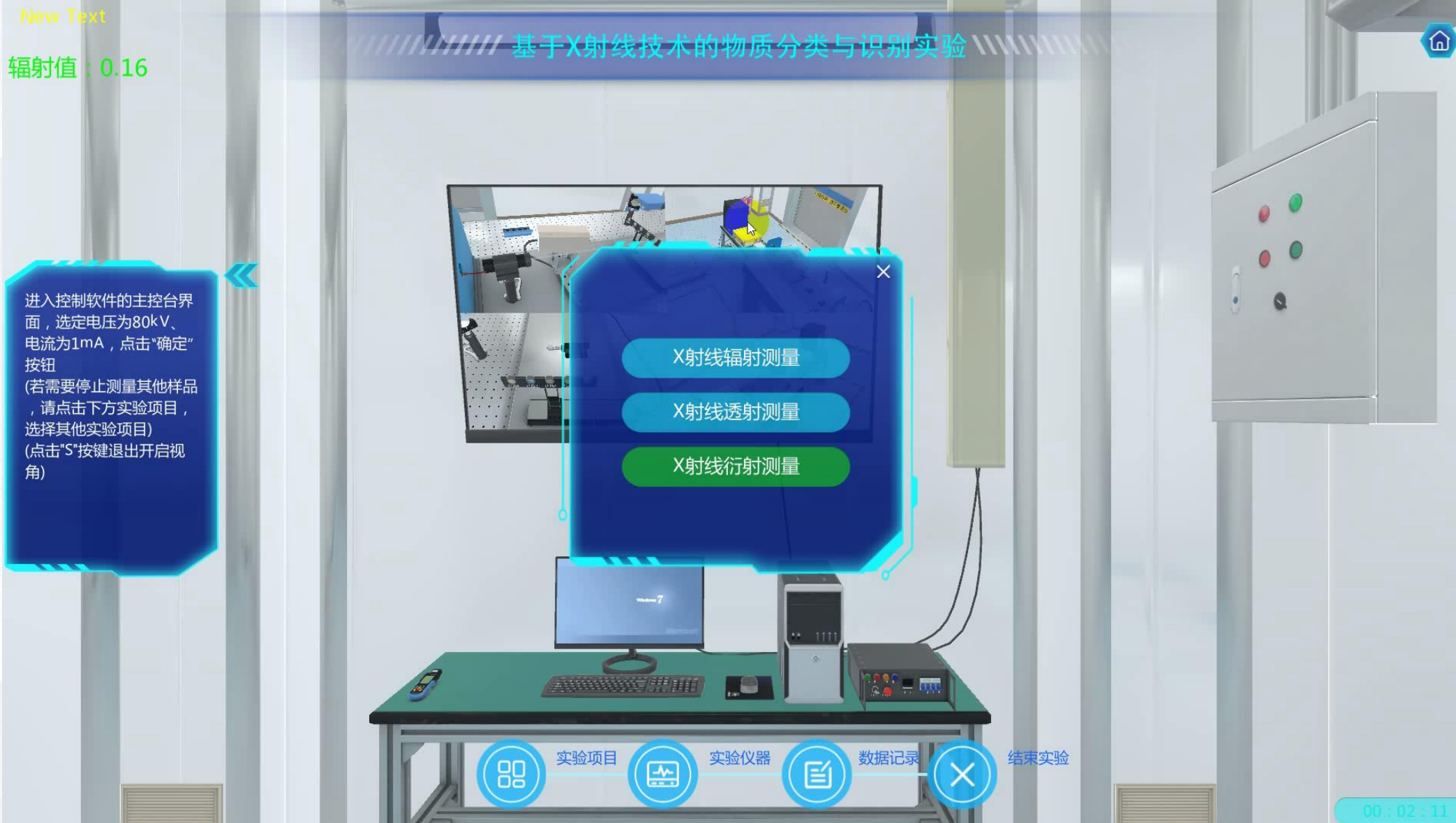
进入控制软件的主控台界面，选定电压为60kV、电流为0.2mA，点击“确定”按钮
(若需要停止测量其他样品，请点击下方实验项目，选择其他实验项目)
(点击“S”按键退出开启视角)

X射线辐射测量

X射线透射测量

X射线衍射测量

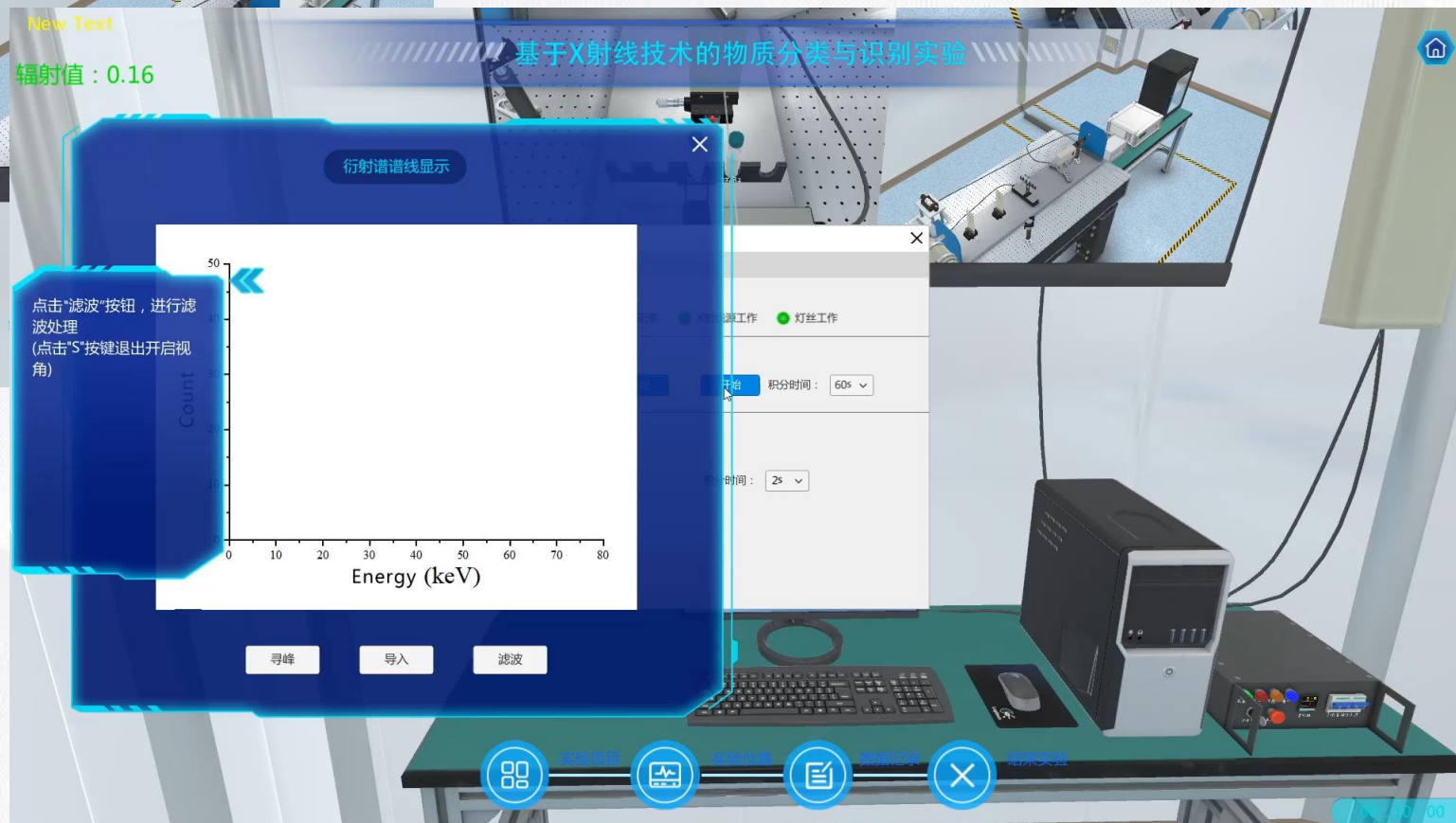
➤ X射线衍射测量



实验步骤和操作流程



➤ 拓展实验





首页



实验中心



智能实验室



西部行



实名认证



接口对接



个人中心



退出

Language



基于X射线技术的物质分类与识别实验

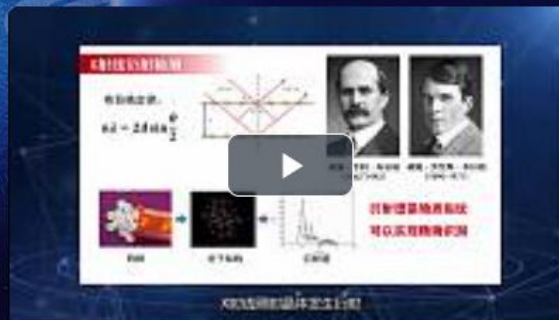
王占山 | 同济大学 | 上线时间: 2022年

所属专业类: 物理学类 对应专业: 物理学 课程类型: 公共课 实验类型: 综合设计型

所属课程: 物理实验(荣)、大学物理实验、光电信息专业综合实验、光学实验

本虚拟仿真实验结合X射线透射和X射线衍射技术实现对物质的分类与识别。基于双能透射实现有机物与无机物的分类,以能谱衍射实现晶体的快速识别,用于识别违禁品等场合。本实验系统由X射线管、准直器、样品架、成像探测器、能谱探测器、辅助准直光路和计算机等组成,真实体现了X射线技术应用于违禁品检测的科学研究过程。虚拟仿真高能X射线实验在铅房环境下进行,实验教学内容包括实验安全和防护宣传等。

实验简介视频 | 教学引导视频



我要做实验

我要开课

成绩查看



7



24



分享

纠错/举报

59人评价

4.7 ★★★★★

去评价 >

共享应用 每日0点更新

浏览量

3519

实验人次

877

实验人数

544

实验平均用时

38'

实验完成率

100%

实验通过率

按人次 67.2%

按人数 90.4%



按人次 按人数

优秀 46.52%

达标 20.64%

不达标 32.84%

实验介绍

实验必读

实验教学目标 | 实验原理 | 实验教学过程与实验方法 | 实验步骤 | 实验结果与结论

1、学习理论与实验方法: 学习X射线技术对物质进行分类和识别的原理和实验方法;掌握高低能X射线透射成像和能量色散衍射的实验方法,加深物质对X射线透射和衍射信号的理解,初步了解X射线技术在医学、安检等领域的应用。

2、提高创新能力与综合素养: 通过虚拟实验项目的学习,掌握将信息技术与物理知识学习相结合的能力,提高学生的实验能力、科学观察和创新思维的能力,并了解X射线实验的实验安全及操作规程。

实验系统浏览器要求



教学支持热线

13362897113

团队成员



总结与展望



总结与展望

- **建设优质在线课程：**紧跟人才培养需求和学科发展，注重课程思政建设，持续改进和优化虚拟仿真实验项目。
- **创建优质在线教学资源：**项目设计与优化。
- **引入新技术：**MR和AR技术等。
- **优化虚拟仿真教学平台：**提升管理水平，优化教学记录和教学分析方法，进一步开放共享资源。
- **实施混合式教学：**深入开展教育教学改革与研究工

**请多指导
非常感谢**

