



2020年基础类学科虚拟仿真实验教学项目 建设与申报在线研讨会

主办单位：虚拟仿真实验教学创新联盟基础类学科领域工作委员会

承办单位：中国科学技术大学物理学院

协办单位：北京润尼尔网络科技有限公司

2020年7月22日-23日

2020年基础学科虚拟仿真实验教学项目建设与申报在线研讨会

物理类虚拟仿真实验项目指南介绍

**中国科学技术大学
张增明**

2020. 7. 22

云端

全国线上线下实验进展

2月-3月上旬

3月中旬

3月底-
现在

虚仿平台

全国会议
居家实验
多校加入

虚仿
居家
探究

多校开展

全国会议
内蒙古

安徽
黑龙江
湖北

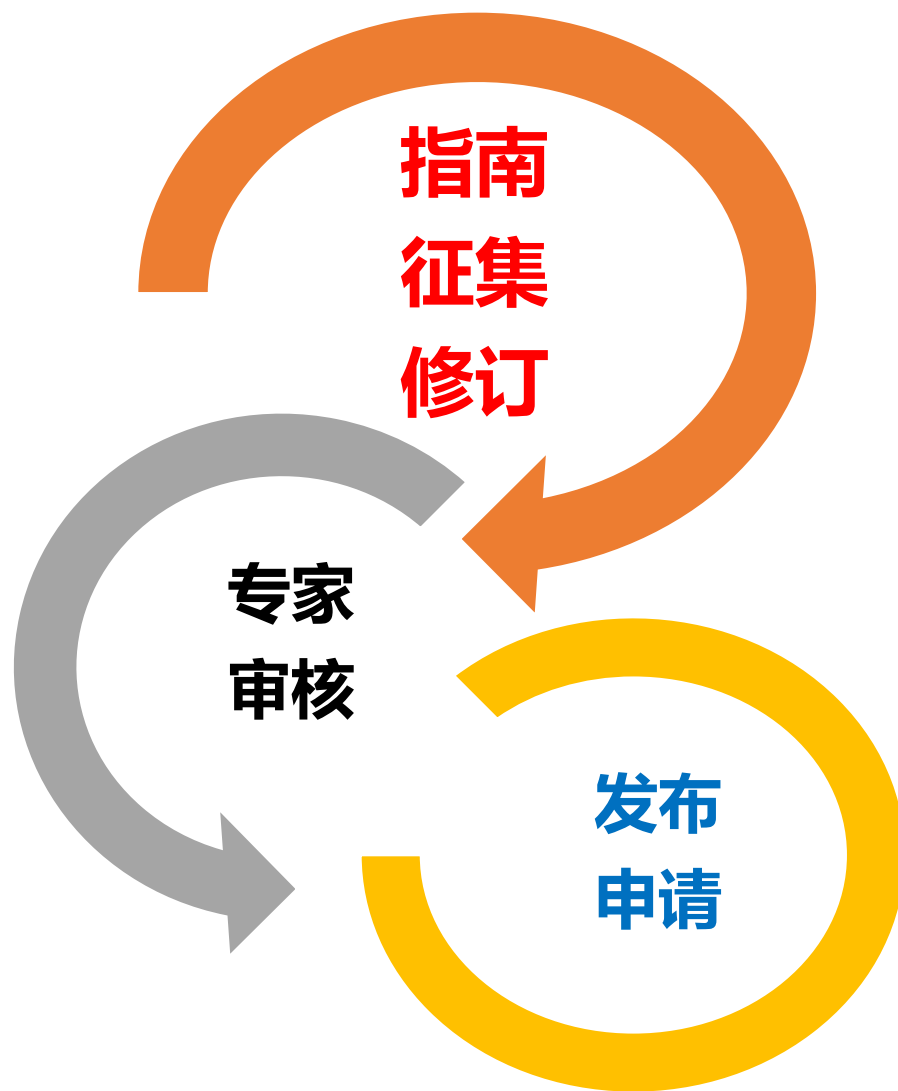
物理类虚拟仿真项目类别

- 基础物理实物实验的虚拟仿真化
 - 部分地方院校使用，缓解经费投入不足
 - 实物实验的预习、复习、辅助
- **高危、极端条件、高成本、大科学装置**
- 虚实结合的创新研究实验平台
 - 创新能力培养
- **前沿物理实验的虚拟仿真**
 - **拓展视野**

指南选题原则

- 能实不虚
 - 普遍与特殊
 - 校际差异、年级差异、学科差异、学时差异
 - 时代发展
- 前沿科学
- 先进技术
- 能力培养
- 虚实结合

指南遴选过程



www.ilab-x.com (53项)



磁光测力度和AFM在氮化镓衬底制作中的应用 4.8分
南方科技大学 何洁清 12550



工业化单晶硅太阳能电池制备工艺优化虚拟仿真实验 4.8分
内蒙古大学 白前 6461



半导体物理微观察载流子分布特性的虚拟仿真实验 4.6分
北京邮电大学 刘玉敏 1070



中子反射法测薄膜磁矩——领略国之重器魅力 5.0分
华南理工大学 杨中民 6056



超高压物理实验技术虚拟仿真实验 5.0分
吉林师范大学 张勇 6265



声光法拉致法气体声速研究虚拟仿真实验 5.0分
皖西学院 孔敏 26763



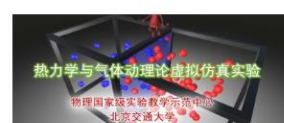
金属电导率特性分析虚拟仿真实验 4.9分
杭州电子科技大学 程知群 1234



紫外激光光刻系统虚拟仿真实验项目 5.0分
浙江科技学院 徐懿军 4323



电的产生与传输原理虚拟仿真实验 4.6分
吉林大学 张汉社 23224



热力学与气体动理论虚拟仿真实验 5.0分
北京交通大学 张兴华 39166



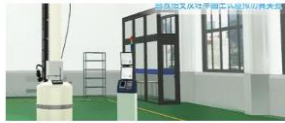
LED植物光光谱制备虚拟仿真实验 5.0分
河北大学 杨景发 9549



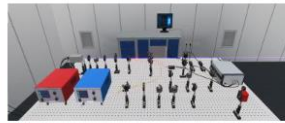
表面原子结构与能带表征虚拟仿真实验 5.0分
河北师范大学 宋俊涛 1896



分布式应变传感系统虚拟仿真实验 5.0分
长春工程学院 范国庆 655



图像相变及硅单晶生长虚拟仿真实验 5.0分
河南科技大学 李立本 6647



光量子性质虚拟仿真实验 5.0分
杭州师范大学 苏希平 3459



光学综合虚拟仿真实验 5.0分
中山大学 蔡志同 2555



核磁共振及快速电子动能与动量相对论关系的验证 4.7分
浙江工业大学 徐志群 7370



金刚石的合成及物理性能测试虚拟仿真实验 5.0分
郑州大学 侯朝朝 44833



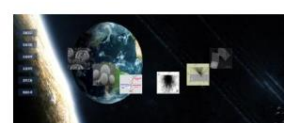
页岩气物理吸附解吸虚拟仿真实验 4.9分
中国石油大学(北京) 邵长金 10844



基于AFM的物质表面微观结构及力学性质表征虚拟仿真实验 5.0分
北京航空航天大学 李奕姿 30354



超冷原子玻色-爱因斯坦凝聚态的制备和特性研究虚拟仿真实验 5.0分
华东师范大学 武海斌 1396



电子与材料相互作用虚拟仿真实验 4.9分
中国科学技术大学 王中平 1553



全息照相虚拟仿真实验 5.0分
太原工业学院 冯中晋 16076



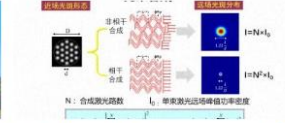
X射线衍射及结构相变表征虚拟仿真实验项目 5.0分
福建师范大学 陈永源 15530



半导体α谱仪与α粒子的能量损失虚拟仿真实验 4.9分
中国科学技术大学 金基 683



基于序列图像测量的质点与刚体运动学虚拟仿真实验 5.0分
中国人民解放军国防科技大学 李海阳 865



光纤耦合干涉仪测量虚拟仿真实验 5.0分
中国人民解放军国防科技大学 姜宗福 2653



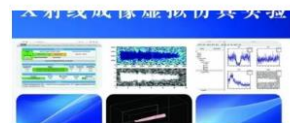
金刚石压腔原位高压同步辐射X射线衍射虚拟仿真实验 4.9分
武汉理工大学 文朝皓 25718



冷冻电镜病毒三维重构虚拟仿真实验 5.0分
湖南师范大学 刘红荣 3757



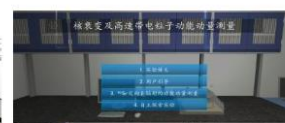
大学物理电势虚拟仿真实验 5.0分
昆明理工大学 张亚萍 865



X射线成像虚拟仿真实验 5.0分
安徽大学 文朝皓 4433



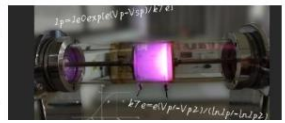
核磁共振成像测量及其在材料改性中的应用虚拟仿真实验 5.0分
华东理工大学 张先海 8325



核聚变及高能带电粒子动能测量虚拟仿真实验 5.0分
南开大学 徐雷 47808



微波实验虚拟实验室 4.9分
辽宁师范大学 郝崇兴 4420



激光放电等离子体物理虚拟仿真实验 5.0分
大连理工大学 李彦春 2899



康普顿散射虚拟仿真实验 5.0分
武汉大学 吴奕初 7281



低磁场下材料的磁性能测试与结构表征虚拟仿真实验 4.9 分

中南大学 徐留新

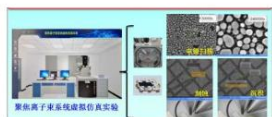
17391



量子密钥分发虚拟仿真实验 4.9 分

华中师范大学 李雷翔

7391



聚束离子束系统虚拟仿真实验 5.0 分

大连海事大学 张融辉

2146

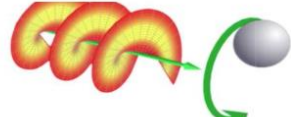
10602



磁性物质对外加磁场响应行为的测试分析虚拟仿真实验 5.0 分

电子科技大学 贾利国

4006



光学抓手——光的轨道角动量探测 4.9 分

西安交通大学 张沛

19869



医用电子直线加速器的放射治疗虚拟仿真实验 5.0 分

东华理工大学 王健望

1854



加速器质谱仪 (AMS) 虚拟仿真实验 5.0 分

广西师范大学 沈洪涛

1765



影响太阳能电池输出功率变化因素的探究虚拟仿真实验 5.0 分

盐城师范学院 庄国振

6746



干原子的极化特性分析虚拟仿真实验 4.9 分

山西大学 周海清

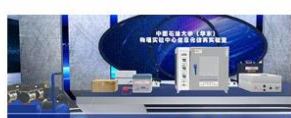
19978



原子核反应截面测量及物质吸收虚拟仿真实验 5.0 分

重庆大学 刘安平

3031



液晶器件制备及光电效应测量虚拟仿真综合训练 5.0 分

中国石油大学 (华东) 张亚萍

13457



串列式静电加速器原理及背散射应用的虚拟仿真实验 4.6 分

山东大学 蒋建

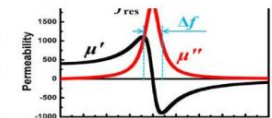
3314



极谱物理及相关交叉学科仿真实验平台 4.6 分

四川大学 张红

960



自旋磁电共振动力学虚拟仿真实验 4.2 分

兰州大学 薛德胜

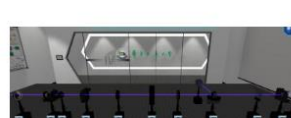
775



固体中的电子发射及卫星电推进中和器应用虚拟仿真实验 5.0 分

电子科技大学 刘寅

41629



极谱复杂条件下的关联成像虚拟仿真实验 5.0 分

华东交通大学 刘志敏

4342



高温高压环境下金刚石单晶成核与生长虚拟仿真实验 5.0 分

曲阜师范大学 王海龙

3927



大学物理实验

戴玉鑫
在线开放课程
戴玉鑫 | 东南大学



大学物理实验

中国大学MOOC
何焰兰 | 国防科技大学



大学物理实验

在线开放课程
李永强 | 南京邮电大学



工科物理实验

在线开放课程
杨枝柱 | 郑州科技学院



大学物理实验

在线开放课程
倪燕勤 | 泉州师范学院



大学物理实验及仿真

在线开放课程
蒋泽彦 | 郑州轻工业大学



大学物理实验

在线开放课程
陆健 | 南京理工大学



大学物理实验

在线开放课程
鲍卫峰 | 福建师范大学



大学物理实验

在线开放课程
谷运红 | 郑州大学



大学物理实验 (II)

中国大学MOOC
姜守元 | 北京交通大学

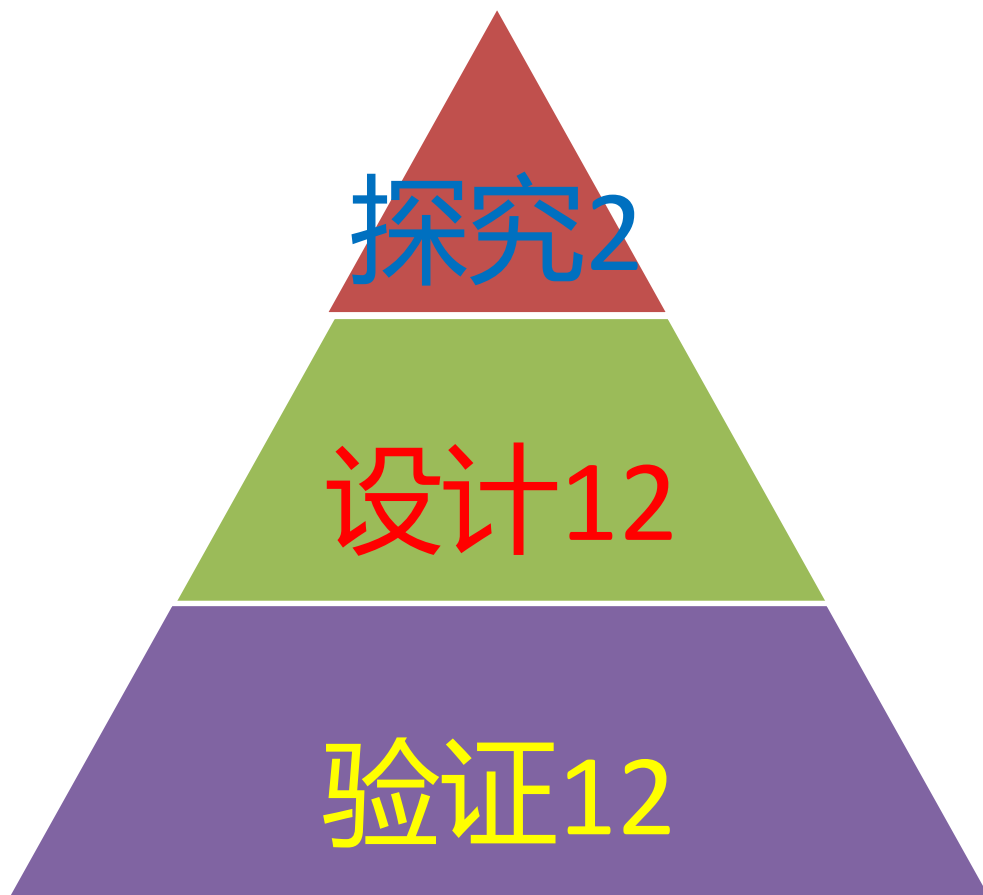
序号	实验项目内容	学 时	实验内容类型
1	绪论（实验安全、基本物理实验方法、数据处理方法等）	2	讲授
2	随机误差的分布规律	2	验证
3	杨氏模量的测量	4	验证
4	用气垫导轨研究直线运动和碰撞	4	验证
5	液体表面张力系数测定	4	验证
6	固体比热容的测量	4	验证
7	用示波器测量时间	4	验证
8	整流滤波电路及应用	4	验证
9	液体粘度的测定	4	验证
10	声速的测量	4	验证
11	量子物理系列：电荷量子化实验	4	验证
12	量子物理系列：光的量子化实验	4	验证
13	量子物理系列：光的量子化应用实验	4	验证
14	不规则物体密度的测量	4	设计、验证
15	几何光学：配色实验	4	设计、验证
16	几何光学：透镜参数的测量	4	设计、验证
17	几何光学：分光计的调节和使用	4	设计、验证
18	几何光学：显微镜	4	设计、验证
19	物理光学：干涉法测微小量	4	设计、验证
20	物理光学：光的衍射	4	设计、验证
21	量子物理系列：能级量子化	4	设计、验证
22	磁力摆	4	设计
23	数字体温计的设计	4	设计
24	直流电源特性的研究	4	设计
25	半导体温度计的设计与制作	4	设计
26	从一维到三维的单摆的设计与研究	8	设计、探究
27	自主探究性实验	8	设计、探究
28	量子物理系列：量子计算	2	虚拟仿真
29	量子物理系列：量子纠缠	2	虚拟仿真
30	量子物理系列：量子通信	2	虚拟仿真
31	总结和讨论	4	

面向人文学科（60学时）：

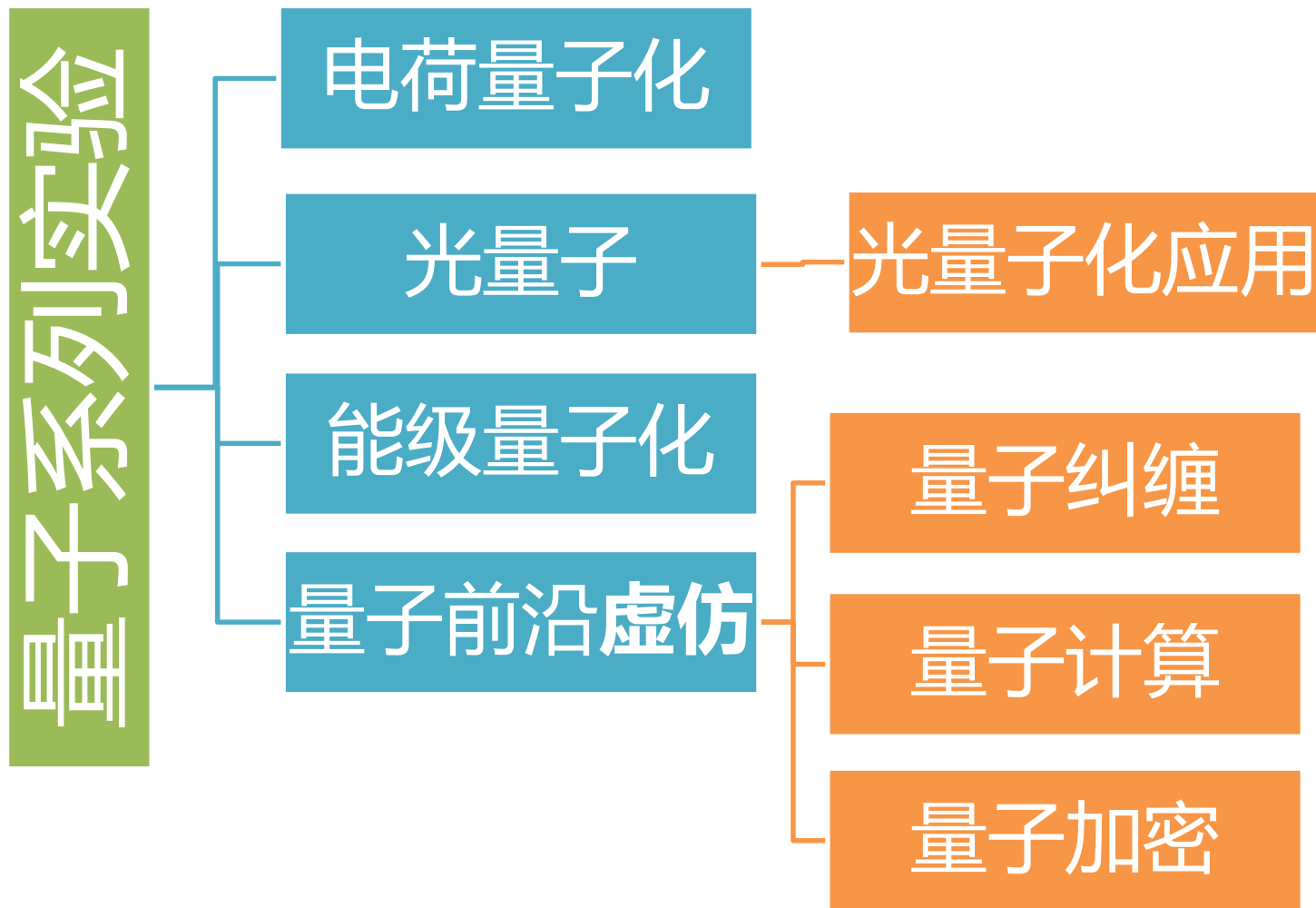
实验项目多层次

实验内容多层次

量子系列实验



量子系列实验：



虚拟仿真实验项目的作用

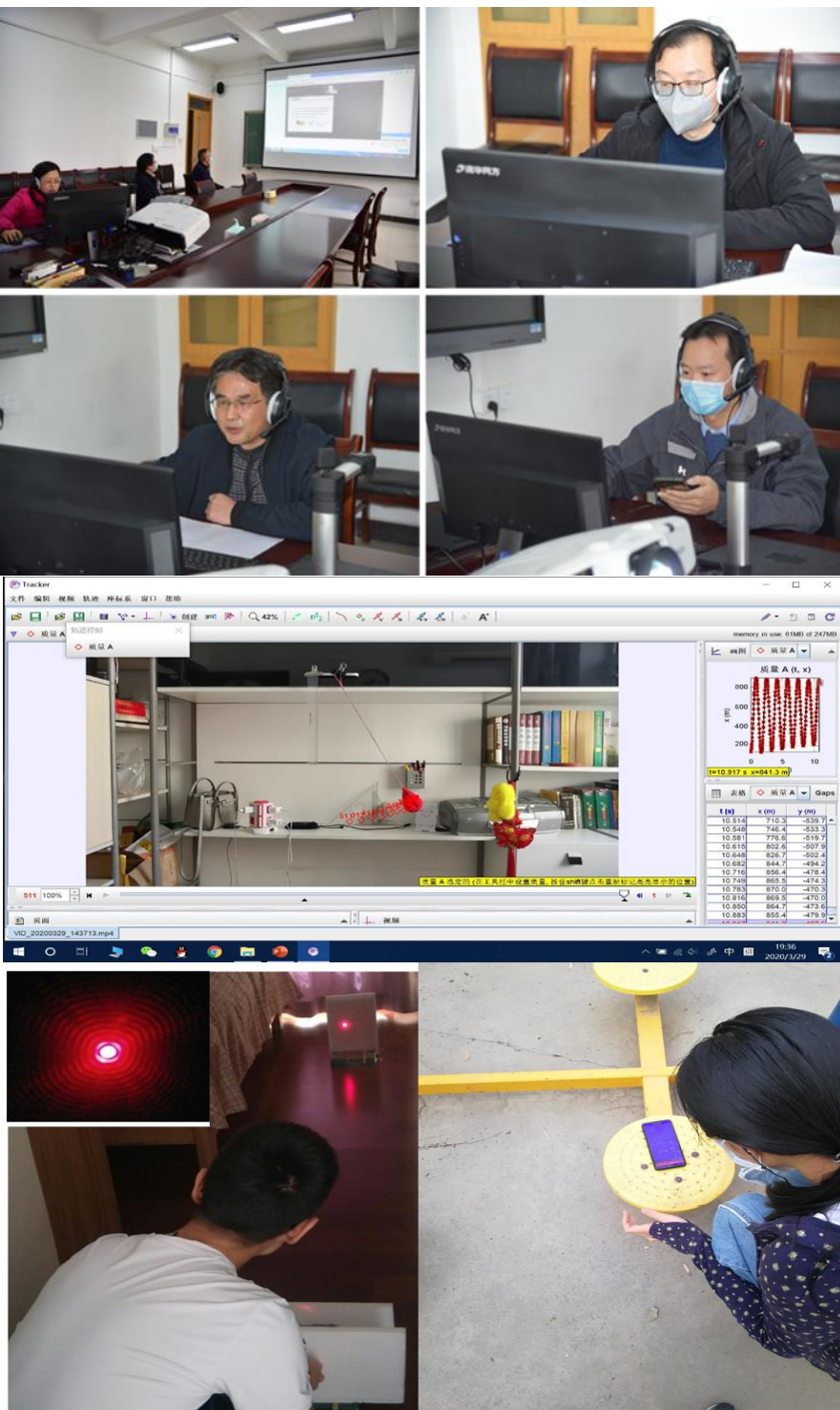
- 共享
 - 校内
 - 校际
 - 国内外
- 辅助实验教学
- 提升认知
 - 前沿科学能力培养
 - 复杂体系
 - 精细技术

校际合作，提升虚拟仿真实验教学



实验空间 （<http://www.ilab-x.com/>）

序号	实验项目	学校
1	半导体 α 谱仪与 α 粒子的能量损失虚拟仿真实验	中国科学技术大学
2	电子与材料相互作用虚拟仿真实验	中国科学技术大学
3	光学扳手-光的轨道角动量探秘	西安交通大学
4	康普顿散射实验	武汉大学
5	量子密钥分发虚拟仿真实验	华中师范大学
6	核衰变及高速带电粒子动能动量测定	南开大学



上课时间	答疑实验	老师	课程ID
4月17日（周五）下午2:30	课程内容及相关问题答疑（CUPT）	赵伟、陶小平	022164.06.2020SP
4月20日（周一）下午2:30	课程内容及相关问题答疑（CUPT）	赵霞、浦其荣	022164.01.2020SP
4月21日（周二）下午2:30	光的衍射实验 几何像差实验 蜡烛“吸”水实验	张权祝 巍	022164.01.2020SP
4月22日（周三）下午2:30	光学材料成像的色差 偏振光实验	蔡俊 黄双安	022164.03.2020SP
4月23日（周四）下午2:00	电子与材料相互作用虚拟仿真实验 光学扳手-光的轨道角动量探秘 量子密钥分发虚拟仿真实验	王中平 张沛 吴青林	022164.05.2020SP
4月24日（周五）下午2:30	康普顿散射实验 核衰变及高速带电粒子动能动量测定	蔡俊 祝巍	022164.06.2020SP

实验项目方向分类统计 (课程名称分类)

一、物理学方向 (110项=33+77)

课程名称	项数 (实验项目方向)	课程名称	项数 (实验项目方向)
大学物理基础实验	14	声学专业实验	1
大学物理综合实验	5	医学物理专业实验	1
大学物理现代技术实验	7	原子分子物理专业实验	3
大学物理研究性实验	3	量子光学专业实验	8
等离子体物理专业实验	3	力学专业实验	1
电磁场与微波实验	1	核物理专业实验	15
固体物理	1	凝聚态物理专业实验	35
光学专业实验	10	生物物理专业实验	2

二、天文学方向

课程名称	项数 (实验项目方向)
天文学实验	10

大学物理基础实验（14项）

实验项目方向	建议实验项目
获得诺贝尔奖的系列经典实验	虚实交融额诺贝尔奖经典虚拟仿真实验
实验查错训练虚拟仿真实验	1、电桥实验查错训练虚拟仿真实验；2、传感器实验查错训练仿真实验；3、简单的信号处理电路搭建查错训练仿真实验等等；涵盖一大类实验项目：这类实验项目包含多个电学元器件，要求学生自己连接线路，查找设备/装置没有正确工作的原因，可以通过基于理论模型的计算给出可用仪表测量的信号（一般是电学信号），以进行错误/故障查找。
物理实验安全虚拟仿真实验	物理实验安全虚拟仿真实验
基本物理单位的校准	利用Kibble天平进行千克的校准
计量单位的复现与保存	国际单位“秒”的复现和保存
基础物理实验预习虚拟仿真实验系统	基础物理实验预习虚拟仿真实验

基础实验类

- **物理通识教育虚拟仿真实验（文科物理）**

- 利用物理实验方法及实验案例提高非理工学科专业学生整体的科学素养。
- 面向非理工学科专业，系统性开发基于网页和移动设备端的物理类通识教育虚拟仿真实验。

- **诺贝尔奖经典物理实验虚拟仿真实验（课程思政）**

- 采用VR、AR技术，让学生重温科学巨匠的经典实验，解创和构建实验仪器，了解实验装置的设计原理，领悟科学家的科学思维方法，提出问题、分析问题和解决问题的思路。 培养学生的科学思维方法、科学素质和科学实验综合能力。

- **力学查错训练虚拟仿真实验**
- **热学查错训练虚拟仿真实验**
- **电学查错训练虚拟仿真实验**
- **光学查错训练虚拟仿真实验**
- **物理实验安全虚拟仿真实验**

实验预习系统 (教学方式优化)

- 及时掌握学生课前预习情况，提升教师教学效果；转变预习考核方式，提高学生学习积极性。
- 考核方式采用课前在线考核，以选择和判断题型为主。
- 每个实验项目都有内容丰富的题库（考评时系统从题库中随机抽取）。
- 高效的实验预习考评及后台管理系统（支持移动端）。

题库管理

显示 10

项结果

添加题目

批量删除

搜索:

下载模板

数据导入: 浏览...

未选择文件。

	所属题库	题目类型	题目难度	题目	选项	正确答案	添加时间	操作
☐	超声定位与形貌测试	选择题	简单	物体组成界面的组织之间声阻抗差异越大，反射的回声：	A:越强,B:越弱,C:没有规律,D:undefined	A	2019-08-26	修改删除
☐	超声定位与形貌测试	选择题	简单	本实验使用的超声换能器	A:只能发射超声波,B:只能接受回波信号,C:收发一体,D:undefined	C	2019-08-26	修改删除
☐	超声定位与形貌测试	判断题	简单	超声定位的基本原理是：由超声波发生器向目标物体发射脉冲波，然后接收回波信号，当超声波发生器正对着目标物体时，接收到的回波信号强度最大，这时得到发射波与接收波之间的时间差，再根据脉冲波在介质中的传播速度而得到目标物体离脉冲波发射点的距离，从而得出目标物体离脉冲波发射点的方位和距离。		正确	2019-08-26	修改删除

显示第 1 至 3 项结果，共 3 项

上页

1

下页

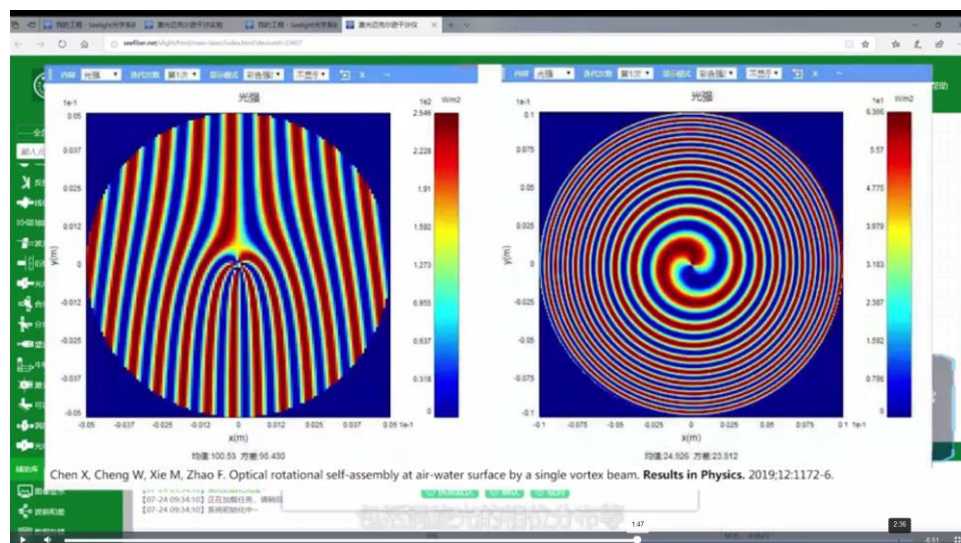
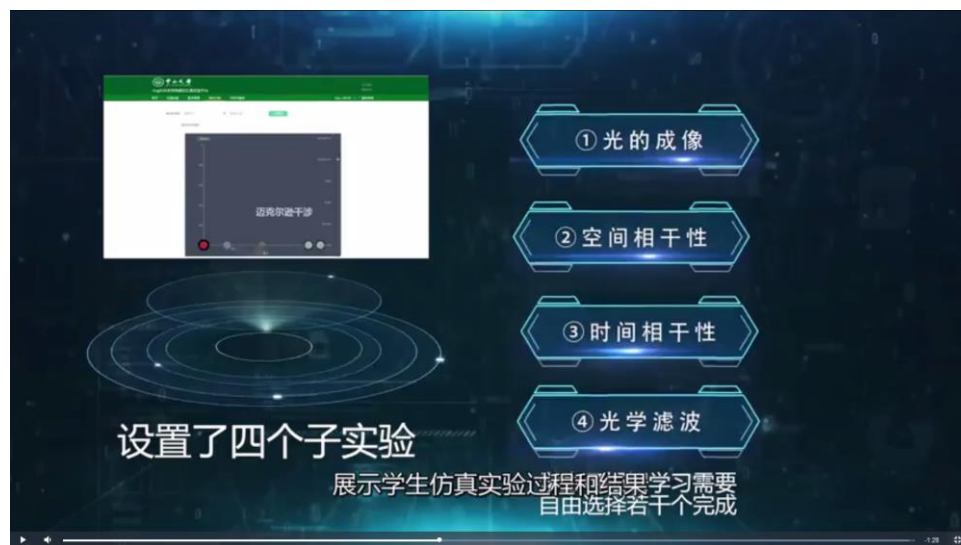
大学物理基础实验（14项）

实验项目方向	建议实验项目
大学光学综合实验	几何光学，干涉和衍射，空间光调制
电磁学	电的产生与传输原理虚拟仿真实验
光学、声学	声控发光驻波法气体声速研究虚拟仿真实验
牛顿运动定律应用	“航天发射与空间物理”虚拟仿真实验
质点合成运动	基于序列图像测量的质点与刚体运动学虚拟仿真实验
机械振动与机械能转换实验	基于扭摆的机械振动实验（包括自由振动、阻尼振动、受迫振动、共振）、振动相图、机械混沌振动
高压电虚拟仿真实验教学	高压电虚拟仿真实验

光学综合虚拟仿真实验

学校：中山大学 负责人：蔡志岗

本项目是基于光学理论的定量仿真，与实物实验结果相辅相成，覆盖光学主体内容，仿真度高。中山大学独立拥有vLight光学仿真实验教学系统软件著作权，vLight同时实现了仿真教学与学习跟踪评价两种功能。vLight采用图形化编程技术，通过逻辑链路和参数设置，与实物实验条件紧密匹配，仿真结果与实物实验结果可相互对照，还可优化实验条件和细化实验结果，有效增加学习广度和深度并能提高学生压力环境下解决问题能力。



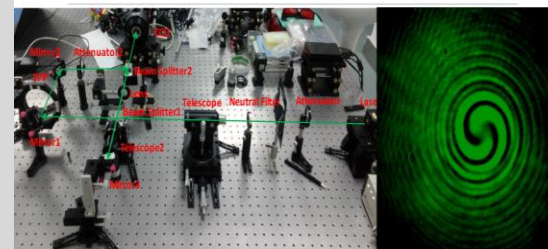
光学综合仿真实验

1. 虚实结合，仿真程度高
2. 突出逻辑分析能力和全局优化能力培养
3. 具有过程跟踪功能
4. 具有智能评价功能
5. 具有面向学生的反馈机制
6. 具有面向教师的反馈机制



仿真结果指导下的实验

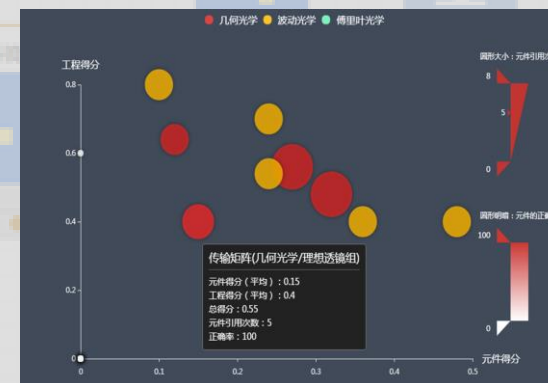
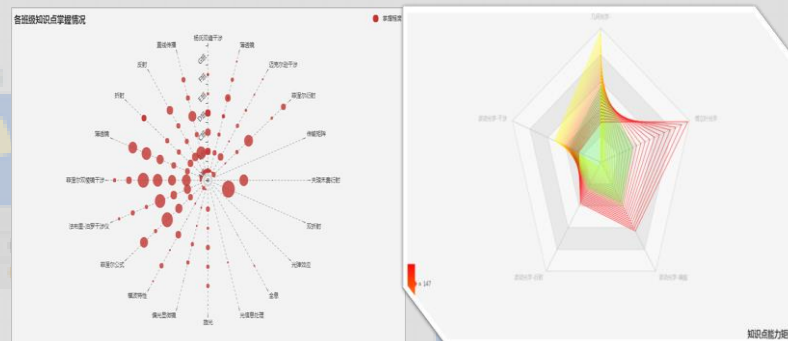
光源: 532nm半导体稳态激光器



球面波与涡旋光干涉的光路实物图

实验探测结果, 拓扑荷为2

Chen, Xintong, Weizhu Cheng, Mingyuan Xie, and Fuli Zhao. 2019. "Optical rotational self-assembly at air-water surface by a single vortex beam". Results in Physics, 12: 1172-76.



大学物理综合实验（5项）

实验项目方向	建议实验项目
光谱测量与分析中心虚拟仿真实验	光谱测量与分析中心虚拟仿真实验
热力学与气体动理论	热力学与气体动理论虚拟仿真实验
积木式光栅光谱仪虚拟仿真实验	积木式光栅光谱仪虚拟仿真实验；涵盖一类实验项目：这类实验项目包含光栅光谱仪的设计和搭建，并实现对不同光源光谱的测量，以研究组成光谱仪的光学元器件的结构和参数对光谱的影响为主要目的。实现上，可以设计项目内容借助常用的光学设计软件来实现，也可以自己开发软件来仿真。
基于熔融堆积、光固化原理和数字投影技术的3D打印装置原理和 workflow	基于熔融堆积、光固化原理和数字投影技术的3D打印虚拟仿真实验
基于激光和材料相互作用的切割、焊接和表面微加工技术	激光切割、激光焊接和微加工技术的虚拟仿真实验

大学物理现代技术实验（7项）

实验项目方向	建议实验项目
液晶器件制备工艺流程及性能相关	液晶器件制备及电光效应测量应用虚拟仿真综合训练
辉光放电等离子体物理	辉光放电等离子体物理虚拟仿真实验
微波实验	微波实验虚拟仿真实验
光学全息及应用	激光全息及干涉测量实验
激光锁模技术	可饱和吸收材料实现锁模激光脉冲虚拟仿真实验
电子光学虚拟仿真实验	1、显像管中的电子束聚焦、偏转虚拟仿真实验；2、X光管阴极头设计虚拟仿真实验；3、电子枪设计虚拟仿真实验等等；涵盖一类实验项目：这类实验项目包含电子发射元件，通过静电场/磁场得到满足要求的电子束。实现上，可以设计项目内容借助常用的电子光学设计软件来实现，也可以自己开发软件来仿真电子束的聚焦和偏转行为。

大学物理现代技术实验（7项）

实验项目方向	建议实验项目
电子显微镜中的电子光学 虚拟仿真实验	1、电子透镜系统的性能研究虚拟仿真实验；2、二次电子成像性能虚拟仿真实验等等；涵盖所有探究电子显微镜工作原理及性能的虚拟仿真实验。实现上，可以设计项目内容借助常用的电子光学设计软件来实现，也可以自己开发软件来仿真。

微波实验虚拟实验

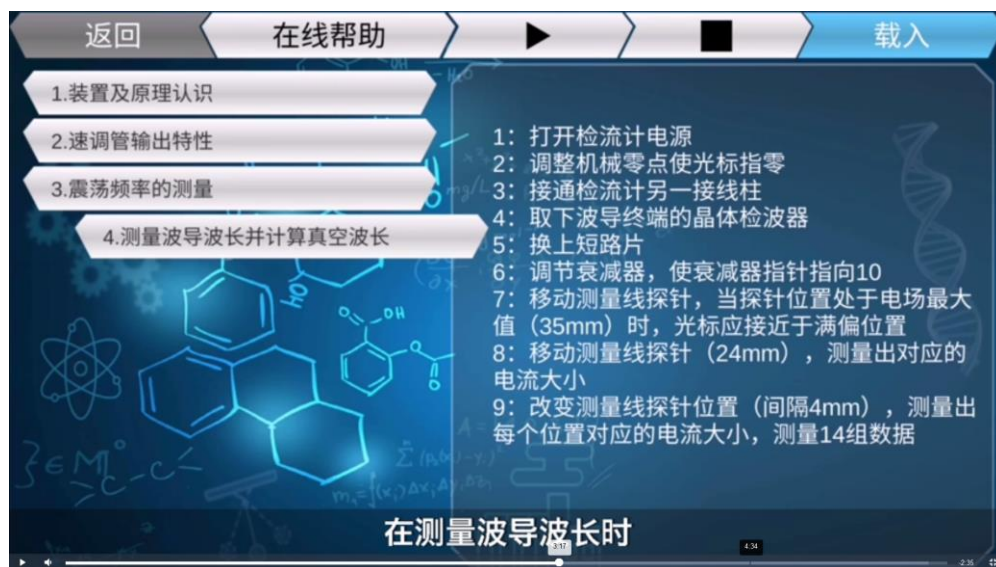
学校：辽宁师范大学 负责人：岳崇兴

通过模型计算真实反映微波系统产生微波的微观现象，可以动态展示波导中驻波、行波和混波几种不同波形的磁场和电场。

学生通过仿真实验可以更好地理解微波的产生与传输的原理和特性，掌握微波实验的步骤和方法，包括：

1.通过调试反射式速调管和波导管的工作状态，掌握速调管振荡器的振荡区及电子调谐特性；

2.测量微波频率和波导波长。绘制各种振荡模式的P-V曲线，掌握波导元件和波导测试系统的使用方法。



虚实结合的创新研究实验平台

面向高端仪器自主研发核心能力培养的虚拟仿真实验项目

- **显像管中的电子光学；**
- 解剖一支单踪显像管，获取显像管所有内部元件的结构参数，建立电子束聚焦系统的模型，在SimION软件中仿真，并和实际得到的显像管实验结果做对比；
- **扫描电子显微镜透镜组中的电子光学；**
- 在SimION软件中，完成扫描电子显微镜透镜组的建模，让学生设置参数，研究电子束的聚焦效果随参数的变化，并和实际测得的束斑大小做对比
- **四极杆质谱的仿真；**
- 在SimION软件中，完成四极杆质谱的建模，让学生设置参数，得到模拟的质谱，并和实际实验做对比；

大学物理研究性实验（3项）

实验项目方向	建议实验项目
质谱仪器的虚拟仿真实验	1、四极杆质谱仪虚拟仿真实验；2、飞行时间质谱虚拟仿真实验等等；涵盖一类实验项目：这类实验项目包含离子产生、收集，并实现不同荷质比粒子的分离，以研究结构和参数对仪器性能的影响为主要目的。实现上，可以设计项目内容借助常用的电子光学设计软件来实现，也可以自己开发软件来仿真。
磁性物理基础与磁性参数测试	基础磁性参数测试与磁性研究虚拟仿真实验
真空镀膜三维仿真系统	真空镀膜三维仿真系统

磁控溅射镀膜和AFM在氢化纳米硅制作过程中的应用

学校：南方科技大学 负责人：何佳清

由于磁控溅射和原子力显微镜（Atomic Force Microscopy, AFM）设备造价昂贵，而且氢化纳米硅的制备过程也具有一定危险性，不利于大面积开展实验教学，因此我们设计了这一虚拟仿真实验项目，具体教学目的如下：

- 1.了解氢化纳米硅薄膜制备的成膜过程
- 2.了解氢化纳米硅薄膜的主要功能及用途
- 3.熟悉磁控溅射制备氢化纳米硅薄膜的操作流程
- 4.熟悉原子力显微镜测量薄膜化情况、晶粒大小及表面形貌的操作流程



核物理专业实验（15项）

实验项目方向	建议实验项目
虚拟放射源	基于虚拟放射源的虚拟仿真实验
核物理实验	
核衰变及高速带电粒子动能动量测量/相对论电子的动能与动量关系的测量	核衰变及高速带电粒子动能动量测量/相对论电子的动能与动量关系的测量
基于大数据的宇宙射线时空分布虚拟仿真实验	基于大数据的宇宙射线时空分布虚拟仿真实验
带电粒子/中子/ γ 射线与物质相互作用	带电粒子/中子/ γ 射线与物质相互作用
核物理瞬发伽玛中子活化分析	中子活化分析虚拟仿真实验
卢瑟福背散射实验、串列式静电加速器及其应用	串列式静电加速器原理及背散射应用的虚拟仿真实验

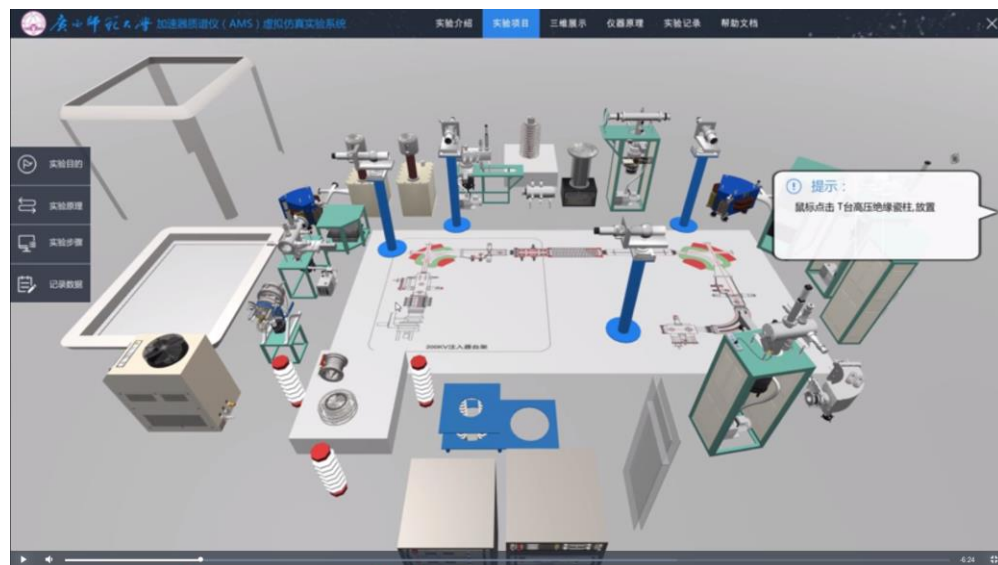
核物理专业实验（15项）

实验项目方向	建议实验项目
X射线特征谱测量和X射线吸收	X射线特征谱测量和X射线吸收虚拟仿真实验
实验核物理	基于重离子加速器的原子核质量测量虚拟仿真实验
加速器原理及应用	加速器质谱仪（AMS）虚拟仿真实验
半导体 α 谱仪与 α 粒子的能量损失	半导体 α 谱仪与 α 粒子的能量损失虚拟仿真实验
穆斯堡尔谱学研究	穆斯堡尔谱学实验技术虚拟仿真实验
核辐射 γ 射线测量及应用	核辐射 γ 射线的能谱测量及其在材料改性中的应用
测量放射性物质辐射强度的居里实验	测量放射性物质辐射强度的居里实验
核电厂系统与安全分析虚拟仿真教学实验	核反应堆瞬态与事故分析

加速器质谱仪（AMS）虚拟仿真实验

学校：广西师范大学 负责人：沈洪涛

加速器质谱仪是近年发展起来的用于分析核素含量的新型仪器。它是基于加速器和离子探测器的一种核素测量技术，实现了对样品中核素原子个数精确测试，近年来在地球科学、生命科学等领域具有非常重大的应用价值。加速器质谱仪具有明显的“核”特色，开设虚拟仿真实验项目，具有明显优势：1、免除接受额外辐射。2、免除加速器实验高电压的危险。3、极大缩短实验时间，提高效率。4、解决实验台套数少，无法同时开展实验的难题。



半导体 α 谱仪与 α 粒子的能量损失虚拟仿真实验

学校：中国科学技术大学 负责人：金革

α 粒子及与其相关的物理实验在近代物理学发展史上具有非常重要的地位。本实验采用金硅面垒半导体探测器对 α 粒子进行探测并收集产生的电荷信号，从而实现对 α 粒子能量的测量。实验内容包括不同工作偏压下的 α 粒子能量峰位和分辨率的测量、最佳最佳工作偏压的选定、能量刻度曲线的绘制等。有利于培养核物理专业学生独立动手的能力和数据处理能力，为将来从事核与粒子物理实验领域的研究打下良好的基础。

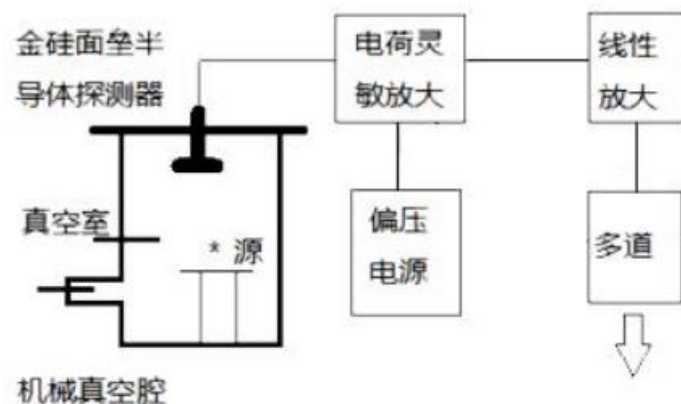


图1. 半导体 α 能谱仪结构图



凝聚态物理专业实验（35项）

实验项目方向	建议实验项目
微观载流子分布特性的虚拟仿真实验	微观载流子分布特性的虚拟仿真实验
II-VI族半导体生长及其紫外探测器研制	II-VI族半导体生长及其紫外探测器研制虚拟仿真实验
单晶硅太阳能电池制备工艺	工业化单晶硅太阳能电池制备工艺优化虚拟仿真实验
LED植物荧光粉制备虚拟仿真实验	LED植物荧光粉制备虚拟仿真实验/LED荧光粉性能表征虚拟仿真实验
非晶态的物理特性及形成原理	非晶态材料的制备及特性研究虚拟仿真实验
固液相变及硅单晶生长	固液相变及硅单晶生长虚拟仿真实验
磁性材料的共振效应	自旋磁矩共振动力学虚拟仿真实验

凝聚态物理专业实验（35项）

实验项目方向	建议实验项目
X射线衍射及结构相变原位表征	X射线衍射及晶体结构分析实验
物理学在石油工业中的应用	页岩气物理吸附解吸虚拟仿真实验
极端物理及相关交叉学科	极端物理及相关交叉学科虚拟仿真实验
基于AFM的物质表面微观结构及力学性质表征仿真实验	基于AFM的物质表面微观结构及力学性质表征仿真实验
磁性测试与结构表征	低温强场下材料的磁性测试与结构表征虚拟仿真实验
电子显微镜	扫描电子显微镜/透射电子显微镜
多样品共聚焦拉曼光谱三维扫描数据采集分析和特征数据假彩色成像表征	共聚焦拉曼光谱扫描成像虚拟仿真实验

凝聚态物理专业实验（35项）

实验项目方向	建议实验项目
物理、材料、工科	金刚石的合成及物理性能测试虚拟仿真实验
固体中的电子发射及应用	固体中的电子发射及卫星电推进中和器应用虚拟仿真实验
聚焦离子束系统	聚焦离子束系统虚拟仿真实验
晶体材料表面原子结构与电子结构探测	表面原子结构与能带表征虚拟仿真实验
量子效应	二维体系中磁电阻量子振荡和量子霍尔效应虚拟仿真实验
近代物理/磁学/薄膜物理	中子反射法测薄膜磁矩
强磁性物质对外加磁场响应行为的测试分析虚拟仿真实验	强磁性物质对外加磁场响应行为的测试分析虚拟仿真实验

凝聚态物理专业实验（35项）

实验项目方向	建议实验项目
超高压物理实验技术	超高压物理实验技术/金刚石对顶砧技术
高压相变	高压下水的相变
高压荧光光谱分析虚拟仿真实验	高压荧光光谱虚拟仿真实验
氢化纳米硅薄膜材料制作与表征虚拟仿真实验	磁控溅射镀膜和AFM在氢化纳米硅制作过程中的应用虚拟仿真实验
低温强磁场下材料的磁性测试与结构表征实验	低温强磁场下材料的磁性测试与结构表征实验
强磁场条件下的虚拟仿真实验	强磁场条件下的虚拟仿真实验
量子反常霍耳效应虚拟仿真实验	量子反常霍耳效应虚拟仿真实验

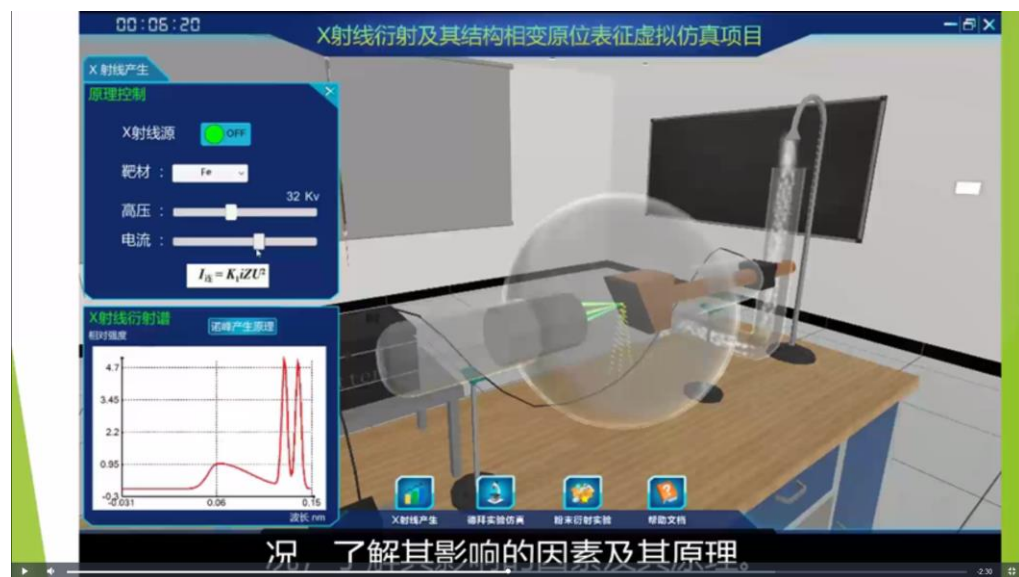
凝聚态物理专业实验（35项）

实验项目方向	建议实验项目
极低温强磁场条件下反常霍耳效应虚拟仿真实验	极低温强磁场条件下反常霍耳效应虚拟仿真实验
极低温强磁场条件下拓扑材料的相变虚拟仿真实验	极低温强磁场条件下拓扑材料的相变虚拟仿真实验
极低温强磁场条件下二维材料性质虚拟仿真实验	极低温强磁场条件下二维材料性质虚拟仿真实验
电子与材料相互作用机制	电子与材料相互作用虚拟仿真实验
光电子能谱	光电子能谱分析材料表面及界面电子结构
材料发光性质表征	荧光寿命显微成像虚拟仿真实验
新型功能材料	荧光温度场成像虚拟仿真实验

X射线衍射及结构相变原位表征虚拟仿真实验

学校：福建师范大学 负责人：陈水源

x射线堪称伟大的发现和巨大的贡献，至今共有25项诺贝尔奖与之有关。做为重要的基础和创新性实验项目，它具有较大的危险性和难度系数。因此，基于“以虚代实和以虚验实”指导思想开发虚实结合的x射线虚拟仿真实验是非常必要的。项目建设体现了“以学生发展为中心”的理念，既有注重实验操作、数据处理等基本实验技能的实验环节，又有创新实践能力培养的实践内容。项目很好地体现了“教学完整性、资源多元性、交互性和研究性”。



基于AFM的物质表面微观结构及力学性质表征仿真实验

学校：北京航空航天大学 负责人：李英姿

原子力显微镜 (Atomic Force Microscope, AFM) 是一种重要的纳米成像分析仪器，可以在大气、液体及真空环境下获取样品表面原子尺度的形貌及性质信息，操纵及修饰样品表面原子。AFM通过检测探针-样品之间的相互作用力获取样品表面纳米尺度的杨氏模量、形貌等信息。本实验基于AFM成像原理，搭建虚拟AFM实验平台，用于量大面广的基础物理实验课堂，教学目的如下：

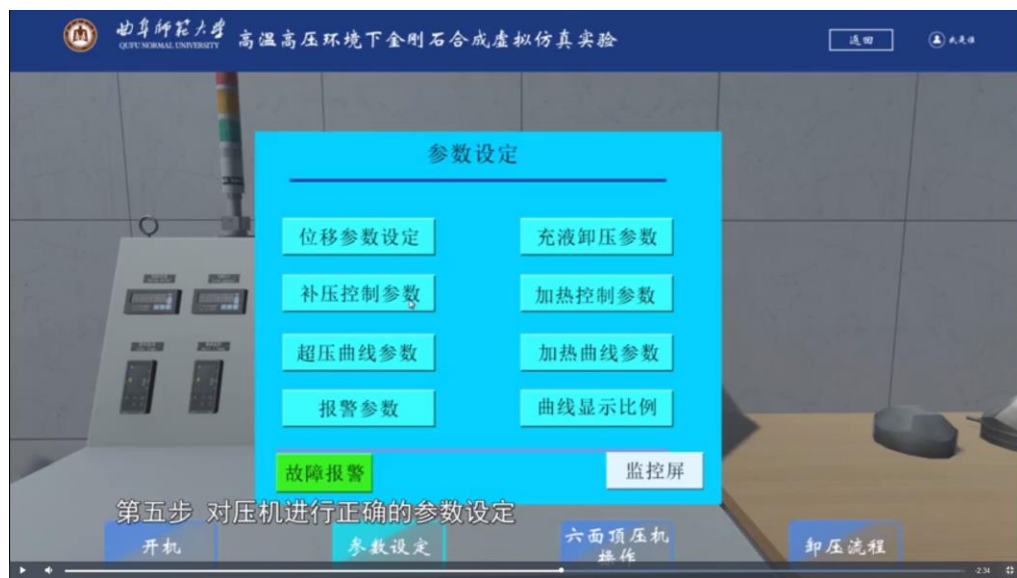
- (1) 掌握AFM的基本成像原理及系统结构；
- (2) 掌握AFM的基本操作技巧及操作步骤；
- (3) 掌握AFM在样品纳米形貌获取及性质区分中的应用；
- (4) 掌握AFM在定量分析中的应用，加深对原子间相互作用力的理解，了解探针-样品接触力模型。



高温高压环境下金刚石单晶成核与生长虚拟仿真实验

学校：曲阜师范大学 负责人：王海龙

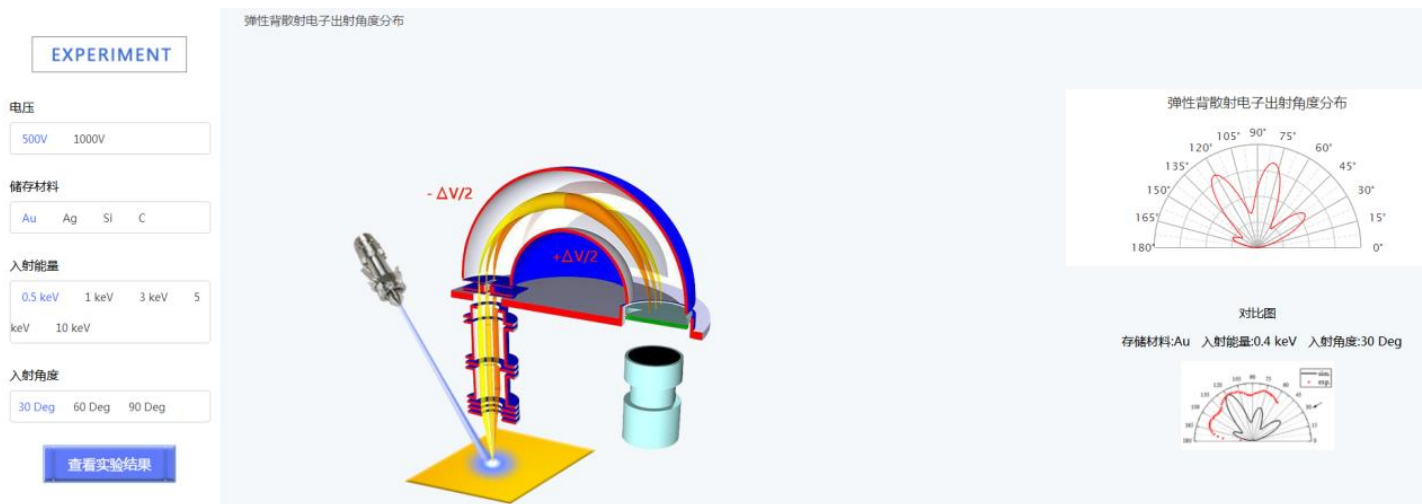
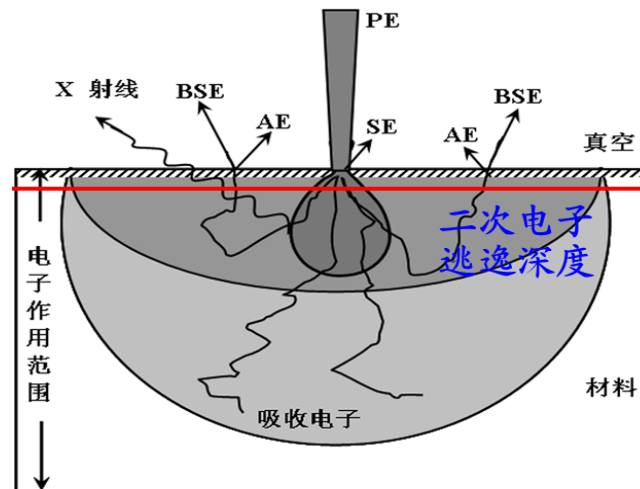
超高温高压极端条件下，物质原有的结构将被破坏，为寻找特殊用途的新材料提供了丰富的来源，被视为未来最有可能取得重大科学突破的研究领域。高温高压技术应用于材料领域最经典的例子为人造金刚石的合成。利用虚拟仿真技术，构建非拟人化、非漫画形象，开展高温高压环境下金刚石合成虚拟仿真实验，从而达到拓展实验教学的深度和广度，增加实验的开放性与趣味性，便于学生自主学习，增强学生自主创新能力与科研能力。

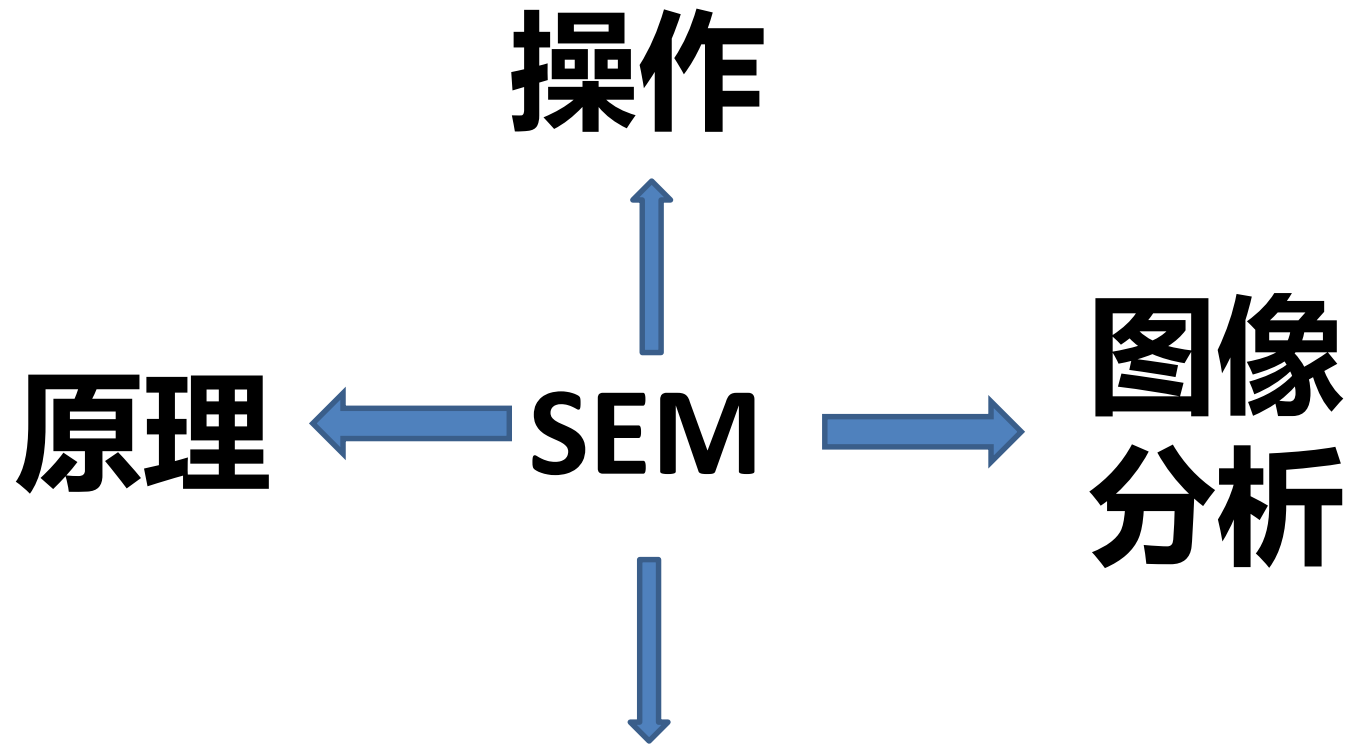


电子与材料相互作用虚拟仿真实验

学校：中国科学技术大学 负责人：王中平

具有能量的电子入射到材料内的过程无法直观的观察，可通过计算模拟仿真再现。电子与材料内原子发生相互作用后，表面逃逸出的电子是电子显微成像之源，不同能量出射电子计数构成能谱。该实验包括弹性散射电子的角度分布及非弹性背散射电子的能量分布。通过仿真电子轨迹了解电子在材料内散射过程，可掌握弹性背散射电子出射角度分布特点，更让学生体会到经典力学研究的局限性。电子能谱实验让学生深入了解电子能量损失的物理机制。





物理、化学、材料、生物、医学、考古

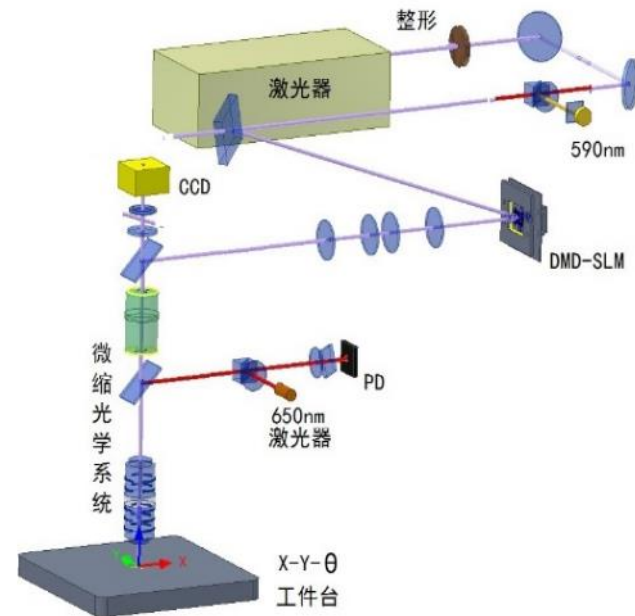
光学专业实验（10项）

实验项目方向	建议实验项目
激光相干合束	光纤激光相干合束虚拟仿真实验
超分辨成像技术	超分辨成像技术虚拟实验平台
光学/光信息科学	紫外高速激光直写光刻系统虚拟仿真实验
基于非线性光学晶体产生宽谱太赫兹波的原理与应用	基于光学方法的宽谱太赫兹波产生和应用虚拟仿真实验
前沿光学测量技术	红外热成像虚拟仿真实验
激光发射系统像差分析与光束质量评价	大口径激光发射系统像差分析与光束质量评价
激光横向模式调控与光镊	光学扳手-光的轨道角动量探秘虚拟仿真实验
量子光学、原子物理学	相干原子的极化特性分析虚拟仿真实验
光的力学作用	多功能全息光镊微操控虚拟仿真实验
超快非线性折射动力学测量虚拟仿真实验	超快非线性折射动力学测量虚拟仿真实验

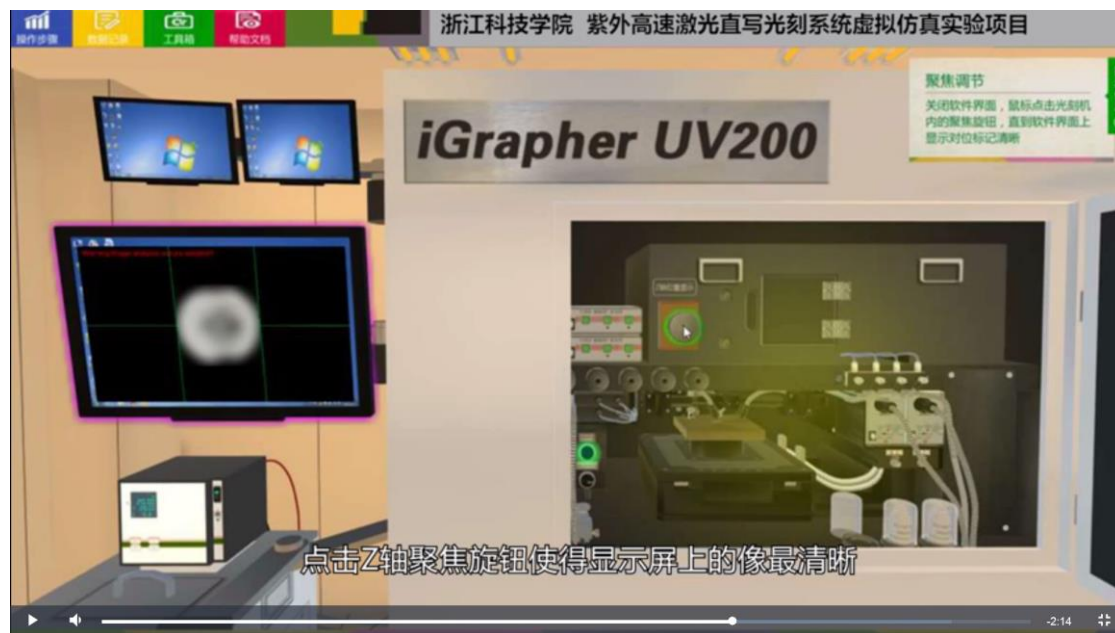
紫外高速激光直写光刻系统虚拟仿真实验项

学校：浙江科技学院负责人：徐弼军

对紫外高速激光直写光刻系统工艺进行虚拟仿真实验，作为真实实验的有效补充，旨在培养学生接触现代工业界先进光刻工艺，增进其对器件工艺原理、流程的了解、认识，并激发学生的学习兴趣和创新思维，并增强学生的虚拟仿真实践动手能力，为高素质、有经验的应用型微纳光学、集成电路、人才培养奠定强有力的基础。



图一 频闪平铺光斑曝光系统结构示意图



超分辨率扫描近场光声显微术 虚拟仿真实验

主要基于光声效应和扫描近场光学显微术对近场光穿透深度范围内的材料结构、光、电、热、力等物性进行纳米分辨率的原位检测和成像。

分辨率可以 优于 10 nm。



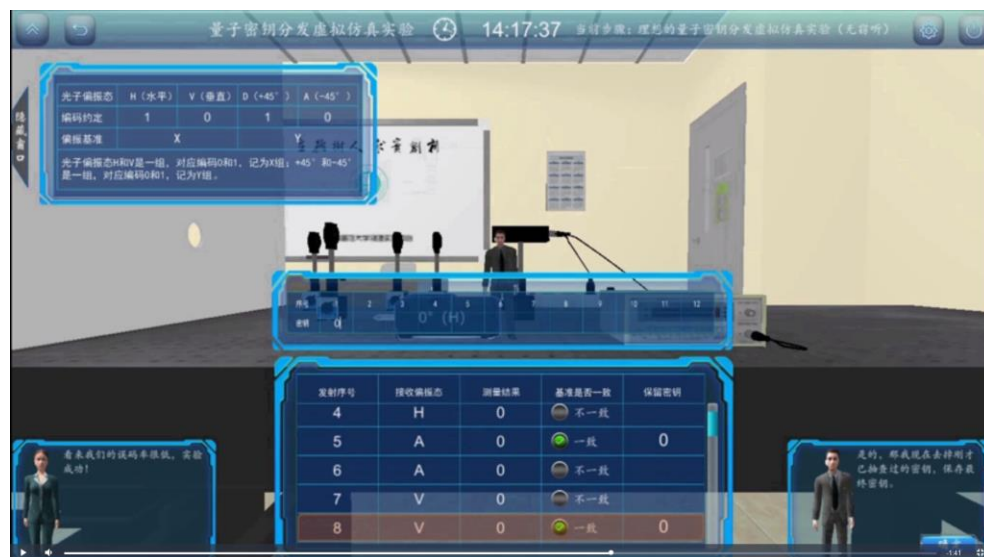
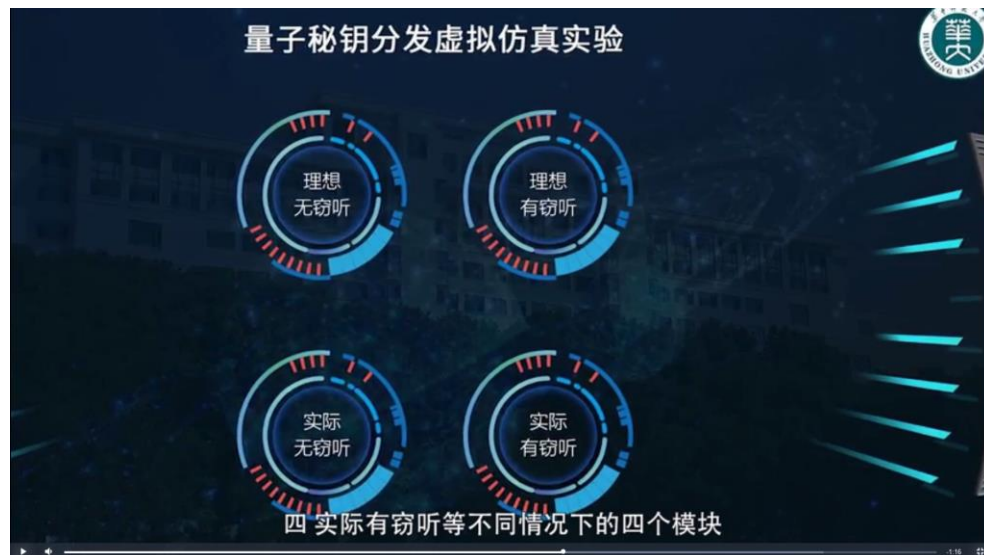
量子光学专业实验（8项）

实验项目方向	建议实验项目
量子通讯与量子信息	量子通讯与量子信息系列虚拟仿真实验
量子自旋调控计算	量子自旋调控计算虚拟仿真实验
量子纠缠光源制备和测量虚拟仿真实验	1. 量子纠缠源光路的搭建和调节 2. 测量量子纠缠源干涉对比度曲线 3. 贝尔不等式的实验测量 4. 纠缠源保真度的实验测量
光量子的性质	光量子的性质虚拟仿真实验
量子光学与量子信息技术	量子密钥分发虚拟仿真实验
量子材料的自旋动力学	量子材料的自旋动力学虚拟仿真实验
原子光学	超冷原子玻色-爱因斯坦凝聚态的制备和物性研究虚拟仿真实验
原子气体玻色爱因斯坦凝聚体虚拟仿真实验	原子气体玻色爱因斯坦凝聚体虚拟仿真实验

量子密钥分发虚拟仿真实验

学校：华中师范大学 负责人：李高翔

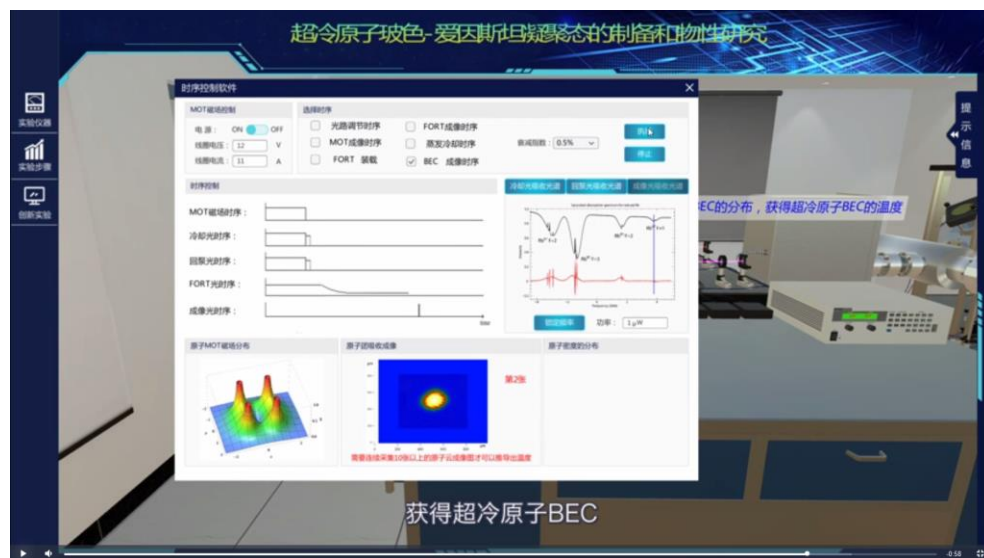
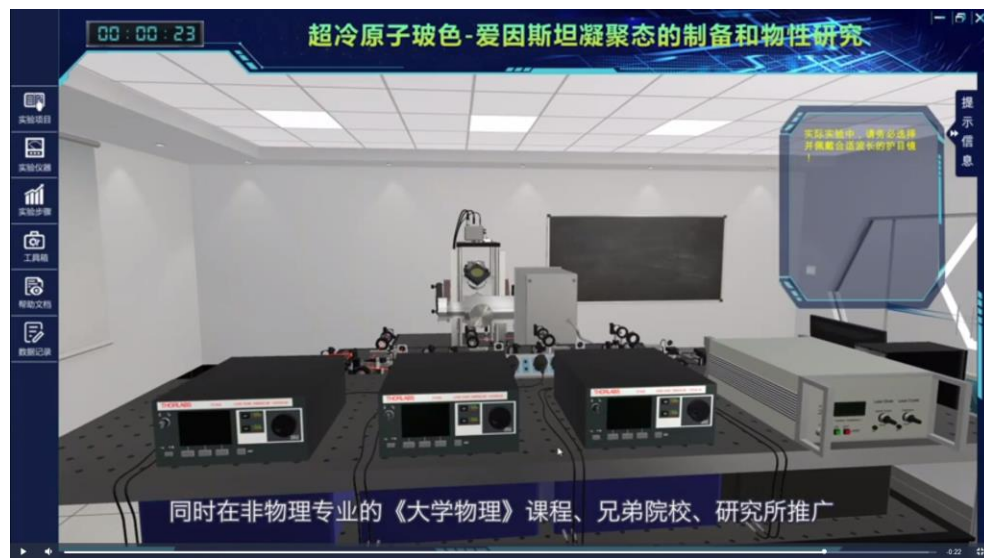
以量子密钥分发为代表的量子信息技术近年来获得了飞速发展，国内外高校都非常重视并开设相关的课程。但是由于量子信息技术是量子物理和信息技术交叉融合产生的新兴学科，所涉及的学科知识面广、综合性和技术性强，学习难度较大，学生学习的积极性和主动性不高，以学生为主体的研究型教学体现不足，教学效果不理想。为此，我们选择量子密钥分发这一典型的量子信息技术，利用3D仿真技术开发了“量子密钥分发虚拟仿真实验”。



超冷原子玻色-爱因斯坦凝聚态的制备和物性研究虚拟仿真实验

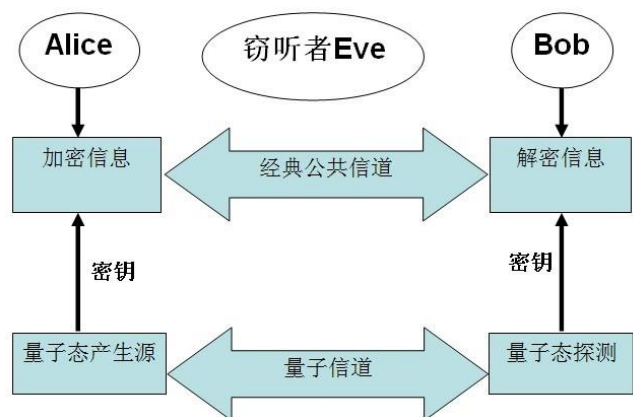
学校：华东师范大学 负责人：武海斌

原子光学是近现代物理学的重要分支。超冷原子玻色-爱因斯坦凝聚态 (BEC) 的研究是现代物理学的重要前沿领域之一。我们根据本科人才培养需求, 设计开发了《超冷原子玻色-爱因斯坦凝聚态的制备和物性研究》虚拟仿真实验项目。本项目把复杂的前沿超冷原子BEC实验进行真实模拟, 学生通过实验平台学习BEC的制备原理与物理特性、完成BEC的制备、并开展相关应用实验探索等。通过该项目的训练, 提升大学生的科学素养。



前沿物理的虚拟仿真实验

• 量子通讯与量子信息系列虚拟仿真实验



Alice 产生随机比特	0	1	1	0	1	0	0	1
Alice 随机选择基矢	+	+	×	+	×	×	×	+
Alice 光子偏振态	↑	→	↘	↑	↘	↗	↗	→
Bob 随机选择测量基矢	+	×	×	×	+	×	+	+
Bob 测量得到的光子偏振态	↑	↗	↘	↗	→	↗	→	→
在公共信道中对比基								
共有的密钥	0	舍弃	1	舍弃	舍弃	0	舍弃	1

图 量子保密通信示意图

图 基矢比对举例

量子自旋调控的虚拟仿真实验项目

---单分子核磁共振成像虚拟实验

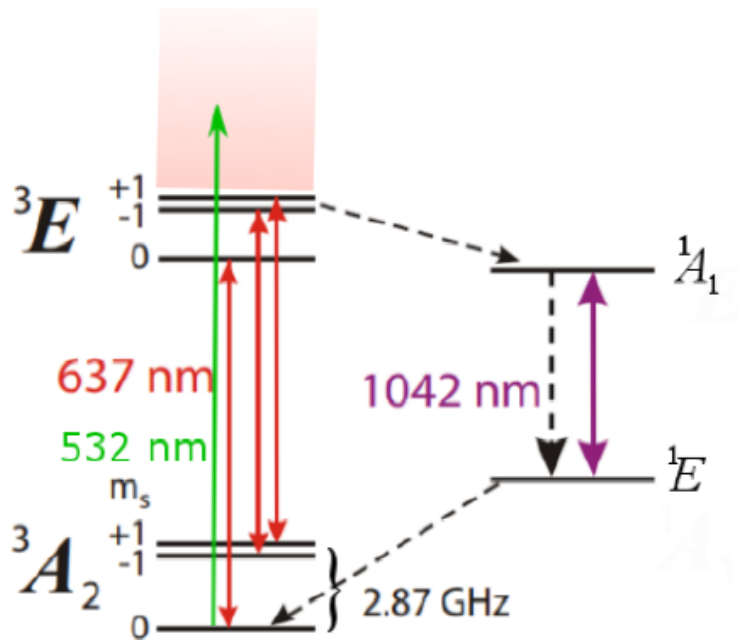


图1. 室温下金刚石NV 色心的能级结构示意图

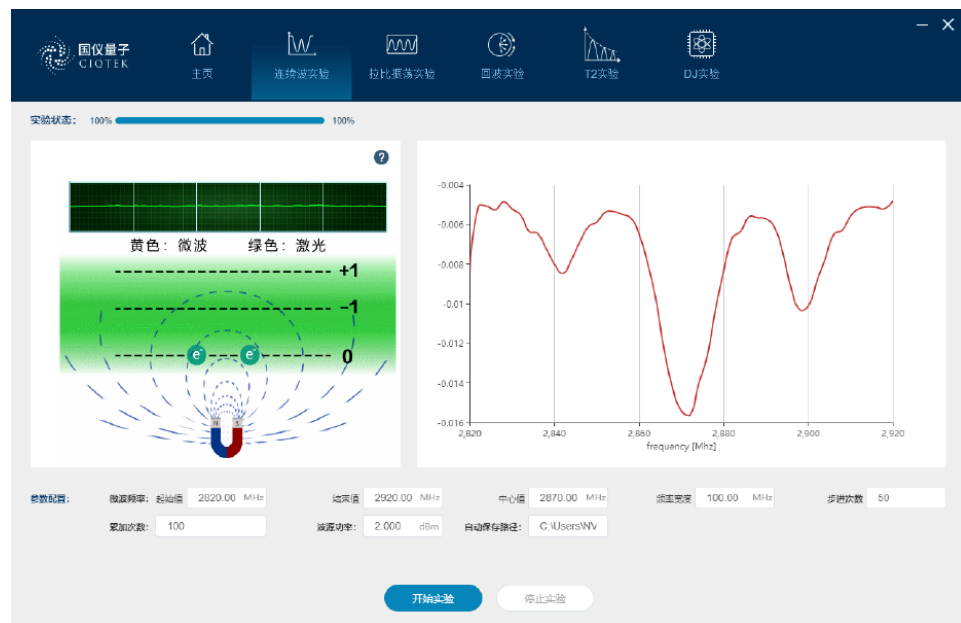


图2. 连续波谱实验界面

医学物理专业实验（1项）

实验项目方向	建议实验项目
X射线医学辐射安全教学仿真系统	基于虚拟现实技术的X射线医学辐射安全教学仿真系统

生物物理专业实验（2项）

实验项目方向	建议实验项目
生物物理	细胞膜上的物理实验（生物物理虚拟仿真实验）
冷冻电镜病毒三维重构	冷冻电镜病毒三维重构虚拟仿真实验

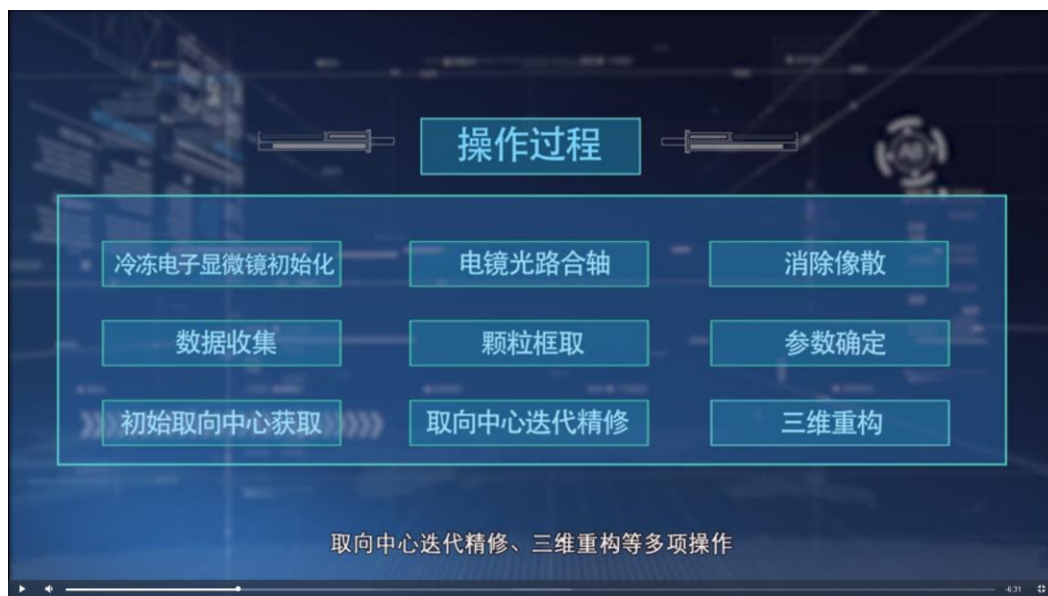
冷冻电镜病毒三维重构

学校：湖南师范大学 负责人：刘红荣

通过本实验使学生理解电子显微成像和三维重构的物理原理；掌握利用数学、计算机技术进行数据处理的过程；通过实验结果了解二十面体病毒结构。

具体包括四个部分：

- (1) 掌握电子显微成像和三维重构的物理原理；
- (2) 熟悉透射电子显微镜调节及数据收集流程；
- (3) 掌握三维重构原理及操作流程；
- (4) 了解二十面体病毒三维结构组成。



等离子体物理专业实验（3项）

实验项目方向	建议实验项目
托卡马克磁约束核聚变等离子体物理仿真实验	托卡马克磁约束核聚变等离子体物理虚拟仿真实验
磁约束核聚变堆主机工程设计	磁约束核聚变堆主机工程设计虚拟仿真实验
射频放电与尘埃等离子体仿真实验	射频放电与尘埃等离子体仿真实验

电磁场与微波实验（1项）

实验项目方向	建议实验项目
电磁散射特性分析	金属体电磁散射特性分析虚拟仿真实验

固体物理（1项）

实验项目方向	建议实验项目
固体薄膜材料的分子级操控生长及其物理性能	激光分子束外延生长动力学虚拟仿真实验

声学专业实验（1项）

实验项目方向	建议实验项目
次声波产生方式、次声波物理效应与次声波武器原理虚拟仿真实验	次声波产生与次声波武器物理原理虚拟仿真实验

原子分子物理专业实验（3项）

实验项目方向	建议实验项目
磁共振	核磁共振研究物质组织结构
光与原子相互作用	倾听原子的脉动-铯原子喷泉钟仿真实验
电子与分子碰撞过程	电子与分子碰撞吸附解离反应虚拟仿真实验

力学专业实验（1项）

实验项目方向	建议实验项目
微重力环境下流体运动与传热虚拟仿真	微重力环境下流体运动与传热虚拟仿真

天文学实验（10项）

实验项目方向	建议实验项目
恒星团颜色-星等分布	恒星团颜色-星等分布图虚拟仿真实验
天体光学测光观测	天体光学信号的测量虚拟仿真实验
引力波的探测	引力波信号的产生与探测虚拟仿真实验
极早期宇宙的模拟探测	宇宙起源的虚拟仿真实验
望远镜工作原理	大口径光学天文望远镜
天文望远镜的使用	X射线望远镜的测量虚拟仿真实验
高能天体物理空间观测	高能天体物理空间观测虚拟仿真实验
引力波天文学与引力波探测实验	引力波天文学与引力波探测仿真实验
望远镜工作原理	空间天文望远镜
望远镜工作原理	射电天文望远镜

天文学类

星团赫罗图和等年龄线虚拟仿真实验

- 星团赫罗图等年龄线拟合可以帮助学生理解恒星和星团演化过程，理解恒星演化背后的物理机制，并对天体实测中的测光方法有直观的感受。

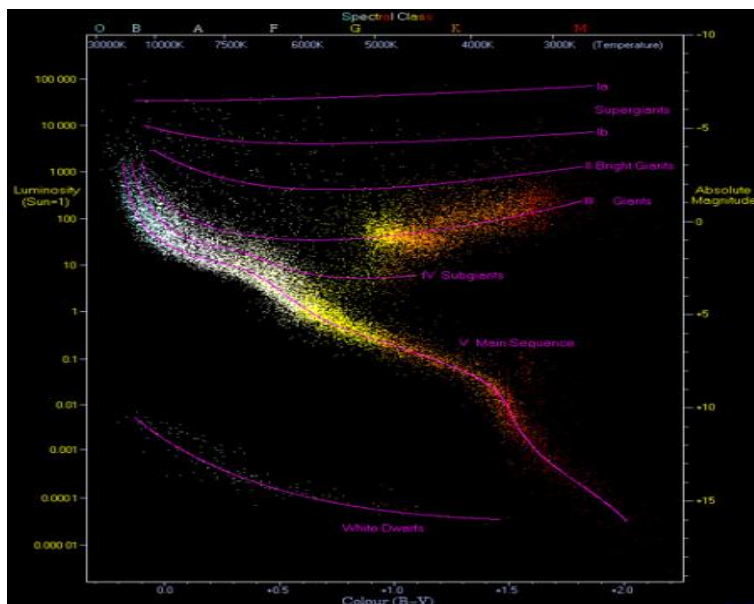


图1：赫罗图。图中紫色线从上而下依次为超新星、超巨星、巨星、次巨星、主序星、白矮星。

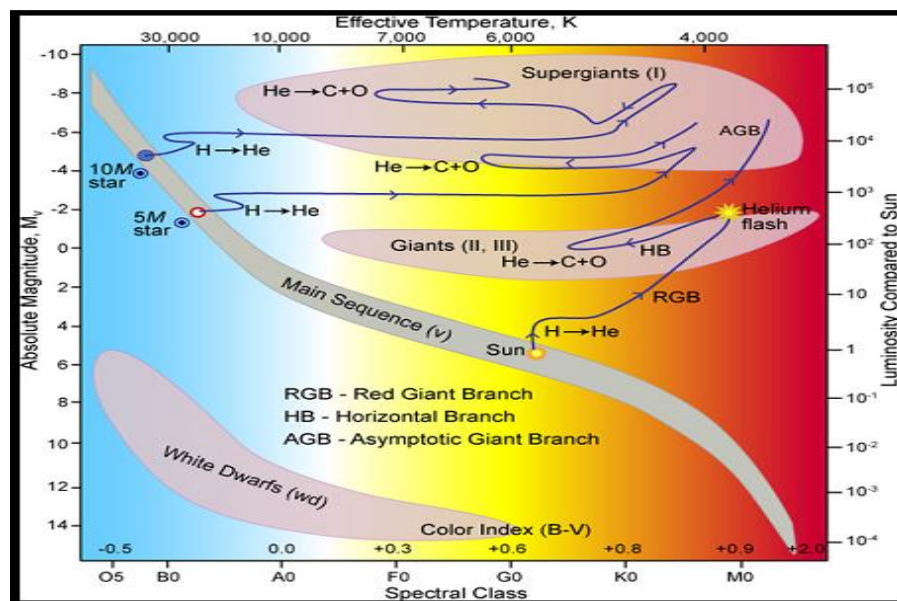


图2：单星演化过程

引力波信号模拟与搜寻仿真实验

- **模拟引力波信号**：针对某一组特定引力波源参数，包括波源的空间方位，双星的质量，轨道倾角，极化角等参数，结合相应初始条件，根据引力波理论方法模拟现有引力波设备，如LIGO和VIRGO引力波探测器，的引力波信号波形。同时根据三个探测器的噪音功率谱模拟其高斯噪声，并将噪声成份和引力波信号进行叠加来模拟仿真引力波探测器预计得到的观测数据。并基于以上模拟结果建立引力波探测器波形模版库
- **引力波信号搜寻**：针对上面过程探测器网络的模拟数据，随机选择一组数据，利用模板匹配的方法来拟合引力波信号，搜寻并确定波源参数。在实际操作中，可先对探测器网络的数据进行富立叶变换，然后将变换结果与模板库中的模板进行一一对比，找到最大信噪比对应的引力波模板。然后在该模板附近，利用蒙特卡罗方法对一系列模板进行一一匹配来确定波源的参数空间，包括位置，倾角，质量等参数的误差范围。

空间高能天体物理探测虚拟仿真实验

空间高能天体物理是以空间探测器对天体高能电磁波探测为基础的学科领域，是天体物理、粒子物理、空间探测技术的交叉学科方向。

开展空间高能天体物理实验设计到复杂的高能天体物理现象、空间环境、空间探测器选型和设计、数据获取和分析等。因此，空间高能天体物理难以开展直接实验物理。

（一）高能天体源的仿真

基于大规模数值模拟结果仿真伽马射线暴（GRB）、中子星并合、活动星系核（AGN）、超新星（Supernova）、潮汐瓦解事件（TDE）等爆发现象。学生通过虚拟仿真实验学习这些高能天体爆发现象的起源、辐射机制和能谱、光变等辐射特征。

（二）空间辐射环境仿真

仿真学习空间弥漫X射线（CXB）、宇宙线、大气反照光子（ALB），南大西洋异常区（SAA）粒子等空间环境本底成分；了解在不同的高度、轨道倾角的空间环境中观测时，本底对探测器的影响；了解空间环境本底能谱的测量方法；学习探测器的屏蔽措施。每一种空间辐射独立设计模块。

（三）探测器原理和探测器设计

仿真光子与物质的相互作用、带电粒子与物质的相互作用的过程；仿真模拟气体探测器、闪烁体探测器和半导体探测器三种主要空间探测器对粒子的响应。掌握粒子鉴别、能量、动量、入射方向、流强测量等实验方法，掌握设计探测器灵敏度、视场、角分辨等关键参数。了解卫星与地面站之间的通信原理。

（四）数据分析部分

学习卫星数据处理方法。计算机显示探测到能谱、时变等信息，学生通过对探测器响应分析，空间环境本底扣除等分析，得到最终的能谱图像，分析高能天体源的类型及其辐射成分。

谢谢！