

第三批国家级一流本科课程申报书

（虚拟仿真实验教学课程）

课程名称：光纤通信与数字传输

专业类代码：080703

负责人：陈志龙

联系电话：

申报学校：南昌理工学院

填表日期：

推荐单位：

中华人民共和国教育部制

二〇二三年十一月

填报说明

1. 专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2022）》中的专业类代码（四位数字）。

2. 文中○为单选；□可多选。

3. 团队主要成员除主讲教师外，可以包含一位确实发挥重要支持作用的技术人员，并在“承担任务”栏中说明属于技术人员。

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	原理再现—近代光学之光栅成像与激光调Q探秘		是否曾被推荐	○是○否	
实验负责人	陈志龙				
负责人所在单位	南昌理工学院				
是否国家级一流本科专业建设点	○是④否	(如是) 专业名称		专业代码	
实验所属课程 (可填多个)	大学物理、光纤通信与数字传输				
性质	○独立实验课 ④课程实验				
实验对应专业	通信工程				
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	☒ 高危或极端环境 ☒ 高成本、高消耗 ☒ 不可逆操作 ☐ 大型综合训练				
实验语言	④中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)				
实验已开设期次	共 次: 1. 时间、人数 2. 时间、人数 3. ...				
有效链接网址					

2. 课程团队情况

课程团队主要成员(序号1为课程负责人,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	陈志龙	1969-07-16	南昌理工学院	教学副校长	教授	13517087364	2518042378@qq.com	全面指导
2	吴璘	1984-04-17	南昌理工学院	教研室主任	副教授	18679630627	36895095@qq.com	实验设计、项目编写

3	赵慧	1985-05-13	南昌理工学院	无	副教授	13517087364	2518042378@qq.com	实验在线指导
4	付靖娟	1985-10-15	南昌理工学院	无	讲师	13576998933	fujingjuan1226@163.com	课程教学服务
5	蔡云婷	1993-01-25	南昌理工学院	无	讲师	18296124362	707829765@qq.com	课程教学服务

2-2 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）

该团队主要成员从青年教师到中年骨干、从硕士到博士后、从讲师到教授分布合理，富有活力和创新力，承担了大量的实验教学任务，包括《大学物理》、《光纤通信》、《工程电磁场》、《信号与系统》等课程。

团队负责人陈志龙教授主持国家级重大攻关项目一项，国家自然科学基金一项，担任我校教学副校长，分管学校实验室教学工作。团队建立了江西省虚拟仿真平台两项，主持和参与教改课题 15 项，带领学生参加蓝桥杯，江西省物理大赛，电子创新大赛等赛事获奖 36 项。团队与企业开展 6 项协同育人项目的建设，在师资培训、教学改革等方面持续发力。他们不断探索实验教学方法手段的改革，积极引入现代化实验教学手段，利用 3D 虚拟成像开展高危险、高成本、难操作、效果差的专业实验课程，提高实验教学的效果和质量。

在教学奖励方面，该团队主要成员获得了多项教学奖励和荣誉，包括江西省青年教师大赛三等奖，校级优秀教师、校级思政教学团队，市级重点实验示范中心等。总之，该团队主要成员在近 5 年来承担了大量的实验教学任务，在教学研究、学术研究和获得教学奖励方面取得了显著的成绩。他们为提高实验教学质量 and 培养优秀人才做出了重要的贡献。

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）

一、实验的必要性及实用性

光纤通信与数字传输是通信工程专业中的核心专业课程，该课程紧密结合光纤通信的发展，系统地介绍了光纤通信系统的组成与工作原理及关键技术。具体内容包括光纤传输理论及传输特性、光源和光检测器的工作原理及特性、有源和无源光器件的工作原理及应用、光纤通信系统的设计、光缆线路的施工和测试、波分复用、光纤通信网、光通信新技术以及光纤传感技术。光纤通信与数字传输包含 4 个实验，涉及到验证类实验、设计类实验和工程类综合实验，其中光栅衍射和激光调 Q 实验属于原理验证类实验。光栅衍射主要让学生理解光的波动性，激光调 Q 技术主要用于固体激光器产生高能量、高峰值功率的纳秒脉冲。

光栅衍射是一种将光束分成多个波长的方法，通过这一过程可以形成复杂的光谱。在许多科学和工程领域，例如天文学、化学分析、通信等，光谱分析都是关键步骤，因此光栅衍射具有不可替代的重要性。

激光调 Q 是一种获得高能量短脉冲的高效方法。它的主要特性包括开关时间短，效率高，调 Q 时刻可以精确控制，输出脉冲宽度窄（10~20 ns），峰值功率高（几十 MW 以上）等。这些优点使得它在诸如激光测距、激光切割、激光焊接等领域有着广泛的应用，这种技术在医疗、工业加工、通信等领域都有着重要的应用，特别是在医疗领域，它可以用于眼科手术、皮肤病治疗等方面。

总的来说，光栅衍射和激光调 Q 不仅在科学研究中扮演着重要角色，而且在各种实际应用中也展现出了巨大的实用价值。

二、教学设计的合理性

传统实验中，首先，由于实验过程涉及到精密的光学设备和复杂的测量技术，因此对操作者的技能和经验有较高的要求。其次，实验中需要使用特定的光源，如激光器或单色光源，这些危险性较高，成本也高，且这些光源可能会因为长时间使用而产生漂移，从而影响实验结果的准确性。此外，平行光未能严格垂直入射光栅也将形成误差，常用的对称测盘法只能消除误差的一阶修正项，仍存在二阶修正项误差。最后，实验过程中的环境因素（如温度、湿度等）也可能对实验结果产生影响。因此，对这些因素进行有效的控制是获取准确实验结果的关键。采用虚拟仿真技术，无论是光栅衍射还是激光调 Q，虚拟仿真环境可以提供一个无风险且低成本的实验环境，方便进行参数调整和优化。虚拟仿真不仅可以帮助学生更深入地理解光栅衍射和激光调 Q 的原理和效果，避免了实验中可能出现的危险和设备损坏的风险。虚拟环境中的实验可以随时重置和重复，不受外界环境影响，可以从不同的角度和层面进行深入的研究。

传统实验中，教师依然是课堂的主体，讲授和演示实验内容，学生则被动地

接受知识并模仿实验，学生的自我发挥的地方几乎没有，大大降低了学生对实验课的热情。这也导致学生在实验课堂上不愿意思考，有问题找老师。现在需要一种可以随机使用、不限次数、安全方便的合理实验教学方式，虚拟仿真技术应运而生，通过 VR 技术，即借助 3D 效果和人机交互，逼真呈现实验效果，有助于激发学生学习兴趣、激励学生学习自主性、提高学生创新能力，借助虚拟实验系统的考核体系，形成教与学的有机统一。

利用虚拟仿真技术可以大大简化实验过程，提高效率，同时也能够避免实验中可能出现的危险，同时激发学生的学习兴趣，提高学生的学习主动性。

三、实验系统的先进性

虚拟仿真平台，通过 VR 技术，即借助 3D 效果和人机交互，逼真呈现实验效果，有助于激发学生学习兴趣、激励学生学习自主性、提高学生创新能力，借助虚拟实验系统的考核体系，形成教与学的有机统一，所以本项目具有较强的理论意义和实践意义。

第一，虚拟仿真实验系统可以逼真地呈现实际实验过程中光栅对光路的衍射过程。这种真实性不仅使学习者可以在实际设备不具备情况下进行实验，而且还可以通过调整参数来观察结果的变化，这在实际的实验室环境中是难以实现的。

第二，虚拟仿真实验系统可以有效地避免实验中可能出现的危险，提高实验的安全性。例如，在调 Q 激光器的实验中，由于涉及到高能量的激光，如果操作不当可能会对人身安全造成威胁。而虚拟仿真技术则可以在完全没有危险的情况下进行实验。

第三，虚拟仿真实验系统可以实现全员、全过程、全方位的育人。通过构建出“知识传授+虚拟仿真+实践操作”的实验教学体系，使学生能够在理论学习和实践操作之间找到平衡，从而提高学习效果。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

通信工程专业学生应具备扎实的通信理论基础，了解无线通信、光纤通信、卫星通信等通信技术的基本原理和技术特点，其中无线通信和光纤通信等课程均需要掌握光学的基本原理。

在《光纤通信》教材中涉及光的波动性，激光器原理，激光振荡的条件等内容。光栅衍射是根据光的波动性，当光线通过光栅时，将入射光分成多个光束路径，使不同波长的光在不同方向传播的现象，这个现象可以被用来分析光的波长等信息。而激光调 Q 则是调整激光器输出功率的一种技术，它利用激光介质的非线性光学特性，通过调节激光器内部的一些参数（如电流、电压等），使得激光器的输出功率在一定时间内呈现出高峰值和低峰值，从而达到调节输出功率的目的。

光栅衍射现象可以被用来优化激光调 Q 的效果。例如，通过合理设计光栅的结构参数（如光栅常数、缝隙宽度等），可以使得激光器的输出功率在调 Q 期间

达到最优状态。此外，光栅衍射还可以被用来分析调 Q 激光器的光谱特性，进一步了解激光器的工作状态。本实验主要是掌握光栅成像原理及通过电光调 Q 产生激光的原理。

通过本实验的学习，学生应达到以下目标：

(1) 知识目标：

①理解光栅衍射和激光调 Q 的基本原理和基础知识，包括光栅是由大量等缝宽、等缝间距的平行狭缝所构成的光学元件，以及激光调 Q 的原理和方法。

②学习并掌握光栅衍射和激光调 Q 实验的操作流程和技巧，理解实验中各个参数的作用和影响。

③掌握如何利用光栅衍射实验测定光波波长及光栅常数的原理和方法。

④加深对光栅衍射和激光调 Q 现象的理解，例如理解光栅线数、孔径大小与衍射现象的关系，以及调 Q 频率与激光器输出功率的关系。

⑤学习光栅衍射和激光调 Q 的应用，例如在激光技术、光学仪器的设计等领域的应用。

(2) 能力目标：

①掌握分光计的调整与使用；

②能独立进行实验操作，如调整光源等；

③理解并掌握入射光的相位与波长的关系；

④能够进行激光调 Q 实验，并能通过实验观察激光器的输出特性；

⑤能够利用理论知识解析实验结果，如分析调 Q 频率与激光器输出功率的关系；

⑥能够理解激光器在光学、通信、医疗等领域的应用，并能够根据实际需求选择合适的激光器。

(3) 素养目标

①培养科学探究能力：通过实验观察和分析，培养学生的科学探究能力和实验技能，提高学生对物理现象的理解和认识。

②培养创新思维能力：通过实验设计和数据分析，培养学生的创新思维能力，激发学生的创造力和想象力。

③培养团队合作精神：在实验过程中，学生需要相互协作、共同完成任务，这有助于培养学生的团队合作精神和沟通能力。

④培养实践应用能力：通过实验，学生可以将理论知识应用于实际问题中，提高学生的实践应用能力和解决问题的能力。

⑤培养科学态度和价值观：在实验过程中，学生需要遵循科学原则和规范，注重实验数据的准确性和可靠性，培养学生的科学态度和价值观。

实验内容和能力培养的对应关系如图 1：

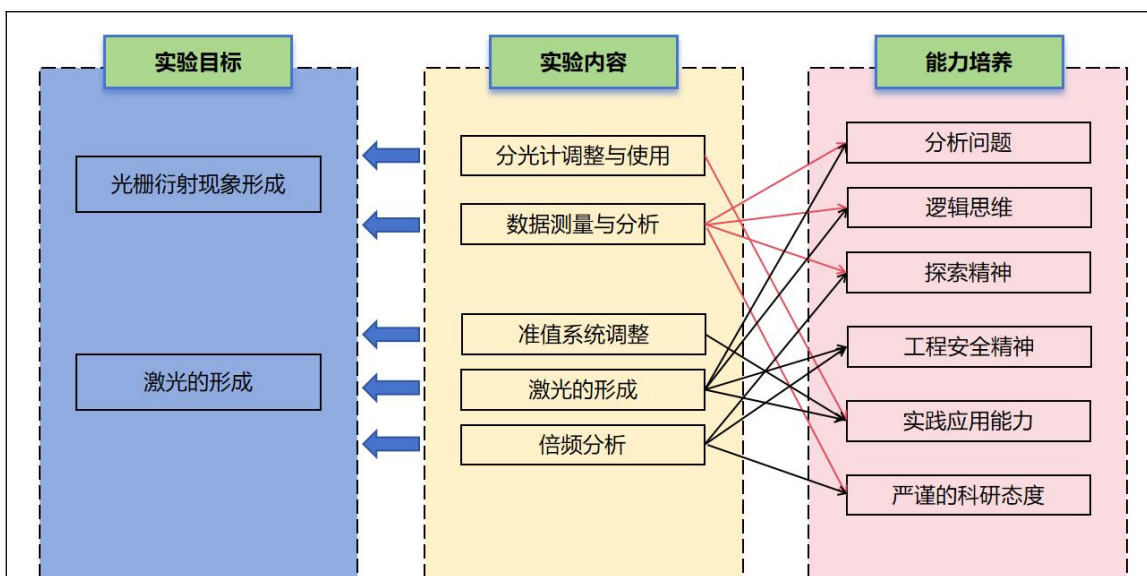


图 1 实验内容和能力培养的对应关系

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：32 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)

本实验包括两大模块，框图如图 2：

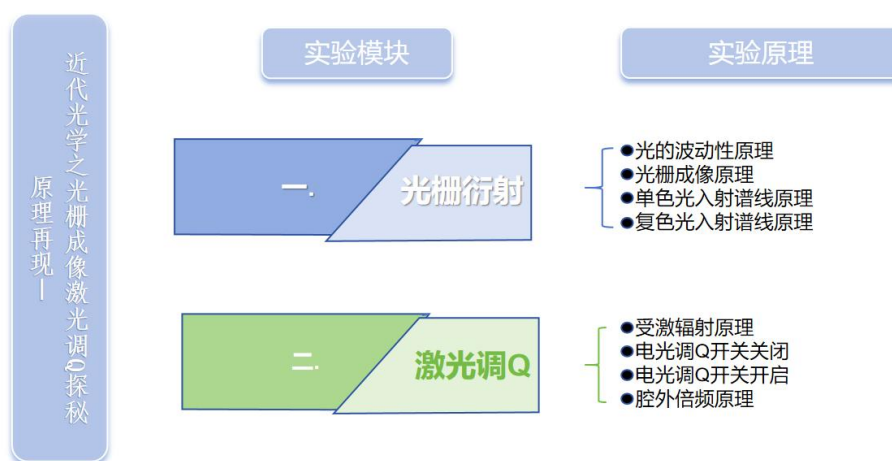


图2 实验原理框图

模块一、光栅衍射实验原理：

光的波动性原理是指光的传播过程中，光波的干涉、衍射、偏振等现象。本

模块主要通过光栅衍射验证光的波动性，利用分光计来测定光线偏转角度，将一束光分成多个波长，最终形成复杂光谱。虚拟仿真实验平台如图 3 所示：

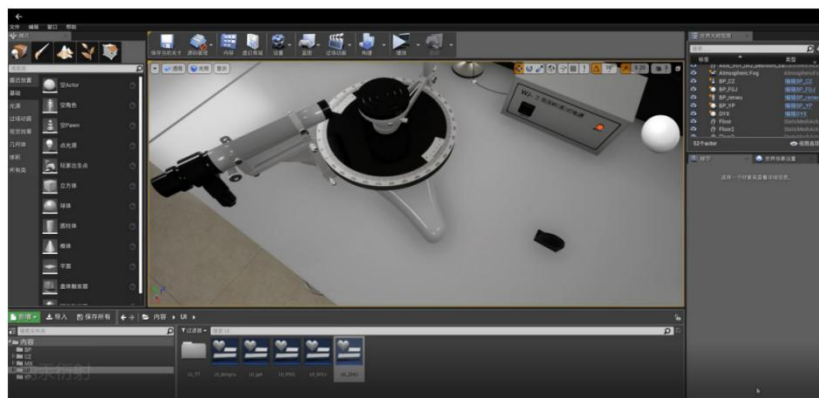


图 3 光栅衍射虚拟仿真平台图

本模块选用的是透射光栅，如图 4 所示：

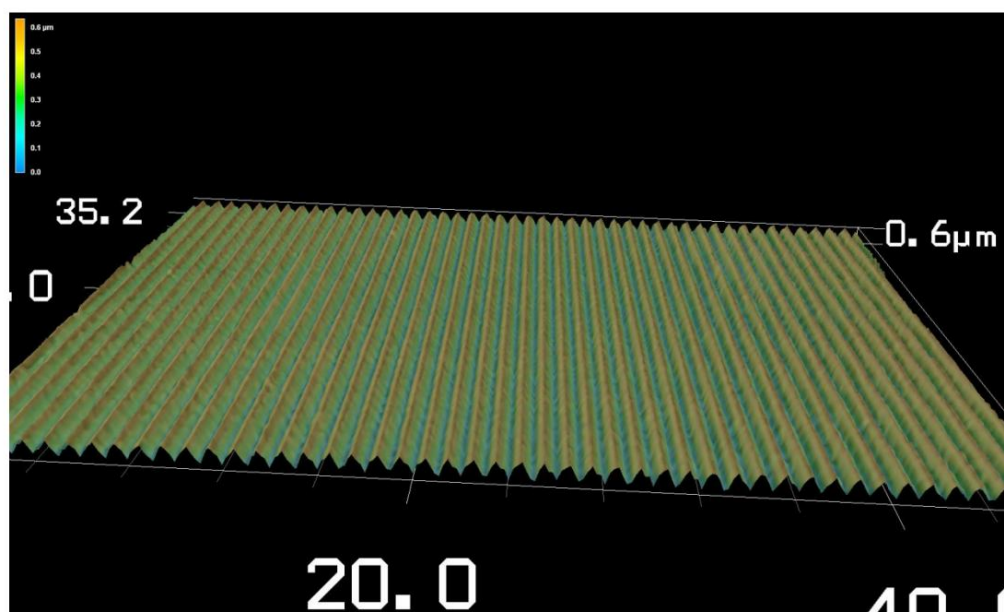


图 4 透射光栅结构图

如图 5 所示有一光栅常数 d 的光栅，光栅衍射明条纹的条件为：

$$d(\sin\phi_k + \sin i) = k\lambda \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

式中 λ 为单色光波长， k 为亮条纹级次， ϕ_k 为 k 级谱线的衍射角， i 为光线入射角。

$$i = 0, d\sin\phi_k = k\lambda \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

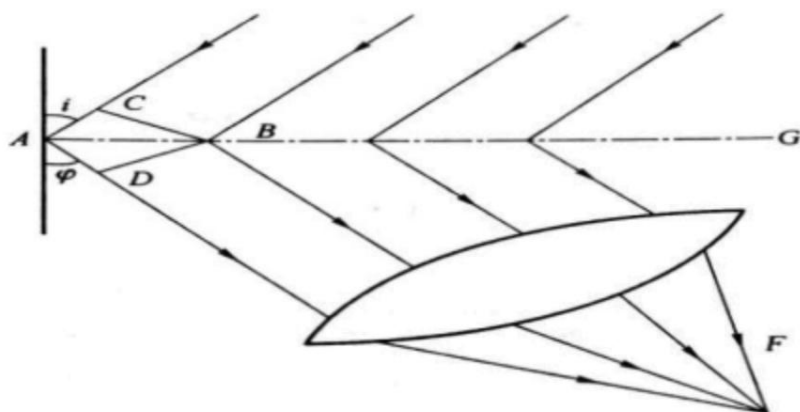


图5 光栅衍射原理示意图

若入射光不是单色光，同一级谱线，复色光的波长不同所对应的衍射角 ϕ_k 也不同，复色光被分解。而中央处 $k=0$, $\phi_k=0$, 复色光重叠在一起，形成中央明条纹，透射光栅效果如图6所示：

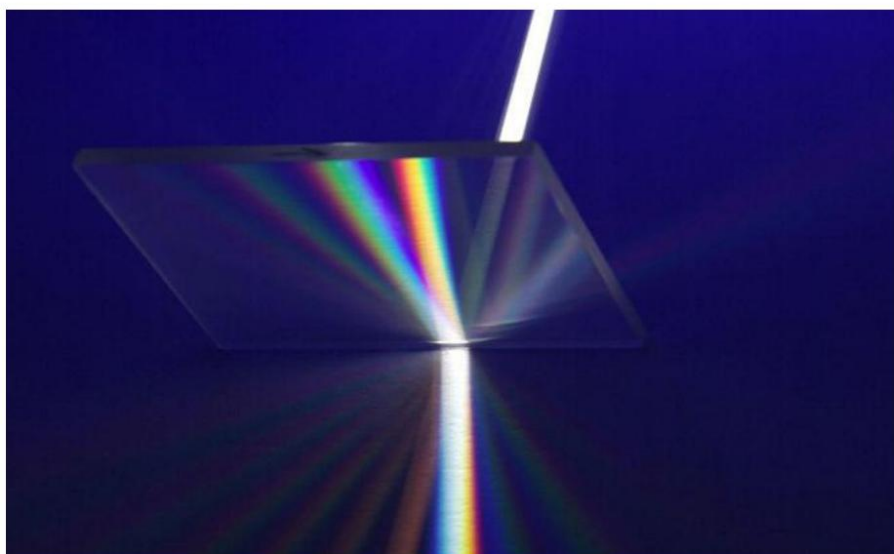


图6 透射光栅效果

图7所示是汞灯光波射入光栅时所得的光谱示意图，中央亮线是主级最大。因此，光栅具有将入射光分成按波长排列的光谱功能。

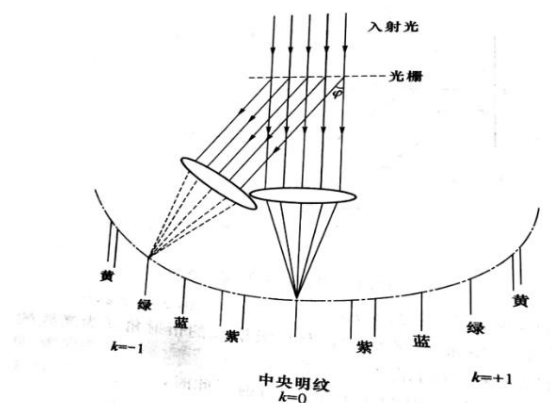


图 7 汞灯的光栅光谱示意图

目镜观测光栅效果如图 8 所示：

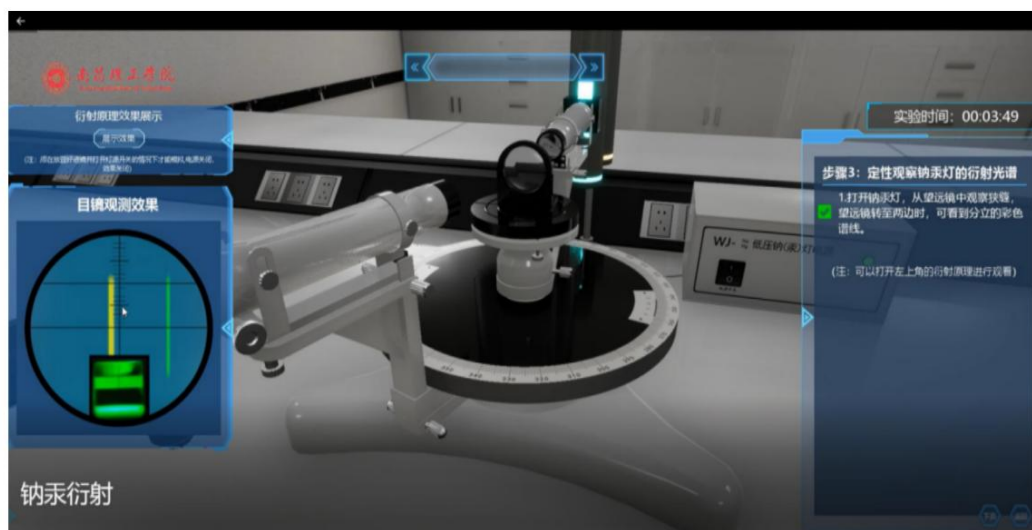


图 8 目镜观测光栅成像效果图

模块二、电光调 Q 固体脉冲激光器实验原理

产生激光的必要条件是受激辐射，即处于激发态的发光原子在外来辐射场的作用下，向低能态或基态跃迁时，辐射光子的现象。此时，外来辐射的能量必须恰好是原子两能级的能量差。受激辐射发出的光子和外来光子的频率、位相、传播方向以及偏振状态全相同。

本模块采用带启偏器的 KDP 电光 Q 开关，这是一种电光晶体调 Q 装置，是利用一个偏振器兼作起偏和检偏的功能原理，装置如图 9 所示。

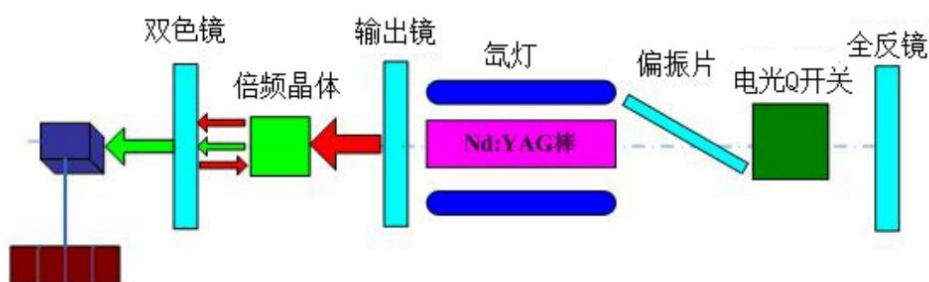


图9 带起偏器的调Q激光器装置原理图

YAG棒在氙灯的激励下产生无规则偏振光，通过偏振片后成为线偏振光，若起偏方向与KDP晶体的晶轴x（或y）方向一致，并在KDP上施加一个 $V_{\lambda/4}$ 的外加电场，由介质偏振器和KDP调制晶体组成的电光开关处于关闭状态，谐振腔的Q值很低，不能形成激光振荡。

但由于氙灯一直在对YAG棒进行抽运，工作物质中亚稳态粒子数便得到足够的积累，当粒子反转数达到最大时，突然去掉调制晶体上的1/4波长电压，电光开关迅速被打开，沿谐振腔轴线方向传播的激光可自由通过调制晶体，而其偏振状态不发生任何变化，这时谐振腔处于Q值状态，形成雪崩式激光发射。

光作用于物质，引起物质极化形成极化场以及极化场作为新的辐射源向外辐射光波的两个过程。当入射光的电场较强时，不仅有线性现象，而且非线性现象也不同程度地表现出来。

本模块主要观测二级非线性效应，本模块采用腔外倍频装置，获得两束光，通过对倍频光脉冲宽度 t 和相对线宽 ν 的观测，可看到两种线宽比基频光变窄，脉冲宽度变窄，谱线宽度也会变窄。

知识点：共8个

- ①分光计的调整和使用；
- ②光栅光谱的观察；
- ③各色谱线的光波波长的测量；
- ④光栅常数的测定。
- ⑤激光准直系统的校准；
- ⑥调节激光器的Q值；
- ⑦静态阈值电压、静态脉宽等参数的测量；
- ⑧倍频光的获取。

（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）

虚拟仿真平台采用计算机生成三维动态实景，把事物的外观、形状、功能及其他特征复原精确地建模出来，从而创建一个赋有多种属性的“虚拟世界”，

然后利用计算机虚幻引擎系统中的物理过程，重现现实环境中的状态，从而达到对现实环境中状态的模拟和控制的目的。

光栅衍射虚拟仿真模型通过模拟光线在光栅上的传播和干涉过程，来展示光栅衍射现象的客观结构、功能及其运动规律。光栅衍射虚拟仿真模型通常在一个三维空间中进行，用户可以通过鼠标或键盘操作来调整观察。实验场景中主要包括分光计、目镜、望远镜、钠汞灯、平面光栅等组成部分，通过调整相关器件，形成衍射，通过目镜观察衍射图样，并测量衍射角，从而求出波长。用户可以通过调整光源、光栅和屏幕的参数，来观察不同条件下的光栅衍射现象。

电光调Q固体激光器虚拟仿真模型用于研究调Q技术在固体激光器中的应用。该模型基于激光的产生过程，采用3D建模技术，以高度真实地模拟现实中的实验场景。实验场景中主要包括电光调Q元件、反射镜和输出镜等，通过施加电压到电光调Q元件上，实现对腔内损耗和激光谐振腔的Q因子的调制，从而从激光器中获得短的光脉冲。

3-5 实验教学过程与实验方法

以学生为主，老师为辅，实现自主式学习。

实验教学过程是在教师的指导下，学生通过实验预习、实际操作、观察和分析，掌握科学知识和技能的一种教学方法。实验方法是指在实验过程中所采用的具体操作步骤和技术手段。实验教学过程与实验方法密切相关，它们共同构成了实验教学的基本框架。

一、实验教学过程

实验准备：在实验开始之前，学生通过线上进行理论学习，对实验的目的、原理、方法和要求进行了解，从而对实验有一个整体的了解。

实验操作：登录虚拟仿真平台，学生根据平台的引导，按照实验步骤和要求进行实验操作，教师要关注学生的操作过程，及时纠正错误，确保实验的有效性。

实验观察：学生在实验过程中要认真观察实验现象，记录实验数据，并对实验结果进行分析和讨论。教师要引导学生从实验现象中发现问题、提出假设，培养学生的观察力和思考能力。

实验总结：实验结束后，学生需要对实验过程和结果进行总结，撰写实验报告。教师要对学生的实验报告进行批改和评价，指出实验中的不足和改进方向。

二、实验方法

比较法：比较法是指通过对比不同条件下的实验现象，找出其中的规律和差异，从而得出结论的方法。这种方法有助于培养学生的分析和判断能力。

控制变量法：控制变量法是指在实验过程中，保持某些因素不变，只改变一个或几个因素，观察其对实验结果的影响，从而得出结论的方法。这种方法有助于学生深入理解实验原理和掌握实验方法。

模拟法：模拟法是指通过模拟实际问题，让学生在实验室中进行操作和研究，从而培养学生解决实际问题的能力。这种方法有助于学生将理论知识与实际操作

相结合，提高学生的实践能力。

总之，实验教学过程与实验方法是相辅相成的。在实验教学中，教师要根据实验内容和学生的实际情况，灵活运用各种实验方法，引导学生积极参与实验操作和观察，培养学生的科学素养和实践能力。

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 28 步

步骤 序号	步骤目标 要求	步骤合理 用时（分钟）	目标达成度 赋分模型	步 骤 满 分	成绩类型
1	完成实验预习	10	不少于 10 分钟以上的实验 预习（3 分） （低于 10 分钟预习只得 1.5 分）	3	☐ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☒ 预习成绩 ☐ 教师评价 报告
2	掌握场景移动操作相 关界面和移动场景 的介绍,通过 ASDW 四 键控制熟悉分光计的 部件。	3	通过 ASDW 四键控制场景移动， 点击分光计部件和数字 1 键 或 F 键来回切换视角缩放， 按住鼠标右键左右拖动来实 现画面旋转通过操作相关界 面和移动场景，触碰分光计 的不少于五个部件判定赋 分。（一个部件 2 分）（超 过时长完成只得 8 分）	10	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价 报告
3	掌握分光计的平行光 管、望远镜和载物台 水平共线的操作方 法。	2	通过 ASDW 四键控制场景移动， 点击分光计底座转盘和平 行光管、望远镜的调整，达 到初步水平。（2 分）（超 过时长完成只得 1 分）	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

4	掌握目镜调焦方法，熟悉实验操作步骤	2	调整目镜调焦手轮，通过从目镜观察刻度线，观察到刻度线清晰成像。（2分） （超过时长完成只得1分）	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
5	掌握望远镜调焦（粗调），熟悉实验操作步骤。	4	打开灯源开关，（1分）把平面镜放在载物台的中央，（1分）其反射面对着望远镜物镜，且与望远镜光轴大致垂直，即可从目镜中观察到十字线，然后旋转调焦手轮对望远镜进行调焦，使亮十字线成象清晰。（4分） （超过时长完成只得4分）	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
6	掌握望远镜调焦（细调）方法，熟悉实验操作步骤，理解成像原理。	4	左右移动望远镜使十字线左右移动（2分），调节望远镜光轴俯仰螺钉（2分）和载物台上的调平螺钉与载物台微调机构（2分）使十字线上下移动，最终亮十字像与分划板上方的十字线无视差地重合 （超过时长完成只得4分）	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
7	掌握载物台水平调整方法，熟悉实验操作步骤。	5	首先把游标盘连同载物台平面镜旋转 180° （2分），通过目镜观察到的亮十字线可能与分划板上方的十字线有一个垂直方向的偏差，亮十字可能偏高或偏低，调节载物台调平螺钉，使偏差减少一半，（3分）调节望远镜光轴俯仰螺钉，使垂直方向位移完全消除，把游标盘连同载物台，双面镜再次转过 180° ，重复以上操作，使亮十字偏差得到完全校正。（2分） （超过时长完成只得5分）	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

8	掌握平行光管调焦方法,熟悉实验操作步骤。	3	撤掉载物台上的平面镜(1分),打开钠灯电源开关(1分),调节狭缝体调焦手轮,使竖直狭缝的像最清晰无视差(2分),再调节狭缝宽度调节手轮使光源呈线性状(2分)(超过时长完成只得4分)	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
9	掌握光源水平调整方法,熟悉实验操作步骤。	3	旋转狭缝体使狭缝像与目镜分划板的垂直刻线平行,(1分)调节平行光管俯仰螺钉使狭缝像位于视场中心且被分划板下方水平刻线平分。(2分)调节平行光管水平螺钉使狭缝像与目镜分划板的垂直刻线重合(3分)(超过时长完成只得4分)	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
10	掌握光源垂直调整方法,熟悉实验操作步骤。	3	旋转狭缝体90度,使狭缝像水平且被分划板中垂直刻线垂直平分(2分)然后再调节回来变成竖直与垂直刻线平行(2分)(超过时长完成只得2分)	4	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
11	掌握测量钠汞光源衍射角的方法,理解光源衍射角的原理,熟悉实验操作步骤。	20	测量钠、汞灯1级光谱线的衍射角;将平面光栅放置于载物台中央且正对平行光管,(2分)旋转望远镜正对光栅且从目镜中观察到钠黄线与垂直刻线重合,记录此时左右两侧游标读数 ϕ_1 和 ϕ_2 ,再将望远镜缓慢转至右侧,直到发现不同衍射线,记录此时左右两侧游标读数 ϕ_3 和 ϕ_4 ,通过公式 $[(\phi_3 - \phi_1) + (\phi_4 - \phi_2)]/2$ 计算,获得此衍射线对应衍射角 ϕ_k ,记录数据。数据无误18分,共6个数据)(超过时长完成只得15分)	20	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

12	掌握谱线对应波长的计算方法，熟悉实验操作步骤。)	10	将所测谱线的衍射角代入公式 $d \sin \phi_k = \pm k \lambda$ 并求出谱线对应的波长。（如果光栅 1mm 上有 600 个刻痕，可得 $d=1/600\text{mm}$ ，根据 $d \sin \phi_k = \pm k \lambda$ ，可得谱线波长，本数值记录考核分数，输入数值保留小数点后 2 位，单位 nm）数据准确无误（18 分，六个数据一个三分）（超过时长完成只得 15 分）	18	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
13	关闭所有光源	1	结束实验，关闭所有光源（2 分）（超过时长完成只得 1 分）	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
14	通过测试考察学生是否掌握了解基本的实验知识	20	分光计的调整目的不正确的是？（2 分）分光计，是一种测量角度的精密仪器，不包括？（3 分）衍射光栅试验中，若平行光管的狭缝太宽或太窄，会出现什么现象？（3 分） （超过时长提交得 0 分）	8	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

15	完成实验预习	10	不少于 10 分钟以上的实验预习（3 分） （低于 10 分钟预习只得 1.5 分）	3	☐ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☒ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
16	掌握场景移动操作相关界面和移动场景的介绍，通过 ASDW 四键控制熟悉实验仪器。	3	通过 ASDW 四键控制场景移动，点击实验仪器和数字 1 键或 F 键来回切换视角缩放，按住鼠标右键左右拖动来实现画面旋转通过操作相关界面和移动场景，触碰不少于五个部件判定赋分。（一个部件 2 分） （超过时长完成只得 8 分）	10	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
17	了解谐振腔的组成部分，熟悉实验操作步骤。	2	将全反镜装在光学调整架上（1 分）将部分反射镜（输出镜）装在光学调整架上（1 分）（超过时长完成只得 1 分）	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
18	掌握准值光的调节方法，熟悉实验操作步骤。	3	将半导体激光器准直系统放置于光学导轨上（1 分）；将小孔光阑放置于光学导轨上（1 分）；打开半导体激光器的电源（1 分）；调节光学导轨上的半导体激光器，确保发出的光束在通过导轨中心线的垂直面内且与导轨面平行。这需要借助于在导轨上来回拖动小孔光阑仔细调试。当光阑垂直于导轨，且在与导轨间距保持不变的任一位置时，若激光束都能够全部穿过光阑的同一个孔，则说明准直光已经调好。（3 分）（超过时长完成只得 4 分）	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

19	理解激光输出光束的原理，熟悉实验操作步骤。	2	再在导轨的另一端放好接收屏，使半导体激光器光束光斑落于接收屏上（2分） （可在接收屏上放置上转换片，方便激光输出时的观测）（超过时长完成只得1分）	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
20	掌握谐振腔细调的方法，熟悉实验操作步骤，并观察光束的反射光点均落回小孔现象。	6	调节两腔镜架和聚光腔架，使半导体激光器发出的光束尽量通过两腔镜和激光棒的中心，并使它们的反射光点均落回小孔。 调节全反镜俯仰螺钉，使全反镜俯仰角度倾斜4度以内（3分）； 调节输出镜俯仰螺钉，使输出镜俯仰角度倾斜4度以内（3分）（超过时长完成只得4分）	6	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
21	掌握输出激光的方法，熟悉激光细调的实验步骤，观察激光在感光相纸上打出圆整均匀的焦斑现象。	6	接好电气系统及水冷系统，检查无误后开启水冷系统，（1分）稍等几秒开启电气系统（1分）。逐渐加大工作电压，直到有激光输出，（2分）通过调节全反镜上下细调螺钉微调腔镜，调节腔长，使上转换片上的激光变得圆整均匀，直至输出的激光在感光相纸上打出圆整均匀的焦斑为止。（3分） （超过时长完成只得5分）	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
22	掌握测量激光脉冲及阈值电压的方法，熟悉测量激光脉冲及阈值电压的实验步骤，正确填写阈值输入电压。	4	测静态阈值电压：逐渐减小电压，直到上转换片上不出光斑，记录此时电压为阈值电压（打开示波器（1分），将白屏放在激光出射端（2分），使白屏反射的激光被脉冲光电探头接收，从而在示波器上呈现激光脉冲波形，观察此时的脉冲波形，呈现弛豫振荡现象，逐渐减小输入电压，直至示波器刚好扫描不到激光脉冲，记录此时的输入电压值（2分），	5	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

			即为阈值输入电压) (超过时长完成只得 3 分)		
23	熟悉并掌握在不同输入电压下的静态激光的峰值测量方法。	15	增大输入电压, 使其大于阈值, 用示波器读取不同输入电压下的激光脉宽, 并记录数据, 拿走白屏, 使得激光被能量计检测到, 记录填写不同输入电压下脉冲的脉宽和输出能量, 并计算峰值功率 (27 分, 九个数据一个三分) (超过时长完成只得 20 分)	27	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
24	掌握熟悉调 q 实验准备步骤。	10	将电光晶体放置于全反镜前面 (2 分), 将偏振片放置于电光晶体前面 (2 分), 打开关门实验开关 (1 分), 旋转电光晶体粗调旋钮使波形调没 (2 分) 继续增大电压, 调节电光晶体俯仰旋钮使波形继续调没, 直到波形无法调没 (3 分) (超过时长完成只得 8 分)	10	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
25	掌握调 q 实验方法, 熟悉实验步骤。	2	关闭关门实验开关 (1 分), 打开调 Q 开关 (1 分) 将白屏放在能量计前面 (2 分) (超过时长完成只得 2 分)	4	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

26	掌握激光倍频的方法，熟悉使用倍频晶体进行激光倍频的实验步骤，并观察能量计接收经过倍频晶体和分光镜的激光后呈现的波形。	6	将倍频晶体放置于输入镜后面（2分），将分光镜放置于光轨最末端（2分），分别用两个能量计进行检测两束光（2分），调节倍频晶体正面旋钮找到最佳相位匹配角90度（2分） (超过时长完成只得6分)	8	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
27	结束实验，关闭所有电源开关	1	关闭所有电源开关（2分）(超过时长完成只得1分)	2	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
28	通过测试考察学生是否掌握了解基本的实验知识	20	与普通光源相比，下列哪项不是激光的特性？（2分）激光器的三个基本组成部分？（3分）相比于静态脉冲图像，动态调Q形成的巨脉冲图像有什么区别？（3分） (超过时长提交得0分)	8	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

注：两个模块中预习部分10分钟，答题部分20分钟，具体操作部分60分钟

（2）交互性步骤详细说明

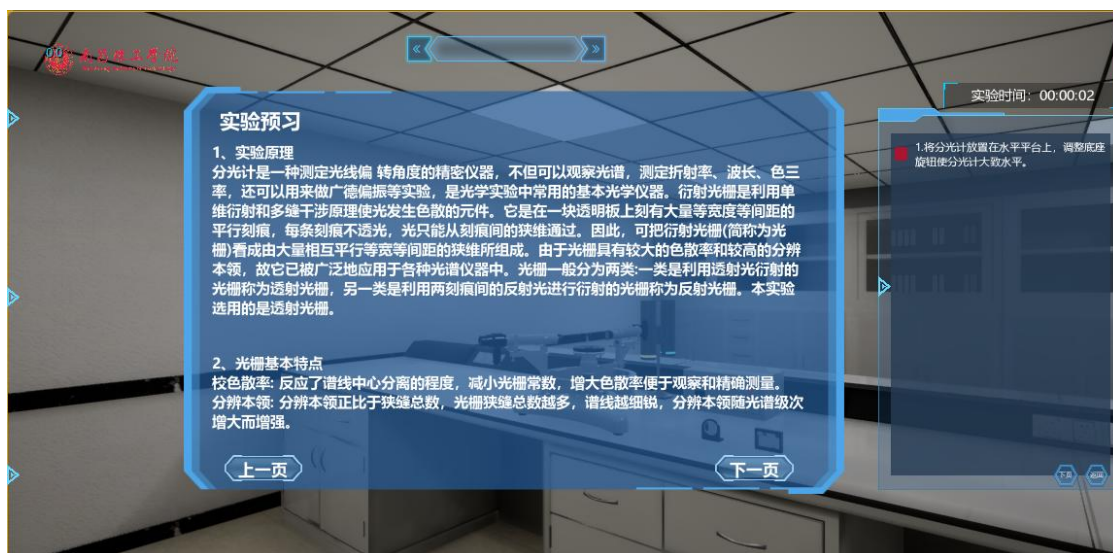
本虚拟仿真实验包含钠汞光源光栅衍射，电光调Q固体脉冲激光器两个实验模块，共包含交互步骤28步。为了及时反馈学生的学习效果，调动学生学习的积极性，学生在每个实验模块完成实际操作后，系统按照百分制可给出成绩。每个实验模块的成绩为100分，具体的分值分配已在步骤要求中显示。两个实验模块每个模块对应的交互步骤、步骤数、课时分配，满分值见如下表。

模块	名称	交互性步骤	学时分配	满分值
模块一	钠汞光源光栅衍射	步骤1~14	2学时	100分
模块二	电光调Q固体脉冲激光器	步骤15~28	2学时	100分
合计		28	4学时	

步骤1：钠汞光源光栅衍射实验预习

操作目的：了解和熟悉实验基本原理和基础知识理论。

操作过程：通过观看阅读实验基本原理和基础知识理论。



操作结果：阅读时间不少于10分钟，方可得分。

步骤2：分光计识别

操作目的：了解和掌握实验仪器功能，熟悉操作。

操作过程：通过ASDW 四键控制场景移动，点击分光计部件和数字1键或F键来回切换视角缩放，按住鼠标右键左右拖动来实现画面旋转。



操作结果：学生在规定时间内触碰不少于5个实验部件。

步骤3：分光计的粗调

操作目的：掌握分光计的平行光管、望远镜和载物台水平共线的操作方法。

操作过程：通过调整底座转盘和平行光管、望远镜，达到初步水平。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤4：目镜调焦

操作目的：掌握目镜调焦方法，熟悉实验操作步骤。

操作过程：调整目镜调焦手轮观察清晰成像。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤5：望远镜调焦（粗调）

操作目的：掌握望远镜调焦（粗调），熟悉实验操作步骤。

操作过程：接上灯源，把平面镜放在载物台的中央，从目镜中观察，旋转调焦手轮对望远镜进行调焦，使亮十字线成象清晰。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤6：望远镜调焦（细调）

操作目的：掌握望远镜调焦（细调）方法，熟悉实验操作步骤，理解成像原理。

操作过程：左右移动望远镜，调节望远镜光轴俯仰螺钉和载物台上的调平螺钉与载物台微调机构，最终亮十字像与分划板上方的十字线无视差地重合。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤7：载物台水平调整

操作目的：掌握载物台水平调整方法，熟悉实验操作步骤。使平行光源通过望远镜，使望远镜更加调焦准确。

操作过程：点击载物台使载物台和平面镜旋转 180° ，继续调节载物台调平螺钉，使偏差减少一半，调节望远镜光轴俯仰螺钉，使垂直方向位移完全消除。



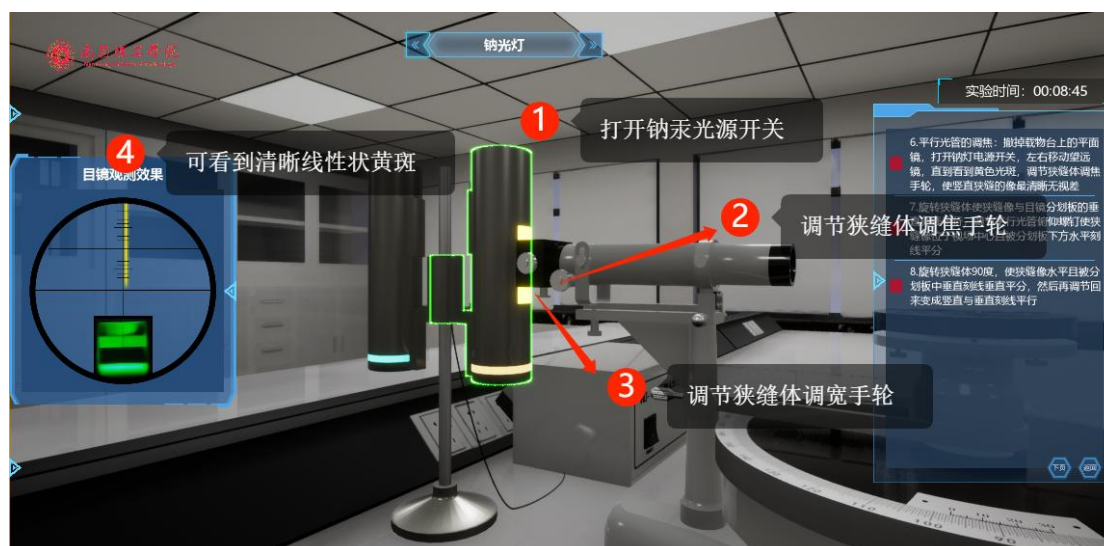
操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤8：平行光管的调焦

操作目的：掌握平行光管调焦方法，熟悉实验操作步骤。使竖直狭缝的像最清晰

无视差，更方便读取准确测量。

操作过程：撤掉载物台上的平面镜，打开钠灯电源开关，调节狭缝体调焦手轮，使竖直狭缝的像最清晰无视差，再调节狭缝宽度调节手轮使光源呈线性状。

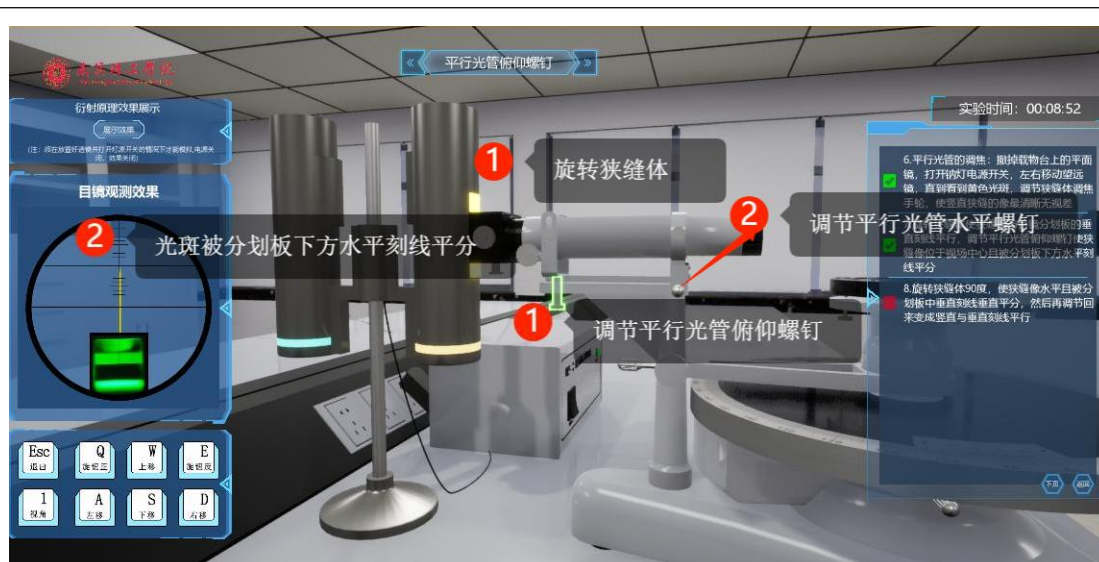


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤9：光源水平调整

操作目的：掌握光源水平调整方法，熟悉实验操作步骤。方便水平视角观察光斑。

操作过程：调节平行光管俯仰螺钉使狭缝像位于视场中心且被分划板下方水平刻线平分。调节平行光管水平螺钉使狭缝像与目镜分划板的垂直刻线重合。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤10：光源垂直调整

操作目的：掌握光源垂直调整方法，熟悉实验操作步骤。

操作过程：旋转狭缝体使狭缝像水平且被分划板中垂直刻线垂直平分，然后再调节回来变成竖直与垂直刻线平行。

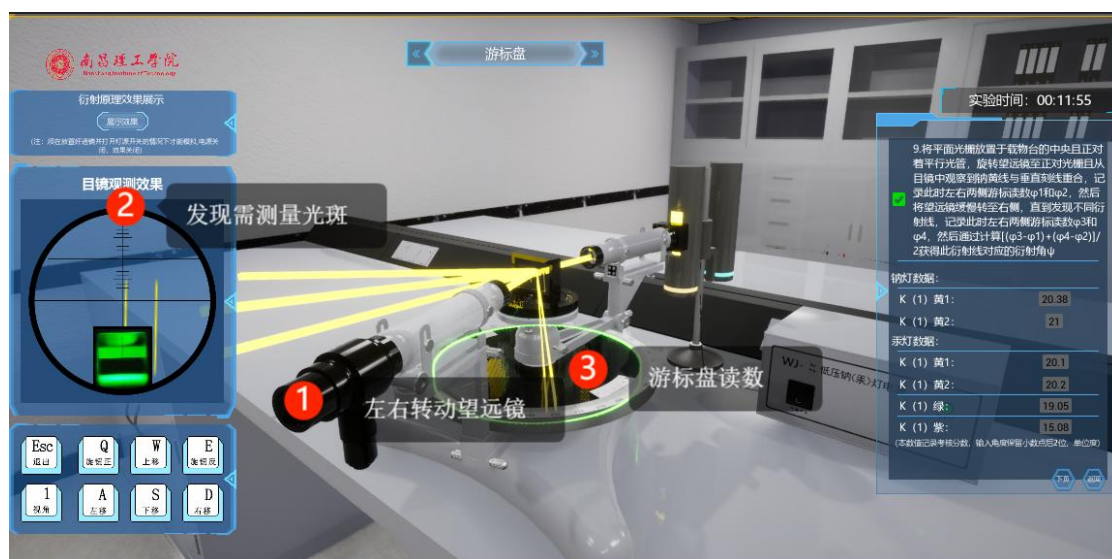


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤11：观察并测量钠汞光源衍射角

操作目的：掌握测量钠汞光源衍射角的方法，理解光源衍射角的原理，熟悉实验操作步骤。

操作过程：将平面光栅放置于载物台的中央且正对着平行光管，打开钠光源，点击钠光源成像原理观察光线的 3D 传播路径；打开汞光源，点击汞光源成像原理观察光线的 3D 传播路径；打开钠光源，点击观看效果观察衍射呈现效果；打开汞光源，点击观看效果观察衍射呈现效果；测量钠汞光源的光谱线衍射角，将望远镜转至右侧，记录右边第一级谱线的对应角度；再将望远镜转至左侧，测量左侧各谱线的对应角度。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤12：计算谱线对应波长

操作目的：掌握谱线对应波长的计算方法，熟悉实验操作步骤。

操作过程：将所测谱线的衍射角代入公式并求出谱线对应的波长。

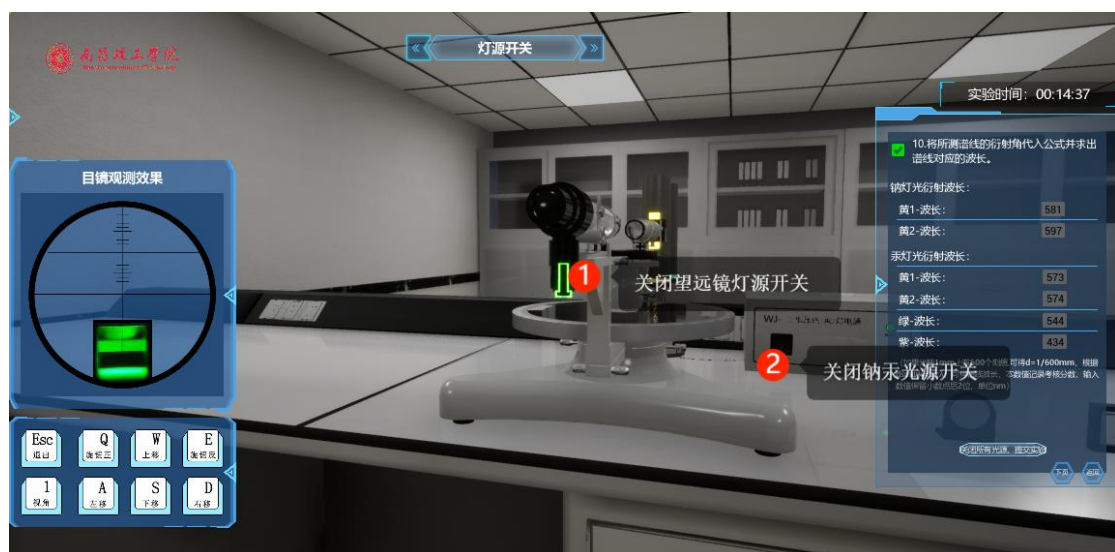


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤13：结束实验

操作目的：结束实验前关闭所有光源，防止仪器受损。

操作过程：关闭所有光源开关。

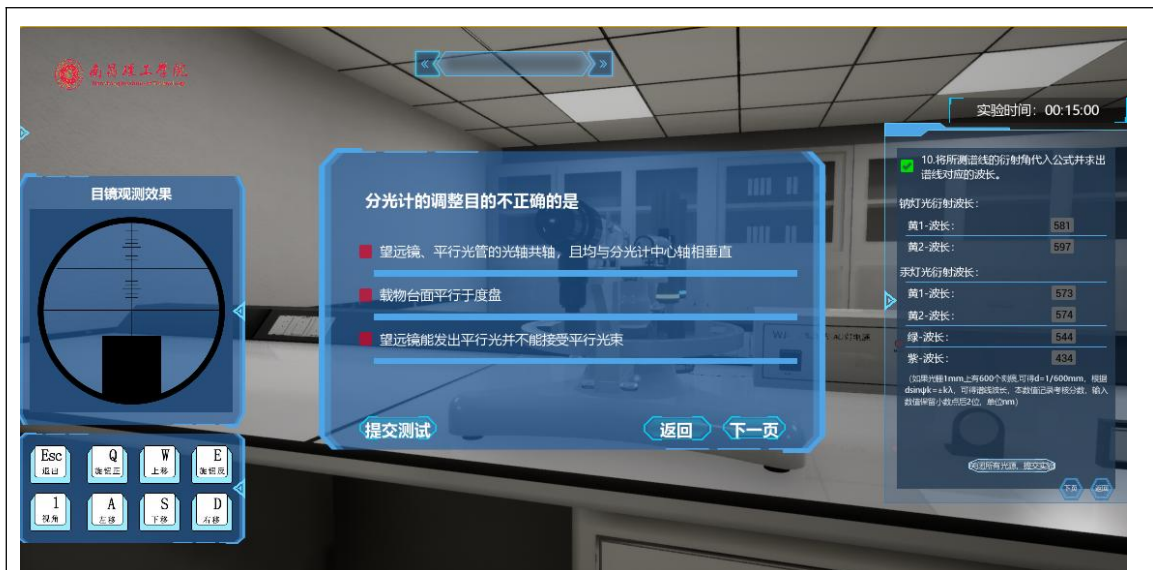


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤14：钠汞光源光栅衍射模块测试题

操作目的：通过测试考察学生是否掌握了解基本的实验知识。

操作过程：学生回答试题

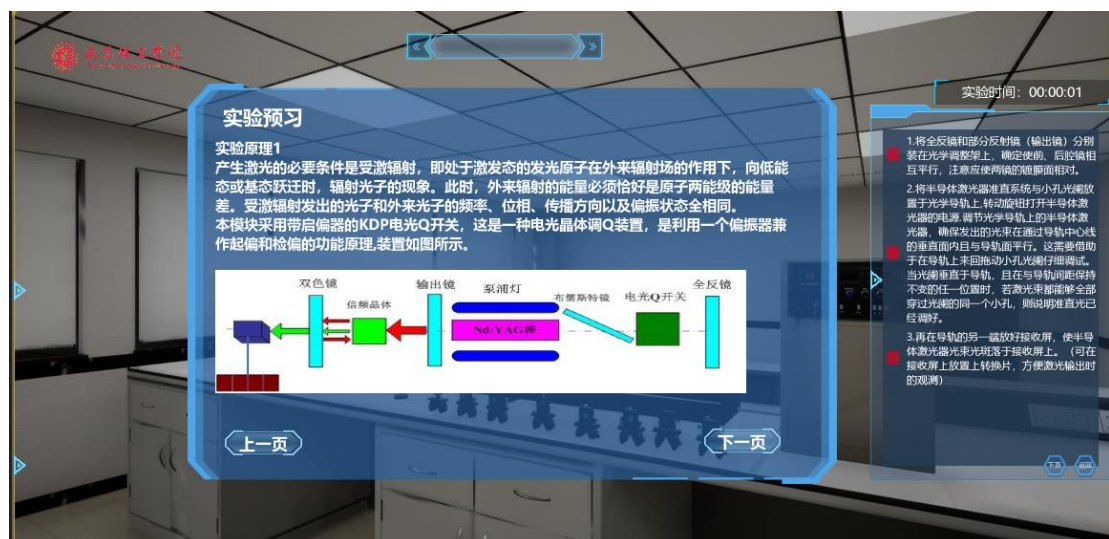


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤15：电光调Q固体脉冲激光器实验预习

操作目的：了解和熟悉实验基本原理和基础知识理论。

操作过程：通过观看阅读实验基本原理和基础知识理论。



操作结果：阅读时间不少于10分钟，方可得分。

步骤16：电光调Q固体脉冲激光器实验仪器功能识别

操作目的：通过预习熟悉实验部件，能够快速找到相关部件。

操作过程：通过ASDW 四键控制场景移动，点击分光计部件和数字1键或F键来回切换视角缩放，按住鼠标右键左右拖动来实现画面旋转。



操作结果：在规定时间内触碰实验仪器不少于五个判定赋分。

步骤17：谐振腔的构成

操作目的：了解谐振腔的组成部分，熟悉实验操作步骤。

操作过程：将全反镜装在光学调整架上，将部分反射镜（输出镜）装在光学调整架上。



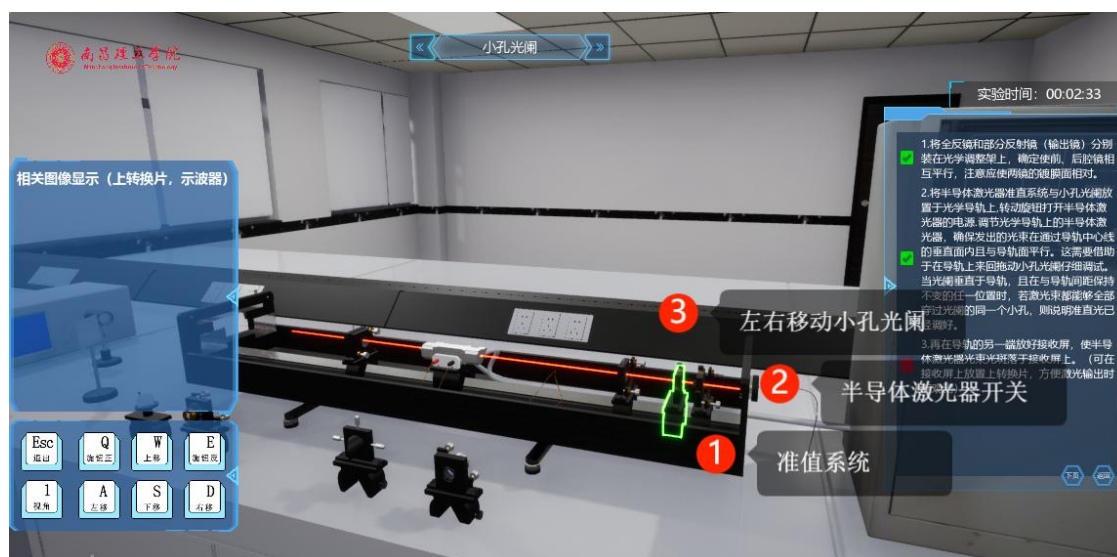
操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤18：准值光的调节

操作目的：掌握准值光的调节方法，熟悉实验操作步骤。

操作过程：将半导体激光器准直系统放置于光学导轨上，将小孔光阑放置于光学导轨上，打开半导体激光器的电源，来回拖动小孔光阑仔细调试使激

光束平行于导轨，穿过光阑小孔。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤19：激光输出光束的观测

操作目的：理解激光输出光束的原理，熟悉实验操作步骤。

操作过程：再在导轨的另一端放好接收屏，使半导体激光器光束光斑落于接收屏上。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤20：谐振腔的细调

操作目的：掌握谐振腔细调的方法，熟悉实验操作步骤，并观察光束的反射光点均落回小孔现象。

操作过程：调节全反镜俯仰螺钉，使全反镜俯仰角度倾斜4度以内；调节输出镜俯仰螺钉，使输出镜俯仰角度倾斜4度以内。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤21：输出激光与细调

操作目的：掌握输出激光的方法，熟悉激光细调的实验步骤，观察激光在感光相纸上打出圆整均匀的焦斑现象。

操作过程：打开水冷系统开关，打开电气系统开关，逐渐增大电压，直到有上转换片上有激光输出，调节全反镜上下细调螺钉，使上转换片上的激光变得圆整均匀。

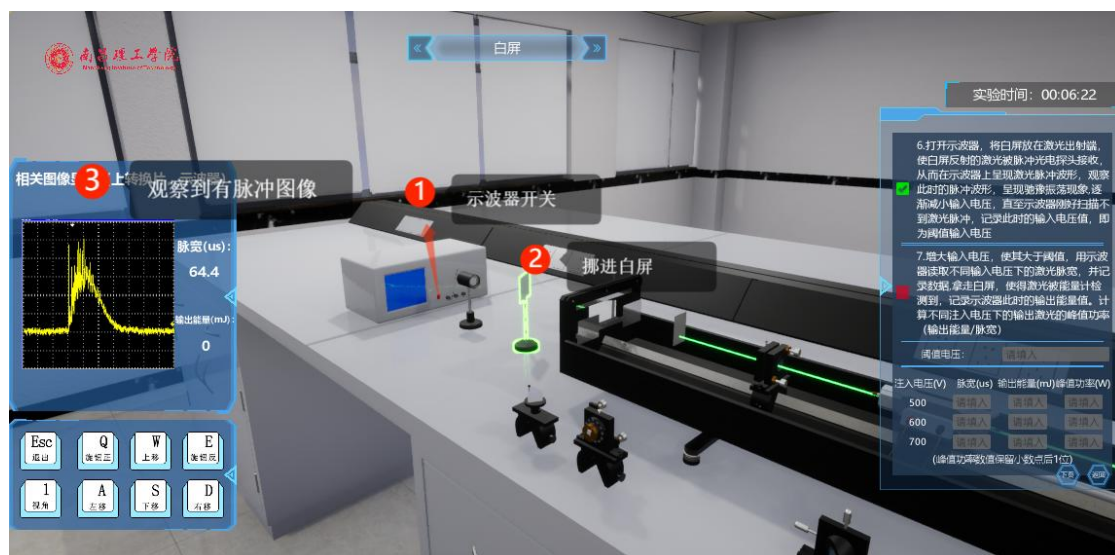


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤22：激光脉冲及阈值电压的测量

操作目的：掌握测量激光脉冲及阈值电压的方法，熟悉测量激光脉冲及阈值电压的实验步骤，正确填写阈值输入电压。

操作过程：打开示波器开关；将白屏放在激光出射端；填写阈值输入电压。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤23：不同输入电压下的静态激光的峰值功率

操作目的：熟悉并掌握在不同输入电压下的静态激光的峰值测量方法。

操作过程：记录填写不同输入电压下脉冲的脉宽和输出能量，并计算峰值功率，填写数据。



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤24：关门实验，进行调Q准备

操作目的：掌握熟悉调Q实验准备步骤。利用晶体的电光效应，在晶体上加一阶跃式电压，调节腔内光子的反射损耗。在晶体上施加高压，此时，电光Q开关处于关闭状态，谐振腔处于低Q状态，系统处于储能状态。当谐振腔内的反转粒子数达到最大值时，突然撤去晶体上的高压，谐振腔处于高Q状态，形成脉冲激光输出。

操作过程：将电光晶体放置于全反镜前面，将偏振片放置于电光晶体前面，打开关门实验开关，旋转电光晶体粗调旋钮使波形调没，继续增大电压，调节电光晶体俯仰旋钮使波形继续调没，直到波形无法调没。

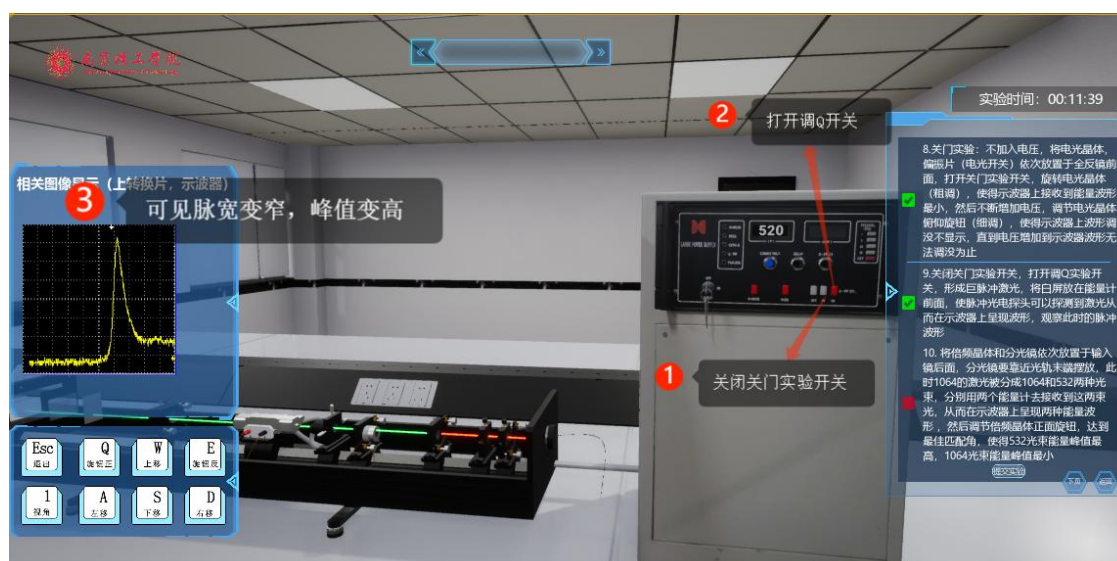


操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤25：进行调Q实验，观察脉冲波形

操作目的：掌握调Q实验方法，熟悉实验步骤。

操作过程：关闭关门实验开关，打开调Q开关，将白屏放在能量计前面。



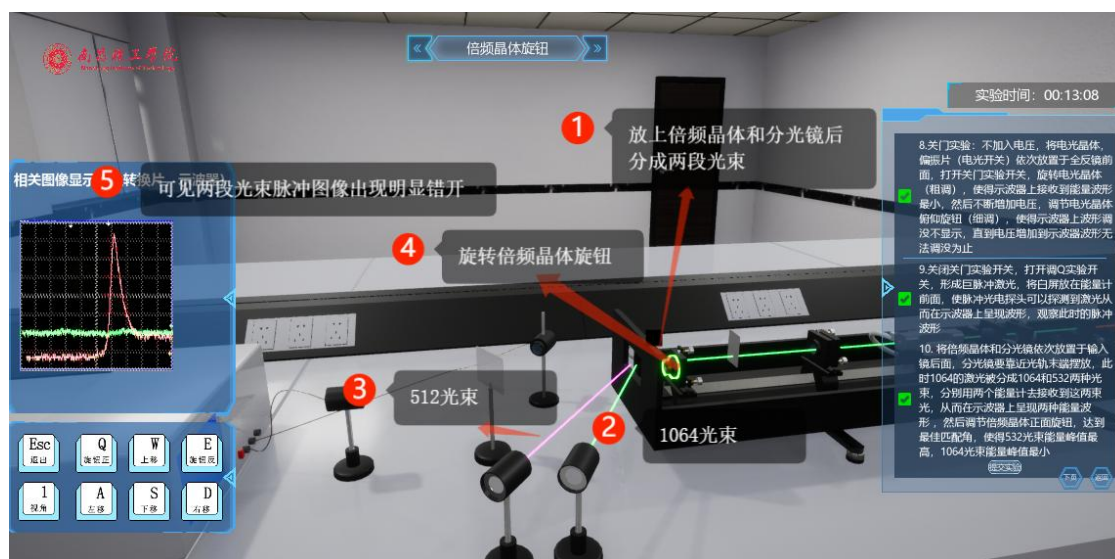
操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

步骤26：激光的倍频

操作目的：掌握激光倍频的方法，熟悉使用倍频晶体进行激光倍频的实验步骤，并观察能量计接收经过倍频晶体和分光镜的激光后呈现的波形。

操作过程：将倍频晶体放置于输入镜后面，将分光镜放置于光轨最末端，分别用

两个能量计进行检测两束光，调节倍频晶体正面旋钮找到最佳相位匹配角90度。



操作结果: 系统会自动评判学生的操作是否正确, 在规定时间内操作完成得分。

步骤27: 关闭所有电源开关结束实验

操作目的: 结束实验前关闭所有光源, 防止仪器受损。

操作过程: 关闭所有电源开关

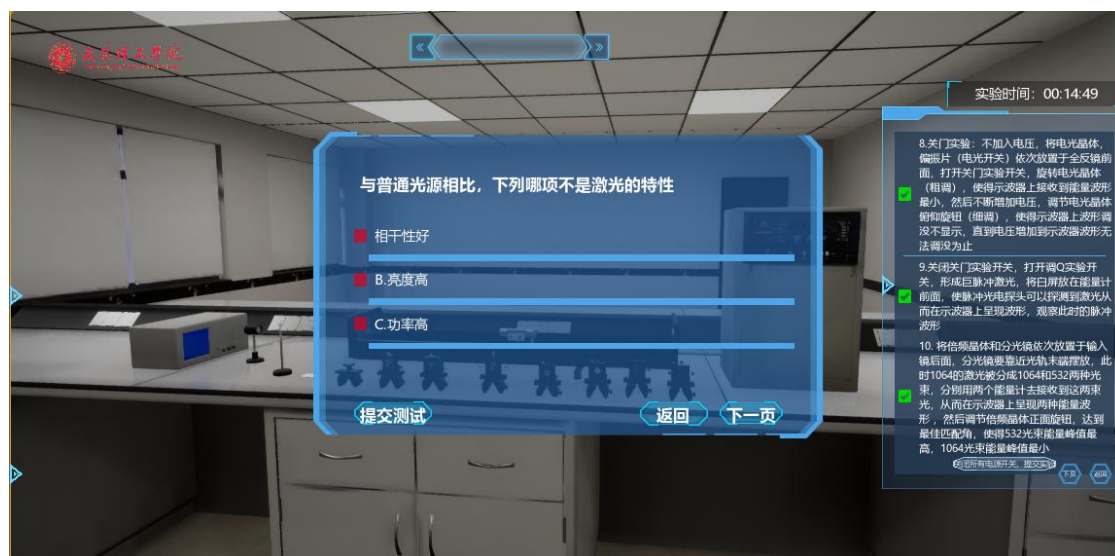


操作结果: 系统会自动评判学生的操作是否正确, 在规定时间内操作完成得分。

步骤28: 固体激光器电光调Q模块测试题

操作目的: 通过测试考察学生是否掌握了解基本的实验知识。

操作过程：学生回答试题



操作结果：系统会自动评判学生的操作是否正确，在规定时间内操作完成得分。

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：

虚实结合，反复练习掌握基于分光计对钠、汞光谱的研究、电光调Q及非线性应用的虚拟实验软件的使用，然后需要通过线上实验操作和数据分析，完成实验报告，进而进行线下项目丰富和拓展相关实验。

3-8 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求

大三年级，电子与信息学院、新能源科学与工程、机电工程学院、航空航天学院，建筑工程学院等理工科专业及其它光学相关专业的学生也可进行虚拟仿真实验操作练习。

- (2) 基本知识和能力要求

高等数学、计算机基础、大学物理实验和光纤通信实验。掌握光的波动性原理及激光的形成原理。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019 年 1 月 1 日（上传系统日志，要求与实验已开设期次数据保持一致）

(2) 已服务过的学生人数：本校 2566 人，外校 800 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：电子信息工程、通信工程、物联网工程、机器人工程

(4) 是否面向社会提供服务：☑是 ☐否

(5) 社会开放时间：2019 年 9 月 1 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：800 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：

在光学实验中经常会用到分光计，如何获取更好的光栅成像，观察光路的传播，以及分光计的聚焦，激光的形成等。传统实验仪器很难实现，且学生操作容易损坏仪器，长时间的观察容易造成眼睛的伤害，而通过虚拟仿真能更佳实现以上环节。同学们在实验过程中，需要自主学习相关的理论基础知识，仪器的调整使用方法，分析实现的现象原理等问题，进一步提高了他们运用所学知识解决实际问题的能力，培养大学生的实践能力和创新精神，也为后续课程学习奠定基础。

(2) 教学方法创新：

教学中以分光计的调整、平面光栅衍射的形成、电光调 Q 开关、倍频等为导向，采用过程和结果呈现方式进行虚拟演示教学，同学们需要解决实验中遇到的一系列工艺或结果问题，才能最终完成实验操作，在实验全过程中不断形成操作和现象观察，形成学生自主，探究式学习氛围，提高教学效果，激发学习兴趣和热情。

(3) 评价体系创新：

虚拟仿真实验改变以往的实验过程单一，评价模式主观的结果。通过系统可以全程跟踪、记录学生操作的过程，帮助学生进行理论知识的预习，更能体现评价

的公正性和权威性。利用平台对学生操作过程，教师可以分析参加实验的学生学习情况，并指导教师改进和完善实验教学达到提高教学效果目的。

(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，虚为主，实为辅，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，减少危险品的使用风险，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台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。

开发实验教学项目开放网上教学的平台，是传统模式的延伸与拓展。通过学生提前预习，线上和线下的结合实现对教学的时间和空间的突破，虚实结合，提高讲课的效果。

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）☐虚拟仿真资源 ☐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

18679630627、13517087364

(4) 2 名提供在线教学服务的团队成员； 2 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）

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。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。

(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）

1000

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 Windows 操作系统：Windows7 及以上 (2) 其他计算终端操作系统和版本要求 无 (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：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：1.24M 下载链接：https://www.google.cn/chrome/、 http://www.firefox.com.cn/download/ (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）是否已完成定级备案：☒是 ☐否

请选择备案主体：☒课程所属学校名称 ☐其他

证书编号：3601004301020002

请附信息系统安全等级保护备案证明

信息系统安全等级保护

备案证明

依据《信息安全等级保护管理办法》的有关

规定，南昌理工学院单位

的：

第二级 门户网站系统

予以备案。

证书编号：360100-43010-20002

中华人民共和国公安部监制

公安

备案公安机关公章

2020年01月15日

（2）是否已完成等保测评：☐是 ☒否

请附正式测评报告中实验系统的相关描述页面（等级测评结论页、实验与平台隶属关系描述页等）

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。

42

		系统总体架构图 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 数据层：用户信息、实验数据、设备信息 服务层：实验实训、考核系统、引导系统、数据统计 应用层：实验目的、方案流程、进行实验、提交数据 安全架构：身份认证、认证中心、访问控制、服务部署、服务管理 计算与存储平台：离线计算能力、实时计算能力
实验教学	开发技术	☒ VR ☐ AR ☐ MR ☒ 3D 仿真 ☐ 二维动画 ☒ HTML5 ☐ 其他
	开发工具	☒ Unity3D ☒ 3D Studio Max ☒ Maya ☒ ZBrush ☐ SketchUp ☐ Adobe Flash ☒ Unreal Development Kit ☐ Animate CC ☐ Blender ☒ Visual Studio ☐ 其他
	运行环境	服务器 CPU <u>20</u> 核、内存 <u>32</u> GB、磁盘 <u>1000</u> GB、显存 <u>8</u> GB、GPU 型号 <u>Matrox G200eR</u> 操作系统 ☒ Windows Server ☐ Linux ☐ 其他 具体版本： 数据库 ☒ Mysql ☐ SQL Server ☐ Oracle ☐ 其他 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） 是否支持云渲染： ☐ 是 ☐ 否
	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）	单场景模型总面数：2000 万面 贴图分辨率：2048*2048 动作反馈时间：8.33ms 显示刷新率：120FPS 分辨率：1920*1080

--	--	--

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	开放光栅成像与激光调 Q 介绍部分的内容；近代光学之光栅成像与激光调 Q 探秘
第二年	开放光栅成像与激光调 Q 的平台调整模块
第三年	开放光栅成像与激光调 Q 的观察模块。
第四年	开放光栅成像与激光调 Q 的数据测量模块。
第五年	开放光栅成像与激光调 Q 深入学习应用模块。

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“原理再现—近代光学之光栅成像与激光调 Q 探秘”将会得到进一步完善，并将适时对外开放。

(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	1	200	2	10
第二年	2	386	2	10
第三年	3	580	3	20
第四年	4	860	2	10
第五年	5	1200	2	10

其他描述：

虚拟仿真实验“原理再现—近代光学之光栅成像与激光调 Q 探秘”完善后推广。该实验适合应用物理、电子信息类、新能源、建筑学等专业本科生，同时也适合物理学、天文测量学等学科的研究生。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%。

根据反馈意见完善开放的项目部分和收集教师的反馈意见，进一步的完善虚拟项目的稳定性和相关模块。

我校将每年投入一定的资金用于共建社会其他院校的共建，今后 5 年内提供虚拟仿真实验“原理再现—近代光学之光栅成像与激光调 Q 探秘”完善后推广。通过与其他院校的共享再共筹建设思路、完善教学模式管理和教学资源的全面共享。为培养大学生的基础学科的教学贡献力量，并建立一支责任心和业务精教师队伍，加强线上的服务，致力于服务国家和地区应用型人才的培养。

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	基于光栅成像与激光调 Q 探秘系统 V1.0
是否与课程名称一致	☐ 是 ☒ 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
陈志龙	☒ 课程所属学校 ☐ 企业 ☐ 课程负责人 ☐ 学校团队成员 ☐ 企业人员 ☐ 其他
权利范围	无
软件著作登记号	
请附软件著作登记证书 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	2024R11L0076852

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）：



2024 年 1 月 12 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）



南昌理工学院

Nanchang Institute of Technology

《原理再现—近代光学之光栅成像与激光调Q探秘》虚拟仿真实验

教学项目课程团队成员和课程内容政治审查意见

课程名称	光纤通信与数字传输			课程负责人	陈志龙
面向专业	通信工程专业			课程分类	专业课
课程性质	必修	学分	4分	学时	64学时
申报类型	虚拟仿真项目			推荐分院	电子与信息学院

因我校申报 2024 年度国家级虚拟仿真实验教学项目的需要，现对“原理再现—近代光学之光栅成像与激光调Q探秘的虚拟仿真实验教学项目”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，主持人陈志龙，男，生于 1969 年 7 月，教授职称，现任南昌理工学院教学副校长。项目组成员吴琰，赵慧，付靖娟，蔡云婷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。

经核查，《光纤通信与数字传输》课程长期严格按学校要求进行建设和开展教学，课程内容科学、健康。课程坚持立德树人的思想，培育通信专业的高素质综合应用型人才，政治导向符合学校党委要求。

特此证明！

中共南昌理工学院委员会

2023 年 12 月 25 日

地址：江西省南昌市经济开发区英雄大道901号 邮编：330044
电话：0791-83890888 网址：www.nclg.com.cn

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）



南昌理工学院

Nanchang Institute of Technology

关于虚拟仿真实验教学项目《原理再现—近代光学之光栅成像与激光调 Q 探秘》的学术评价意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优中报。

本虚拟仿真实验教学项目主要是应用于通信工程专业、新能源光伏专业的学生认知光学原理的实验项目，具备较强的光学情境再现和严谨的实验原理的设定，如果被认定为“国家级虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）和《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》（教高〔2019〕8号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

经南昌理工学院学术委员会研究决定，同意推荐申报。



地址：江西省南昌市经济开发区英雄大道901号 邮编：330044
电话：0791-83890888 网址：www.ncitg.com.cn