

附件目录

附件目录.....	1
附件 1: 教材出版合同 (科学出版社)	2
附件 2: 课程资源与实验平台.....	5
2.1 课程资源.....	5
2.2 教学录像.....	5
2.3 课程网站与实验平台	6
附件 3: 知识产权与获奖证书.....	8
3.1 申请发明专利.....	8
3.2 实用新型专利	9
3.3 软件著作权	10
3.4 自制仪器获奖	11
3.5 其他获奖证书	12
附件 4: 部分发表论文 (首页)	13
4.1 基于 ANDROID 的远程实验客户端设计_现代电子技术.....	13
4.2 视频与数据联动采集与分析系统_华南师范大学学报.....	14
4.3 基于 LABVIEW 的霍尔效应仿真实验设计与实现_大学物理	15
附件 5: 实验共享平台应用与成效.....	16
5.1 2016 年《近代物理实验》研究创新型实验: “互联网+”虚拟仪器与远程实验	16
5.2 学术交流与来访	18
6. 本科生获奖.....	19
6.1 国家级省级获奖列表.....	19
6.2 获奖证书 (部分)	20
7. 平台扩展.....	25
7.1 活动、参观登记本	25
7.2 广州市教育局教学教研室初中物理骨干教师教学研究活动.....	34
7.3 广东省实验中学学科普应用推广	35
7.4 中学生参观实验室 (2014.4)	36
7.5 初中学生参观实验室 (2015.4)	37
7.6 高中学生参观实验室 (2015.4)	38
附件 8: 参编国家级示范示范中心-高校本科实验教学典型案例征集表.....	39
附件 9: 参编《基础物理特色实验集锦》	41

附件 1：教材出版合同（科学出版社）

B

图书出版合同

合同号：

作品名：近代物理实验教程（第三版）

著作权人：吴先球

责任编辑：窦京涛

选题号: 201622004

合同号:

图书出版合同

作品名称: 近代物理实验教程(第三版)

甲方(著作权人): 吴先球

身份证号: 440106196805171978 电话: 13609038800, 020-39310066

地址及邮编: 广州大学城华南师范大学物电学院理7栋, 510006

乙方: 中国科技出版传媒股份有限公司(科学出版社)

地址: 100717 北京市东黄城根北街16号

甲乙双方就上述作品(以下简称本书)达成如下协议:

第一条 甲方将本书中文版在世界范围内的专有出版权和专有信息网络传播权授予乙方。乙方使用“科学出版社”品牌以各种版本形式独家、合作或授权第三者在世界范围内出版销售本书。

甲方将本书外文版的专有出版权及其专有信息网络传播权授予乙方,乙方可以各种版本独家、合作或授权第三者在世界范围内出版销售,收益分配办法见第十一条。

第二条 甲方保证拥有授予乙方的权利,保证上述专有权利的行使不侵犯他人著作权或其他权利。如因上述权利的行使侵犯他人著作权或其他权利,由甲方承担全部责任并赔偿因此给乙方造成的损失。在此情况下,乙方有权解除本合同。

第三条 在本合同有效期内,未经乙方同意,甲方不得将授予乙方的权利授权或转让给第三者,不得将本书稿或将其稍加修改以原名(含修订版)或更换名称授权或转让给第三者出版。甲方若违反本规定,应赔偿乙方经济损失,乙方有权终止本合同。

第四条 甲方确保本书稿件质量符合国家标准及乙方的出版要求,无科学性内容错误,无政治性错误,无违反国家民族政策的错误,无失密问题,无法律法规禁止的内容,符合齐、清、定要求,并符合下列条件:

文字字数: 490千字;彩色图片: / 幅(合计 / 面);黑白图片: / 幅(合计 / 面);

线条图: / 幅;表格: / 个。 全书折合总字数: 490千字

(折合总字数=每行字数×每面行数×总面数)

第五条 甲方于 2017年 8月 30日前将符合第四条要求并有著作权人签章的书稿交乙方。甲方不能按时交稿的,应在期限届满前 30日通知乙方,另行约定交稿期。甲方到期仍不能交稿的,乙方有权终止合同。

甲方交付的书稿不符合第四条要求,乙方有权要求甲方修改,如甲方拒绝修改或经修改仍未达到约定要求的,乙方有权终止合同。

甲方在看校样过程中,一般不作异于原稿的改动,如因改动而增加的费用和由此导致出版时间拖延由甲方负责。

第六条 本书署名方式为: 吴先球 主编。
本书名称或署名方式的变更,需经甲、乙双方认可,并另行书面约定。

第七条 甲方交稿后,经乙方审查合格的稿件,保证于 6 个月内出版。乙方不能按时出版的,应在期限届满前 30 日通知甲方,另行约定出版日期。除不可抗力外,由于乙方原因不能出版的,应按 15 元/千字的 30% 支付违约金,甲方有权终止合同。

第八条 本书出版后,原稿按下列第 (1) 项处理:

- (1) 甲方不要求退还原稿,原稿由乙方自行处理。
- (2) 甲方要求退还原稿,需与乙方另行商议具体的退还原稿方式及所需费用。

第九条 乙方按版税付酬方式向甲方支付著作权使用费: 定价 × 8 % (版税率) × 实际销售数, 本书出版后每 年 年底结算一次。

次印刷销售完后
第十条 本书出版后,乙方向甲方提供本书 5 册。

第十一条 乙方出版或同第三者合作出版本书外文版及使用其信息网络传播权后,按双方约定另向甲方支付著作权使用费。乙方若授权第三者出版,所得净收益由甲乙双方平分。

第十二条 本书正式出版后,在合同有效期内,乙方可自行决定重印。乙方每次重印后 3 个月内,向甲方提供本书 2 册,并按第九条的约定支付稿酬。

第十三条 甲方付给乙方出版资助费(大写) _____, 并于 年 / 月 / 日 前支付 ✓ %, 余款在书稿付印前付清。否则,乙方有权终止本合同。

第十四条 甲方根据自己的需要优惠购买本书 ✓ 册,按实际定价的 ✓ % 与出版社结算,并于书稿付印前预交购书款的 ✓ %, 余款在提书时付清。

第十五条 甲方同意利用熟悉学科领域的优势,协助乙方扩大本书的宣传和销售。

第十六条 本合同自签订之日起生效。本合同有效期 15 年。本合同期满前,若双方无书面异议,按本合同相同有效期自动延续。合同期满后,乙方可继续销售本书的库存书并继续使用信息网络传播权。

第十七条 本合同条款,如需补充、更改,由双方商定。

第十八条 如一方认为对方违反合同条款,由双方协商解决,协商不成,可向法院起诉。

第十九条 本合同一式两份。双方各执一份为凭。

甲方: 吴先球

2016 年 11 月 1 日

乙方: 

2016 年 11 月 10 日

附件2：课程资源与实验平台

2.1 课程资源

依托国家级实验教学示范中心，构建了网络环境下远程实验教学平台，研制并广泛使用仿真实验，建立并使用近代物理实验网络课程，实现了实验课的网上预约。有效实现了开放式教学。

1. 近代物理实验课程网站：<http://moodle.scnu.edu.cn/course/view.php?id=1396>
2. 国家级实验教学示范中心：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13619>
3. 近代物理实验网络课程：<http://222.200.137.13/system/lw/index.php>
4. 远程实验：<http://222.200.137.13/dislab/dislab.htm>
5. 仿真实验：<http://222.200.137.13/fangzhen/fangzhen.htm>
6. 实验预约：<http://222.200.137.13/system/yuyue/>
7. 网络教学资源：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13567>
8. 教学大纲：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13568>
9. 授课教案：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=21558>
10. 教学录像：<http://moodle.scnu.edu.cn/course/view.php?id=1396#section-6>
11. 教学课件：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=21432>
12. 教学论文：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13611>
13. 学生成果：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13608>
14. 学习作品：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=21556>
15. 思考题：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=13572>
16. 参考文献：<http://moodle.scnu.edu.cn/mod/page/view.php?id=21557>

2.2 教学录像

<http://moodle.scnu.edu.cn/course/view.php?id=1396#section-6>

- 零、绪论（误差理论与数据处理），主讲教师：唐吉玉副教授
- 一、数字信号平均仿真实验和远程实验 主讲教师：吴先球教授
- 二、弗兰克-赫兹实验 主讲教师：程敏熙副教授
- 三、钠原子光谱 主讲教师：程敏熙副教授
- 四、塞曼效应 主讲教师：程敏熙副教授
- 五、盖革-弥勒计数管特性及放射性衰变的统计规律 主讲教师：唐吉玉副教授
- 六、 γ 能谱的测量 主讲教师：唐吉玉副教授
- 七、符合测量 主讲教师：唐吉玉副教授
- 八、用快速电子验证相对论效应 主讲教师：唐吉玉副教授
- 九、激光器特性及其参数测量 主讲教师：黄佐华教授
- 十、光学信息处理 主讲教师：黄佐华教授
- 十一、椭圆偏振法实验 主讲教师：黄佐华教授
- 十二、电阻温度关系和降温减压技术 主讲教师：符斯列副教授
- 十三、高温超导基本特性的测量 主讲教师：符斯列副教授
- 十四、用电容-电压法测半导体杂质浓度分布 主讲教师：符斯列副教授
- 十五、霍尔效应 主讲教师：符斯列副教授
- 十六、带电粒子在电场中运动的数值模拟实验 主讲教师：吴先球教授
- 十七、Lorenz混沌吸引子数值模拟实验 主讲教师：吴先球教授
- 十八、微波特性与测量，主讲教师：吴先球教授
- 十九、国家级物理学科基础课实验教学示范中心视频简介

课程学习

LabVIEW编程基础

学习 LabVIEW编程基础

认识 LabVIEW 编程环境、创建简单的 vi、了解数据类型、掌握主要常用的程序结构（重点）、图形显示。

课程介绍

由3个视频和14个练习组成

课程提纲 [3个视频|14个练习]



一个vi及其相关内容



数字操作



程序结构

继续学习

课程须知

学习资料	下载
第一讲-LabVIEW编程基础.ppt	下载
设计性实验课程大纲与精简版讲义(新).pdf	下载
网站使用手册.docx	下载
设计题目选择.zip	下载

课程学习

TCP通信

课程内容：了解远实验的设计原理和 TCP 通信协议。能够利用 TCP 函数设计程序远操控一盏虚拟布尔灯的亮与灭。

课后任务：撰写开题报告。

章节

评论

问答

笔记



TCP通信简介



案例分析



练习1



练习2



练习3



练习4

继续学习

课程须知

附件 3： 知识产权与获奖证书

3.1 申请发明专利

 510640 广州市天河区五山路 381 号华南理工大学教学 2 区 8 号物资大楼首层 广州市华学知识产权代理有限公司 黄磊,李斌	AJ147648_XSQ_114-1580 中华人民共和国国家知识产权局
 申请号或专利号：201410693711.1	 发文序号：2014112701119850
发 文 日 期 2014 年 11 月 27 日	

专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定，申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下：

申请号：201410693711.1
申请日：2014 年 11 月 26 日
申请人：华南师范大学
发明创造名称：一种基于颜色识别的无线蓝牙虚拟仪器旋钮及控制方法

经核实，国家知识产权局确认收到文件如下：
发明专利请求书 每份页数:4 页 文件份数:1 份
权利要求书 每份页数:2 页 文件份数:1 份 权利要求项数： 10 项
说明书 每份页数:5 页 文件份数:1 份
说明书附图 每份页数:3 页 文件份数:1 份
说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份
摘要附图 每份页数:1 页 文件份数:1 份
专利代理委托书 每份页数:2 页 文件份数:1 份
费用减缓请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份
费用减缓证明 每份页数:1 页 文件份数:1 份
实质审查请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份

提示：

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后，认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时，可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后，再向国家知识产权局办理各种手续时，均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员：周晓鸣(电子申请)


审查部门：专利局初审及流程管理部 08



200101 纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局受理处收
2010.2 电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

3.2 实用新型专利

证书号第 4178752 号



实用新型专利证书

实用新型名称：一种基于颜色识别的无线蓝牙虚拟仪器旋钮

发 明 人：刘朝辉;熊建文;吴先球

专 利 号：ZL 2014 2 0721845.5

专利申请日：2014 年 11 月 26 日

专 利 权 人：华南师范大学

授权公告日：2015 年 03 月 11 日


本实用新型经过本局依照中华人民共和国专利法进行初步审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 11 月 26 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨



第 1 页 (共 1 页)

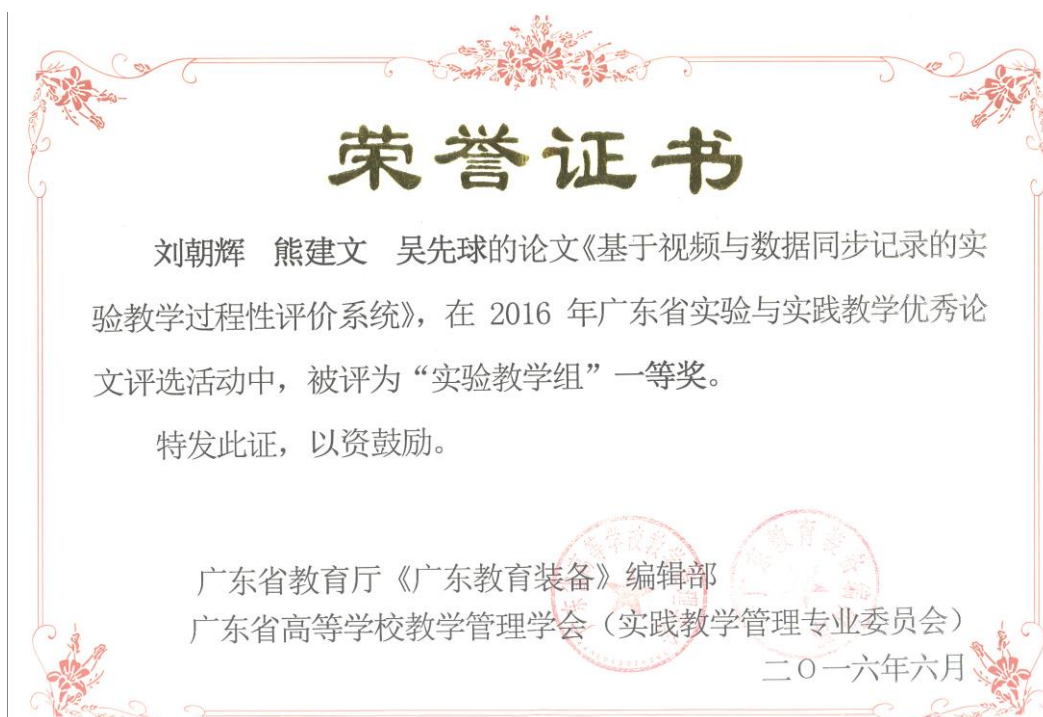
3.3 软件著作权



3.4 自制仪器获奖



3.5 其他获奖证书



附件 4: 部分发表论文 (首页)

4.1 基于 Android 的远程实验客户端设计_现代电子技术

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2015.14.041

2015年7月15日
第38卷第14期

现代电子技术
Modern Electronics Technique

Jul. 2015
Vol. 38 No. 14

基于 Android 的远程实验客户端设计

黄广发, 吴先球

(华南师范大学 物理与电信工程学院, 广东 广州 510006)

摘要:为了让实验者在移动终端上完成远程实验的异地操作,设计一种基于 Android 平台的远程实验客户端。通过对开源播放器 VLC 进行二次开发,使用 Socket 通信传输跨平台控制指令,利用 HTML5 中的 canvas 标签绘画波形图,实现客户端进行远程实验的视频监控、远程控制实验仪器和数据处理等功能。以单摆法测重力加速度实验进行效果验证,实测结果表明,客户端具有稳定可靠、实验数据处理精度高、人机交互性好等优点。

关键词:远程实验;Android;客户端;HTML5

中图分类号:TN911.2-34;TP311.52

文献标识码:A

文章编号:1004-373X(2015)14-0089-03

Design of remote experiment client based on Android

HUANG Guangfa, WU Xianqiu

(School of Physics & Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In order to let the experimenters to finish the remote experiment operation in the mobile terminal, a remote experiment client based on Android platform was designed. Through the secondary development of the open source player VLC, Socket communication is adopted to transmit cross-platform control command and Canvas label in HTML5 is used to draw oscillogram to implement the client video monitoring, remote control of experimental equipments, data processing and other functions in remote experiment. The effect was verified by measuring acceleration of gravity by simple pendulum method. The tested results show that the client has the advantages of high stability, high accuracy of data processing and good human-computer interaction.

Keywords: remote experiment; Android; client; HTML5

0 引言

在当今信息技术高速发展的时代,学习的自主化、智能化和终身化使得远程教育必须要与时俱进,就是要运用信息技术改善远程教学系统以满足人们的迫切需求。远程实验^[1]是通过互联网远程操作实验仪器,在异地完成真实的实验过程。远程实验不受时空限制,特别是随着平板电脑、智能手机等移动终端的普及,Android 系统占据了主流,只要连接了 Internet,就可以根据实验者的水平和需要,随时随地使用客户端去选做各种实验,这种移动学习环境下的实验教学模式增加了教学的灵活性,具有广泛的应用前景。

为了满足移动学习的需求,本文结合远程控制实验的系统特点,设计了一种基于 Android 的客户端,实现了远程控制实验的移动性操作。

1 系统硬件及其工作原理

远程实验系统的硬件结构如图 1 所示,服务器通过串口连接控制模块,控制模块连接实验仪器,通过执行服务器传送过来的指令控制实验仪器,并采集实验数据。摄像机捕获现场仪器的运行情况通过 USB 接口反馈给服务器,服务器再通过网络及时反馈给远程的操作者。

控制模块主要由主控单片机和相关外设组成,服务器上使用 LabVIEW 软件与控制模块进行通信,使用 VLC media player 进行流媒体数据的编码和传输,使用 Tomcat 进行搭建 Web 应用服务器,响应 HTML 页面的请求访问,提供了实验数据处理功能。

2 客户端设计

客户端是远程实验系统的一部分,实验者直接在客户端上进行远程实验的操作,具有实时观察实验现象、实时远程控制实验仪器、实验数据接收与处理等功能。

收稿日期:2014-12-25

基金项目:广州市科技和信息化局科普计划资助项目(2014KP000043)

视频与数据联动采集与分析系统

刘朝辉, 熊建文*, 吴先球

(华南师范大学物理与电信工程学院, 广州 510006)

摘要:提出了一种实验视频与实验数据同步采集系统,利用网络摄像头采集现场视频,自行设计基于 ARM Cortex-M 内核芯片 STM32F103RBT6 的网络数据采集卡采集实验现场数据.视频和数据都通过以太网以 TCP 协议传输到计算机处理.采用虚拟仪器软件 LabVIEW 对采集到的数据进行可视化呈现和数据分析,利用时间索引实现视频和数据联动分析与检索,根据实验数据变化点和实验关键点检索对应实验细节视频和数据波形.该系统为实验视频与数据分析提供更为全面、完整、精确的依据,提高其分析效率和科学性.

关键词:实验视频;数据采集;LabVIEW

中图分类号:TP391.7 文献标志码:A 文章编号:1000-5463(2016)02-0124-05

A Video and Data Synchronous Acquisition and Analysis System

LIU Zhaohui, XIONG Jianwen*, WU Xianqiu

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Physical experiments require acquisition of data and recording of experimental phenomena to facilitate the detailed analysis, a video and data synchronous acquisition system is presented in this paper, using the webcam capture live video, experiment data acquisition card which is based on ARM Cortex-M core chip of STM32F103RBT6. Video and data are transferred to the computers by TCP protocol through ethernet. Data visualization and data analysis are programmed by the software called LabVIEW. Video and data linkage and analysis are based on time indexing. The retrieval of detailed experimental video and data waveforms are based on data change points and indices of the key points in experiments. The system provides a more comprehensive, complete and accurate basis for experimental analysis, improving the efficiency of experimental analysis.

Key words: video of experiments; data acquisition; LabVIEW

常规的实验记录方式有书面、数据采集和实验现象拍照录像等方式,数据采集和实验现场录像可以为实验分析提供有效依据,现实中很多物理实验耗时长,数据量大,现象复杂,实验视频和数据需要实验分析者耗费大量时间梳理、整合、分析,效率较低.虽然已经提出了利用视频对实验过程进行评价的方法^[1],但仍然存在分析效率和全面性的局限.本文提出一种视频与数据联动采集系统,可同步采集实验视频和实验数据,经过软件处理后对实验数据进行分析 and 挖掘,直接将实验数据的变化和整体

趋势以可视化图像的形式呈现出来,并可根据实验数据变化联动检索实验视频和数据波形细节,为实验数据分析提供全面、精确、完整的依据,提高实验分析的效率和科学性.

1 系统设计与实现

1.1 系统设计

视频与数据联动采集系统应用于实验过程记录和分析,所记录的视频清晰度和数据精确完整度要

收稿日期:2015-03-20

《华南师范大学学报(自然科学版)》网址:<http://journal.scnu.edu.cn/>

基金项目:广东省教育部产学研结合项目(2011B090400199);广东省高等教育教学研究和改革项目(GDJG20142152);广州市科技和信息化局科普计划项目(2014KP000043)

* 通讯作者:熊建文,教授,Email:jwxiong@scnu.edu.cn.

基于 LabVIEW 的霍尔效应仿真实验设计与实现

林曼虹¹, 张 诚², 刘朝辉², 吴先球²

(1. 广东省 量子调控工程与材料重点实验室, 广东 广州 510006;

2. 华南师范大学 物理与电信工程学院, 广东 广州 510006)

摘要:霍尔效应仿真实验采用面向对象技术,以模块化、局部化、可重复性和拓展性为设计原则,实现了 LabVIEW 环境下实验仪器的数值建模和图像建模,以事件驱动方式实现实验场景和仪器界面及操作的仿真.结果表明该类仿真实验在仿真性、交互性、设计性、结果的处理和报告的提交上都达到了很好的仿真和实现,能实现良好的教学效果,有效缓解实验室压力.

关键词:仿真实验;物理实验教学;霍尔效应;LabVIEW

中图分类号:O 4-3 文献标识码:A 文章编号:1000-0712(2015)07-0026-04

霍尔效应是大学普通物理实验课程之一,目前高校开设的学生实验中普遍采用的“霍尔效应组合实验仪”或是螺线管磁场实验仪进行实验.该类实验仪器价格昂贵,高校购置普遍只有十来台,难以满足学生的需求.另外,由于实验室的教学安排,学生普遍只能有一次实验机会,这意味着学生必须在对实际仪器完全陌生的情况下,在2到3个小时内完成整个实验,测量数据多达88个,而且通常没有机会检查数据是否正确.

为了应对高校当前普遍存在的实验仪器不足,实验时间和次数过少的状况,本文以霍尔效应为例,尝试在 LabVIEW 环境下构建复杂仿真实验,制作虚拟霍尔效应仿真实验.在实际教学应用中,仿真实验以其时空的灵活性,充分发挥了计算机技术和网络技术的优势,打破时间、空间和仪器数量的限制,可服务于学生实验预习和复习需求,让学生能够在任何时间、任何地点进行实验,极大地提高了实验教学的灵活性.

1 概述

1.1 LabVIEW 概述

LabVIEW 是由 NI 公司推出的虚拟仪器开发平台软件,是一种业界领先的工业标准图形化编程工具,它将软件和各种不同的测量仪器硬件及计算机集成在一起,建立虚拟仪器系统,以形成用户自定义的解决方案.其强大的数据运算和处理功能将信号发生、数据采集、波形显示、数据处理和结果输出等多种功能集于一身,替代了实验室中电压表、电流

表、示波器和信号发生器等多种传统的仪器设备,使实验过程得到相当程度的简化,有利于提高测控技术实验教学的水平,也给传统的教学研究带来巨大的变化.

1.2 虚拟霍尔效应仿真实验概述

考虑到实验教学是以学生的实际动手操作仪器为主,本实验构建了霍尔效应测试仪和亥姆霍兹线圈实验架两大虚拟实验仪器.通过该实验,学生可以学习实验仪器的连接方式,学习用“对称测量法”消除副效应,测量并绘制 $V_H - I_S$ 、 $V_H - I_M$ 、 $V_H - x$ 曲线并确定试样的导电类型.

为了达到提高实验教学的目的,除了实验的仪器,该实验平台还提供了实验指导模块,包含实验讲义、实验操作指导视频和拓展资料;实验报告处理模块,包含数据记录和存储、描点、绘图等辅助功能,极大地方便实验数据的处理.

2 仿真实验设计与实现

本文以高校常用的“霍尔效应组合实验仪”为仿真实验基础,在 LabVIEW 环境下,用数值模拟的方式建立仪器原理、实验设计和实验操作的各种数学关系,用图像模型表现操作的真实感,并利用事件驱动方式将它们编制出来,使得实验具有任意操作性和真实操作感.

考虑到实验仪器和元器件是一个个独立的实体,因此采用面向对象技术,以模块化、局部化、可重复性和拓展性为设计原则,在 LabVIEW 环境下,以

收稿日期:2014-10-22;修回日期:2014-12-08

基金项目:广州市科技和信息化局科普计划项目(2014KP000043)、教育部创新团队项目、the PCSIRT (Grant No. IRT1243) 资助.

作者简介:林曼虹(1991—),女,广东汕头人,华南师范大学物理与电信工程学院2013级硕士研究生.

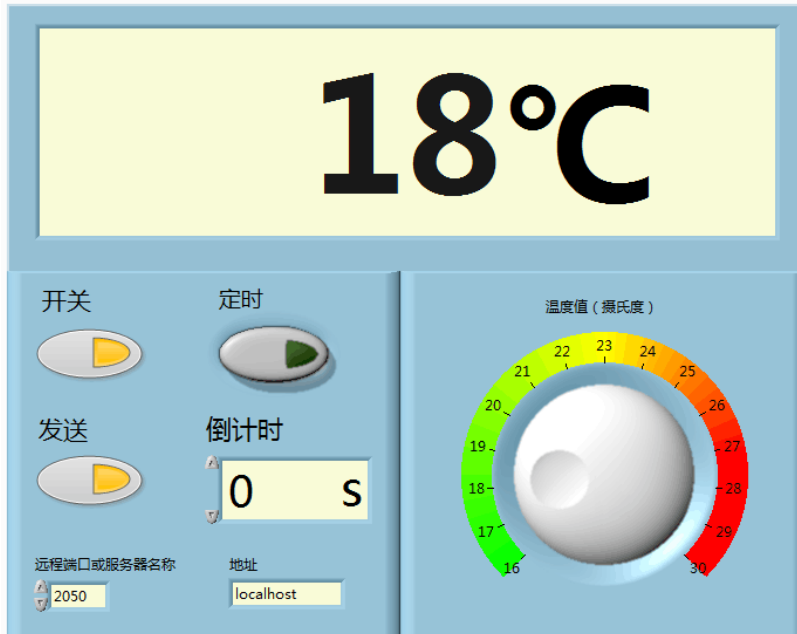
附件 5：实验共享平台应用与成效

5.1 2016 年《近代物理实验》研究创新型实验：“互联网+”虚拟仪器与远程实验

实验名称	姓名	学号
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	罗燕珠	130024016
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	庞碧玉	130024017
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	黎智杰	130024018
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	凌康明	130024021
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	郑楷鑫	130024024
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	李凯慧	130024026
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	宋云龙	130024027
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	刘云帆	130024035
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	高爱萍	130024039
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈晓媚	130024042
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈浩文	130024054
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	庄志鹏	130024055
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	梁泓储	130024056
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	张健婷	130024068
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	卢爱林	130024070
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈锦良	130024079
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	李冠荣	130024105
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈科	130024111
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	严政人	130024115
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	邱健明	130024122
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	郭光洲	130024123
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	颜惠彪	130024124
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	林振炫	130054003
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈建坡	130054006
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	邵正杰	130054018
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	温秀梅	130054021
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	卢银珊	130054024
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	张振健	130054025
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	谢来	130054029
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	沈楷翔	130054037
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	张益林	130054040
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	谢家宝	130054047
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	江晓倩	130054050
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈炫至	130054057
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	陈军	130054065
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	廖佳宝	130054068
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	岑理健	130054077
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	黄驰	130054100
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	刘亚玲	130054106

“互联网+”虚拟仪器与远程实验	梁婉珊	130054111
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	余冰敏	130054114
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	胡颖瑜	130054116
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	张乃千	130054117
“互联网+”虚拟仪器与远程实验	郭绮琪	130054119

学生作品 2: 远程空调控制



学生答辩现场



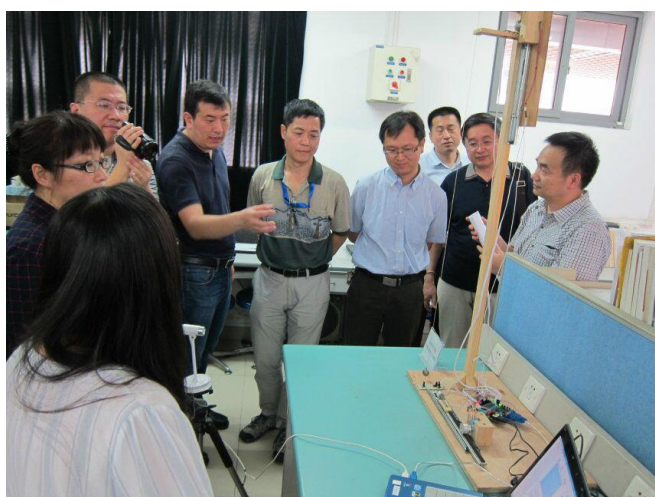
5.2 学术交流与来访



2015 广州大学城实验室资源共享工作会议



华南理工大学来访



山东师范大学来访



华北理工大学来访

6. 本科生获奖

6.1 国家级省级获奖列表

奖项	获奖人	主办单位	获奖时间
第八届全国高等学校物理实验教学研讨会科研论文评比一等奖	韩兵	教育部物理学类专业指导委员会 教育部大学物理课程教学指导委员会	2014, 8
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛一等奖	谢梓岚、陈韵琳、毛冠文、袁添文	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛一等奖	刘韦、黄彦媚、翁琳芳、叶子萱、湛高超	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛一等奖	罗祖妮、康慧琳、沙雨柔、李耿超、邱林	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖	陈晓莹、王丽、黄靖远、李辉林、李宏彬	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖	彭艺, 黄琪莉、钱圳、方译权、雷海波	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖	马剑涛、许伟鑫、刘楚彦、林立, 林跃裕	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛三等奖	胡嘉莹、宋富民、周桑霓、张国伟、丁智杰	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛三等奖	林少川、刘绍静、杨桦、邱海鸥、雷劲	广东省物理学会	2016, 10, 30
第十七届广东省大学生物理实验设计大赛三等奖	刘志成、陈秋芸、叶小风、陈锦芸、梅韵之	广东省物理学会	2016, 10, 30
2010年全国大学生物理实验竞赛基础性实验项目一等奖	欧颖贤	高等学校国家级实验教学示范中心联席会	2010, 12, 26
2010年全国大学生物理实验竞赛基础性实验项目一等奖	肖亮松	高等学校国家级实验教学示范中心联席会	2010, 12, 26
2012年全国大学生物理实验竞赛综合性、研究性实验项目二等奖	刘少杰、黄家宜	高等学校国家级实验教学示范中心联席会	2012, 12, 22
2015年全国大学生物理实验竞赛综合性、研究性实验项目三等奖	吴诗颖、黄汉民	高等学校国家级实验教学示范中心联席会	2015, 7, 18
2015年全国大学生物理实验竞赛基础性实验项目二等奖	蔡恒信	高等学校国家级实验教学示范中心联席会、	2015, 7, 18
2015年全国大学生物理实验竞赛基础性实验项目三等奖	卢顺兴	高等学校国家级实验教学示范中心联席会	2015, 7, 18

6.2 获奖证书（部分）



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

《基于磁光调制的玻璃应力高精度测量装置》荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖。

组员：马剑涛、许伟鑫、刘楚彦、林立、林跃裕
指导老师：吴泳波
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会

二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

《基于莫尔条纹原理的两种非接触光测量》荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖。

组员：陈晓莹、王丽、黄靖远、李辉林、李宏彬
指导老师：贺冠南
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会

二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

《利用波导型声透镜探索声波聚焦》荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛三等奖。

组员：胡嘉莹、宋富民、周桑霓、张国伟、于智杰
指导老师：江浩湘、曾育锋、李丰果
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会

二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

《双光栅测量固体材料的杨氏模量》荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛二等奖。

组员：彭艺、黄琪莉、钱圳、方译权、雷海波
指导老师：江浩湘、曾育锋
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会

二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CERTIFICATE

《基于迈克尔逊干涉仪原理对声透镜系统的非接触测量》
荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛 三等奖。

组 员：李彦慧、谢佳慧、梁玉青、张泽盛、关耀鹏
指导教师：吴泳波
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会
二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CERTIFICATE

《基于低频表面波激光衍射法测量液体表面张力》
荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛 三等奖。

组 员：林少川、刘绍静、杨桦、邱海鸥、雷劲
指导教师：彭力、岳成凤、李志为
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会
二〇一六年十月三十日

荣誉证书

HONORARY CERTIFICATE

《基于菲涅尔声透镜声波汇聚对焦平面声强的定量测量》
荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛 一等奖。

组 员：罗祖妮、康慧琳、沙雨柔、李耿超、邱林
指导教师：曾育锋、彭力
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会
二〇一六年十月三十日

荣誉证书

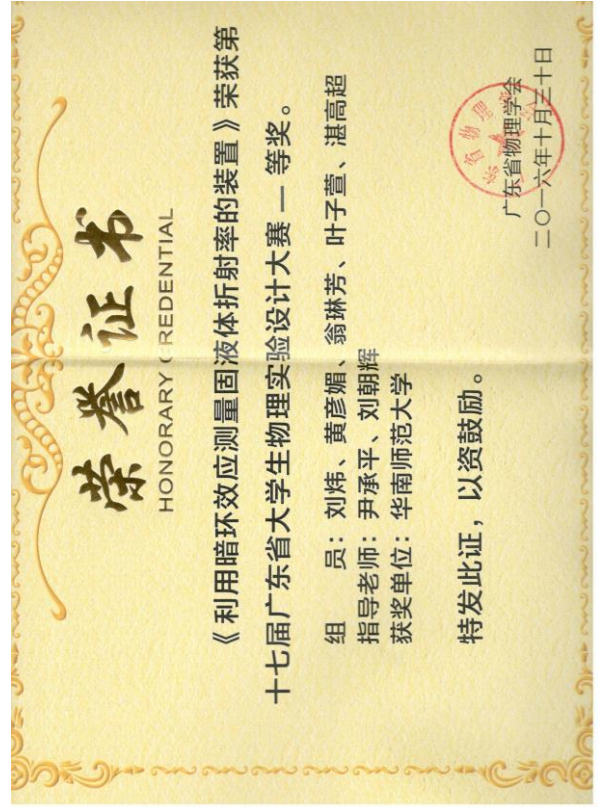
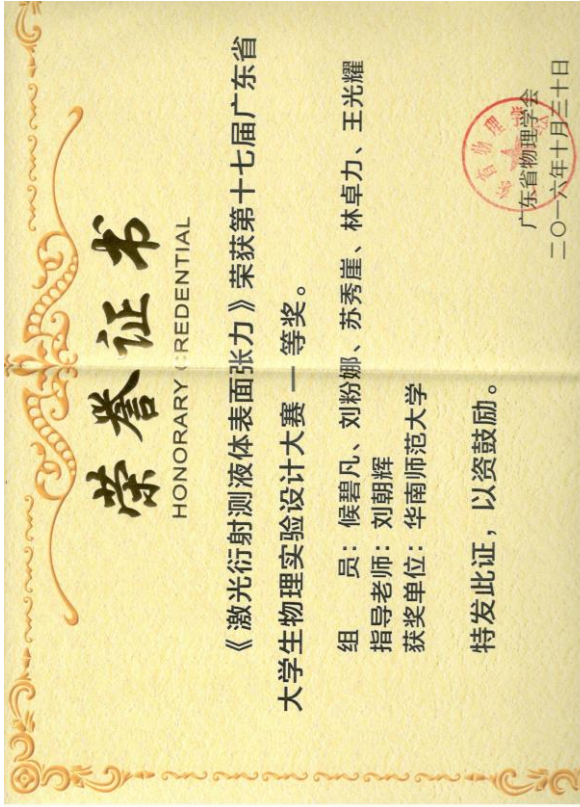
HONORARY CERTIFICATE

《基于声透镜聚焦法探测声聚焦效果及相关参数》
荣获第十七届广东省大学生物理实验设计大赛 三等奖。

组 员：刘志成、陈秋芸、叶小风、陈锦芸、梅韵之
指导教师：吴泳波、彭力
获奖单位：华南师范大学

特发此证，以资鼓励。

广东省物理学会
二〇一六年十月三十日



获奖证书

Certificate of Award



欧颖贤同学在2010年全国大学生物理实验竞赛-基础性实验项目中，荣获一等奖。特发此证，以资鼓励。

高等学校国家级实验
教学示范中心联席会



证书编号: QGWLSYJZ-1-02

2010年12月26日

获奖证书

Certificate of Award



肖亮松同学在2010年全国大学生物理实验竞赛-基础性实验项目中，荣获二等奖。特发此证，以资鼓励。

高等学校国家级实验
教学示范中心联席会



证书编号: QGWLSYJZ-2-08

2010年12月26日

获奖证书

Certificate of Award



吴诗颖同学



黄汉明同学

在2015年全国大学生物理实验竞赛-综合性、研究性实验项目中，荣获三等奖。特发此证，以资鼓励。

高等学校国家级实验
教学示范中心联席会



第三届全国大学生
物理实验竞赛组委会

证书编号: QGWLSYZYB-3-03

2015年7月18日

获奖证书

Certificate of Award



卢顺兴同学

在2015年全国大学生物理实验竞赛-基础性实验项目中，荣获三等奖。特发此证，以资鼓励。

高等学校国家级实验
教学示范中心联席会



第三届全国大学生
物理实验竞赛组委会

证书编号: QGWLSYJB-3-11

2015年7月18日

7. 平台扩展

7.1 活动、参观登记本

华南师范大学远程科普实验展

地点：广东省实验中学

序号	姓名	年级班级	备注
1	杜宇帆	B3	
2	袁兆熙	B3	
3	杨取博	B3	
4	黄嘉彬	B6	
5	张家玮	B3	
6	戴山屹	B3	
7	杨天蔚	B6	
8	刁玮标	B11	
9	刘慧仪	B6	
10	李诗琦	B6	
11	张樱宁	B4	
12	马家军	B9	
13	吴子莹	A6	
14	李梓锋	A9	
15	陈香江	B4	
16	梁日豪	A7	
17	梁日豪	A7	
18	邓智文	A6	
19	周海鑫	A10	
20	冼子明	A9	
21	廖子程	A1	
22	张宇初	B10	
23	胡原豪	A7	

24	王鑫	A12	
25	王浩杰	A12	
26	王浩杰	A2	
27	赖俊全	A3	
28	申锐	A1	
29	郭杰	B1	
30	王生德	A7	
31	王冠群	B2	
32	张天鹿真	A9	
33	汤程翔	B2	
34	胡凯阳	A6	
35	魏智康	A4	
36	陈俊棋	A10	
37	宣景文	B10	
38	李逸磊	B4	
39	陈铭伟	B2	
40	刘仲量	A3	
41	钱璐	A3	
42	郑子杰	B11	
43	刘子贤	B9	
44	郑晓彤	A11	
45	张栩	A10	
46	严子茵	B12	
47	黄昀	B4	
48	翟菲	B10	
49	林乾忻	B2	

50

	姓名	年级班级	备注
128	张家辉	A8	
129	钟林炜	A7	
130	黄子骏	A12	
131	沈在伟	B3	
132	张荣鑫	A4	
133	林浩	A6	
134	李启隽	A5	
135	林子钧	B11	
136	邵家麒	B05	
137	李家以	B5	
138	何宏智	B7	
139	李凯越	B7	
140	何惠靖	B12	
141	王蔚林	B8	
142	黄俊泓	B5	
143	吕康棋	B5	
144	黄敏儀	B6	
145	范芷琪	B6	
146	钱璐	A5	
147	刘佩强	A3	
148	陈景文	A B 2	
149	李钦鸿	B2	
150			

远程控制实验室来访记录

序号	时间	单位	建议	签名
1	2015.10.16. 9:00	南沙区黄阁第二中学		沈连庭 庞振宇 曹爱珍
2	2015.10.16. 9:00	南沙大岗中学		何玉明
3	2015.10.16. 9:00	南沙区中		钟春如
4	2015.10.16. 9:00	南沙潭山中学		陈晏松
5	2015.10.16. 9:00	天荣中学		蔡燕萍 林薇
6	2015.10.16. 9:00	榄核中学		张志明
7	2015.10.16. 9:00	珠江中学		黄照峰
8	2015.10.16. 9:00	花郁长富中学		张玉玲
9		洲岛研究院		谷方兰
10		南沙区黄阁中学		谢朝悦
11	2015.10.16. 9:00	榄核第二中学		黄建辉

远程控制实验室来访记录

序号	时间	单位	建议	签名
1		新英豪中英文学校		李丹虹
2		科信城中学校		神柳清
3		景弘中学		叶白兰、郑柳
4		新塘三中		黎世坚、吴炳辉
5		北化七中		李冲
6		雅陈中学		李哲瑜
7		惠州一中		罗勇平
8		115中学		李利平
9		广州市广园中学		刘泉
10		番禺洛溪新城中学		刘喜珊
11		广州天河中学		袁晓娟

远程控制实验室来访记录

序号	时间	单位	建议	签名
1	2015.9.16 2015.9.16	东涌中学		阮惠芳
2	2015.9.16	东涌中学		谢立行
3	9.16	东涌中学		李桂宜
4	9.16	南河一中		洪琳
5	9.16	东涌头中学		洪琳
6	9.16	东涌头中学		唐向荣
7	9.16	象达中学		吴玉婷 苏凤
8	9.16	二师南岗子校		梁宇豪
9				
10				
11				

华南师范大学

远程控制实验室来访记录

教师

序号	年月日	单位	建议	签名
1	2015.1.10	广州市第二十一中	增加防盗盖(透明胶壳)清除部位	高杨
2	— — —	— — —		曾承
3		周淑君
4		李彬
5	~	—		林新
6	...	— — —		杨小蕊
7		罗建强
8	—	—	复原线头并可以把握起	刘雨婷
9	—	—		李明畅
10	~	~		祁钰

华南师范大学

远程控制实验室来访记录

序号	年月日	单位	建议	签名
1	2015.7.14	广州市第三十六中学		
2		之		林
3				黄志明
4				黄志昂
5				彭志昂
6				林
7				林
8				林
9				林
10				林

学生

华南师范大学 远程控制实验室来访记录

时间: 2015年4月10日 学校: 广铁一中

序号	姓名	序号	姓名	序号	姓名	序号	姓名
1	王楚洲	18	黄嘉雯	35	朱正贤	52	
2	刘俊豪	19	郭梓亮	36	申家铭	53	
3	张鑫涛	20	李甄	37	罗宇鹏	54	
4	李月	21	徐力	38	璠	55	
5	彭悦	22	卢铭	39	林佳纯	56	
6	刘欣	23	刘博	40	张少华	57	
7	张嘉琪	24	陈瑞伦	41	陈奕银	58	
8	李俊航	25	李程志	42	李玉婷	59	
9	谢国正	26	肖萌	43		60	
10	李广胜	27	马宇佳	44		61	
11	何焯伦	28	张翰林	45		62	
12	张炜津	29	朱嘉新	46		63	
13	陈泽星	30	黄嘉琳	47		64	
14	邓里明	31	罗心鸿	48		65	
15	莫晓桐	32	李沛威	49		66	
16	曹思敏	33	曾惠	50		67	
17	陈颖童	34	谭惟	51		68	

7.2 广州市教育局教学教研室初中物理骨干教师教学研究活动



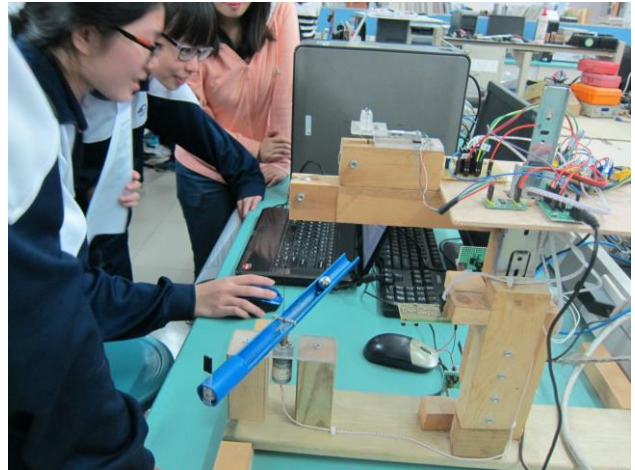
7.3 广东省实验中学科普应用推广



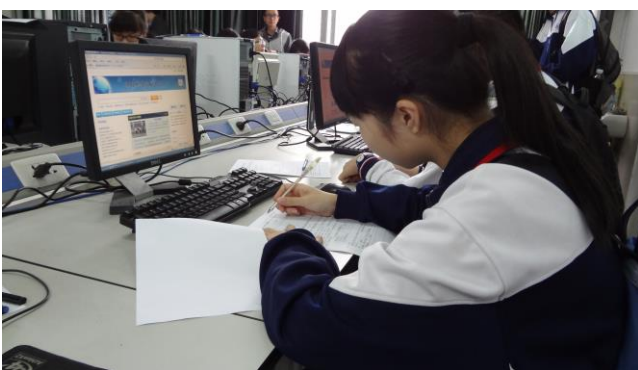
7.4 中学生参观实验室（2014.4）



7.5 初中学生参观实验室（2015.4）



7.6 高中学生参观实验室 (2015.4)



附件 8：参编国家级示范示范中心-高校本科实验教学典型案例征集表

案例名称	基于虚拟仪器技术的远程实验教学资源建设		指南编号	3-2
学 校	华南师范大学			
实 验 室	物理学科基础课实验教学示范中心			
课 程	大学物理实验			
负 责 人	吴先球	联系电话	13609038800	
主要内容 (600 字以 内)	<p>基于虚拟仪器技术的远程实验是一种“虚（拟仪器面板）——（硬件设备）实（体）——真（实）实验场景”的网络实验教学模式。华南师范大学远程物理实验室于 2001 年创建，自主研发了一套基于双客户机/服务器模式和采用 TCP/IP 的远程实验教学平台，自行开发数字信号平均实验装置，连续波核磁共振、辉光放电等离子体参数诊断等远程实验项目。</p> <p>通过虚拟仪器软件 LabVIEW 编程，实现学生通过互联网实时地操作实验室的仪器设备、获取信号波形和实验数据，获得由摄像机捕获的实验室现场仪器运行情况实时视频等信息，在异地完成真实实验过程。</p>			
	 <p>图 1 远程实验的结构框图</p>			
	 <p>图 2 远程实验室一角</p>			

<p>创新点 (150字以内)</p>	<p>远程实验作为新的实验技术和方法，是对传统实验的有效补充与提升，给实验教学注入了新的生机和活力。远程实验容易被学生接受，培养了学生的实验兴趣，激发了学生的求知欲。</p> <p>远程实验不受时空限制，在时间安排、资源共享等方面有一定的优势，有效实现实验教学资源的共享和利用。</p>
<p>主要成效 (300字以内)</p>	<p>远程实验室实行开放式教学和管理，在《普通物理实验》、《现代物理技术选题实验》、《现代分析测试技术》等本科和研究生的课内课程作为独立的实验使用，或者用以实验预习和复习。理论课的教师在课堂上通过计算机网络进行远程实验演示，也无需把可能笨重的实验设备搬到课室去。</p> <p>通过远程实验，操作者除了完成实验本身，更重要的是将他们引入远程控制领域、感受现代信息技术与传统实验的整合和提升。</p>
<p>推广情况 (150字以内)</p>	<p>远程实验装置推广到华南农业大学，香港教育学院等高校使用；将远程实验的教学理念拓展到基础教育实验改革中，应用于广东省中学骨干教师培训。以基于虚拟仪器技术的远程实验应用为核心内容之一的“依托现代高新技术的高校物理实验教学平台的建设及创新人才培养实践”获得 2005 年国家级教学成果二等奖，示范辐射作用显著。</p>

附件 9：参编《基础物理特色实验集锦》

参编由国家级实验教学示范中心联谊会组织的教材《基础物理特色实验集锦》。

入选 2 个特色实验，其中黄佐华教授编写的讲义被作为范稿供其他编写人员参考。

编委：吴先球

编写人员：黄佐华，程敏熙

高等学校物理实验教学示范中心参考教材

基础物理 特色实验集锦

◎主编 葛惟昆

◎副主编 孙腊珍 何振辉

高等教育出版社

高等学校物理实验教学示范中心参考教材

基础物理 特色实验集锦

Jichu Wuli Tese Shiyān Jijin

◎主编 葛惟昆

◎副主编 孙腊珍 何振辉

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是由全国实验教学示范中心物理学科组多所高校共同编著的特色实验集锦,汇集了各示范中心多年辛勤积累的成果,反映了中国高校物理实验的前沿水平。本书根据特色实验的内容分为普通物理实验和近代物理实验两篇,普通物理实验篇收录了力学、热学、声学、电磁学、光学共28个实验,近代物理实验篇收录了量子信息、凝聚态物理、光学、等离子体物理、近代技术共35个实验。

本书可作为高等学校物理实验课程的参考书,也可供从事相关工作的人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基础物理特色实验集锦 / 葛惟昆主编. — 北京: 高等教育出版社, 2015.1

ISBN 978 - 7 - 04 - 041444 - 8

I. ①基… II. ①葛… III. ①物理学 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①O4 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 262004 号

策划编辑 马天魁
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 郭亚嫫
责任校对 刘娟娟

封面设计 张申申
责任印制 张泽业

版式设计 董丹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京丰源印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 27.5
字 数 670千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2015年1月第1版
印 次 2015年1月第1次印刷
定 价 37.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 41444-00

高等学校物理实验教学示范中心系列教材编委会

主 编：

葛惟昆

副主编：

张新夷 王玉凤 孙腊珍 张朝晖 何振辉

顾 问：

吴思诚 霍剑青 吕斯骅 段家祗 李相银 高立模

吴念乐 张兆奎 王植恒 耿完楨

编 委：

程福平	董有尔	方建兴	何焰蓝	黄志高	霍 雷	李海洋
李 华	李美亚	李学慧	刘 肃	刘 伟	钱 锋	权王民
盛新志	隋成华	孙晶华	孙 骞	陶纯匡	王合英	王红理
王文全	<u>吴先球</u>	熊 俊	熊永红	徐富新	徐建强	荀 坤
闫海青	杨卫平	姚合宝	叶庆好	余 虹	张增明	周 进
周鲁卫	朱 俊					

前 言

由全国实验教学示范中心物理学科组各单位共同编著的《基础物理特色实验集锦》，经过近两年的努力，终于得以完成。这是各参与单位共同努力的成果，它汇集了各示范中心多年辛勤积累的成果，凝聚了各校同仁们多年的心血，反映了中国高校物理实验的前沿水平，也为进一步发展建设实验物理教学工作提供了有益的参照和启示。

作为实验科学的物理学是以实验为基础的，物理实验教学无疑是物理教学中不可或缺的重要组成部分，它对理工科人才物理基础的教育，特别是实践能力和创新能力的提高，至为重要；对优秀的物理人才的培养，尤其具有基础的意义。

国家对实验教学给予特别的重视。1999年颁布的《中共中央、国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和2010年发布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》，对我国高等教育人才培养提出了新要求，强调了实践教学在培养学生实践能力和创新能力中具有的重要作用，是高等教育的创新体系的重要组成部分。

2005年教育部、财政部启动“国家级实验教学示范中心建设工作”(教高[2005]8号)，2007年教育部、财政部联合下发教高[2007]1号文件，启动“质量工程”，重点建设500个左右实验教学示范中心。目的是推动高等学校加强学生实践能力和创新能力的培养，加强实验教学改革和实验室建设，促进优质资源整合和共享，提升办学水平和教育质量。

在“十一五”期间，全国评审出了501个国家级实验教学示范中心，其中，物理学科先后评出37个国家级实验教学示范中心，涵盖理工院校、师范院校和综合院校等。物理学科组经过协商，推选中国科技大学为组长单位，清华大学和中山大学为副组长单位。经过几年的建设，各中心加强内涵建设，在实验教学内容、教学方法、队伍建设管理和运行机制等方面进行改革、探索与创新，使人才培养质量显著提高，在全国高校实验教学改革中发挥了引领和示范作用；实验教学获得前所未有的重视，实验教学环境明显改善，实验教学内容和教学方法推陈出新，学生的学习积极性和教学效果也有明显改善；各校涌现出一批有特色的教学实验，包括体现学校学术研究特色的、体现学校专业特色的实验。

为了加强交流，把特色实验项目成果辐射到更多的高校，国家实验教学示范中

心物理学科组经讨论决定从各示范中心挑选出有代表性的特色教学实验,整理成教材的形式,委托高等教育出版社出版,以期与其他兄弟院校分享示范中心建设成果,推动素质教育的发展。特色实验集锦由物理学科组的组长单位牵头编写,以清华大学葛惟昆教授为主编,中国科技大学孙腊珍教授和中山大学何振辉教授为副主编。

根据特色实验的内容,入选实验分为基础物理实验和近代物理实验两篇。入选的基本标准是,必须达到实验物理教科书的水平;实验内容和技术路线必须正确。初审分别由北京大学蒋莹莹、复旦大学周鲁卫、华南师范大学吴先球、南京大学苏为宁、武汉大学李美亚、西安交通大学王红理负责;复审由三位主编负责,其中,葛惟昆负责光学、量子信息以及凝聚态物理中与光和波谱相关的实验,孙腊珍负责电磁学、等离子体物理和近代技术实验,何振辉负责力学、热学、声学和凝聚态物理中的其他实验。

由于入选的特色实验都具有创新、探索的特点,因此可能还需假以时日来完善和检验。在编写和编辑过程中,都有可能存在偏误或遗漏之处,尚祈全国高校同仁、参与物理实验教学的师生以及广大读者批评指正。编者衷心希望读者能从中挑选到适合自己的实验,或借鉴开展特色实验的教学方法,取长补短,并进而有所创新和发展,共同努力,推动我国高等教育物理实验教学的水平进一步提高,更富有实效。

我们向参与本书编写和审校的各物理实验示范中心和老师们致以诚挚的谢意。本书承高等教育出版社担负出版事宜,谨向相关编辑出版人员表示感谢!

葛惟昆 清华大学物理系

孙腊珍 中国科学技术大学物理系

何振辉 中山大学物理科学与工程技术学院

2014年3月

目 录

(注: * 为基础型实验, ** 为基础拓展型实验, # 为综合型实验, ## 为研究型实验)

第一篇 普通物理实验

第一章 力学

** 实验 1	周期性外力驱动的混沌摆实验 华南师范大学	3
# 实验 2	耦合摆实验 清华大学	8
* 实验 3	波尔振动系列实验 中山大学	16
* 实验 4	液体表面张力系数的测量 大连大学	23
* 实验 5	切变模量和转动惯量的测量 苏州大学	30
## 实验 6	应变式传感器及电子秤的设计 重庆大学	35
** 实验 7	毛细力的测量及毛细自组装纳米颗粒 西北大学	38

第二章 热学

# 实验 8	非线性热对流斑图 北京大学	45
** 实验 9	室温磁熵变测量 吉林大学	54
* 实验 10	热敏电阻温度计的设计安装和使用 大连大学	59
* 实验 11	晶体的各向异性热扩散系数测量和热传导特性研究 山东大学	65

第三章 声学

** 实验 12	超声波传播特性及应用 北京交通大学	73
## 实验 13	人耳听觉听阈规律研究 复旦大学	81
** 实验 14	声波与超声波实验 长春理工大学	85

第四章 电磁学

* 实验 15	测量霍尔元件的不等位电势差 河北工业大学	91
# 实验 16	太阳能电池的特性测量及应用设计 哈尔滨工程大学	96
* 实验 17	铁磁材料的磁滞回线和磁化曲线测量 青海师范大学	102
** 实验 18	磁场的测量 西南交通大学	109
** 实验 19	电子束聚焦和偏转研究及示波器的组装调试与测量 西南交通大学	118

第五章 光学

## 实验 20	成像法研究牛顿环 上海交通大学	130
----------	-----------------	-----

* 实验 21	互联网远程控制牛顿环实验	复旦大学	136
** 实验 22	利用干涉方法测量玻璃的热膨胀系数和折射率温度系数	复旦大学	140
* 实验 23	光栅传感器特性测试	重庆大学	144
** 实验 24	热辐射与红外扫描成像系列实验	华中科技大学	147
# 实验 25	荧光温度传感与玻耳兹曼常量测量	南昌航空大学	157
* 实验 26	使用 CCD 较差测光方法绘制变星的光变曲线	云南师范大学	161
* 实验 27	光栅温度传感及波长移动解调	长春理工大学	168
* 实验 28	光的干涉和衍射现象与微小尺寸测量	天津大学	179

第二篇 近代物理实验

第六章 量子信息

## 实验 29	BB84 量子密码的实验模拟	东南大学	187
* 实验 30	电磁感应透明	山西大学	189
## 实验 31	量子纠缠实验	清华大学	198

第七章 凝聚态物理

# 实验 32	材料微波介电常量和磁导率测量	南京大学	209
# 实验 33	周期性有限弦球链系统振动模研究	北京大学	214
# 实验 34	约瑟夫森效应实验	北京大学	220
# 实验 35	巨磁阻抗效应的研究	上海交通大学	230
# 实验 36	电子俘获材料荧光光谱实验	西安交通大学	235
# 实验 37	不同材料薄膜的电阻温度特性研究	北京交通大学	241
## 实验 38	铯原子在磁光阱中的冷却与俘获	山西大学	247
# 实验 39	铁氧体微波吸收特性研究	中南大学	256
* 实验 40	液晶电光效应实验	河北工业大学	263
** 实验 41	流水式核磁共振	吉林大学	267
# 实验 42	锂离子电池正极材料 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 的制备及其电化学性能研究	福建师范大学	274
# 实验 43	太阳能光伏电池原理及其特性测量	福建师范大学	277
# 实验 44	ZnO 薄膜的制备和光学性能分析	华中科技大学	282
# 实验 45	表面磁光克尔效应 (SMOKE)	山东大学	288

第八章 光学

** 实验 46	双光栅测量微弱振动位移量	南京大学	295
# 实验 47	晶体光折变效应与光学存储	南开大学	302
* 实验 48	自组迈克耳孙干涉仪精确测量空气折射率	南开大学	307
## 实验 49	染料敏化太阳能电池制备	中南大学	311

#	实验 50	压电器件特征参量的光学测定	武汉大学	316
**	实验 51	空间单点光学相干层析技术	大连理工大学	321
#	实验 52	有机电致发光二极管的制备	兰州大学	325
**	实验 53	相位物体成像方法的实验研究	华南师范大学	330

第九章 等离子体物理

**	实验 54	用表面等离子体共振传感器测量金胶体溶液的折射率	西安交通大学	336
#	实验 55	表面等离子体共振传感测量	浙江工业大学	342
**	实验 56	基于表面等离激元共振测量液体折射率	武汉大学	349
#	实验 57	低温等离子体的发射光谱诊断	苏州大学	355
#	实验 58	大气压低温等离子体射流聚合物表面处理改善水接触角	大连理工大学	360

第十章 近代技术

##	实验 59	高压物理的实验研究	中国科学技术大学	365
#	实验 60	宇宙线 μ 子平均寿命的测量	中国科学技术大学	381
**	实验 61	基于锁相放大的弱信号测量及应用	中山大学	386
**	实验 62	扫描隧穿显微镜应用实验	西北大学	400
*	实验 63	虚拟仪器技术实验	兰州大学	408

第一篇

普通物理实验

第一章 力 学

实验 1 周期性外力驱动的混沌摆实验

华南师范大学物理学科基础实验教学示范中心 程敏熙

一、实验目的

了解本实验系统产生混沌的条件,理解混沌的基本特征。通过对混沌摆不同参量的调节,观察不同的混沌现象,从而得到角度时序图、角速度时序图和相图,理解混沌的特性。

二、实验内容

了解实验系统的构成和各个部分的功能,熟悉基于 LabVIEW 的虚拟混沌数据处理分析仪。选定某一摆长和驱动轮的半径,选择不同的驱动速度,观察出现混沌的条件,观察随驱动速度不同而相图不同的混沌现象;选定某一驱动速度和驱动轮的半径,通过改变摆长来观察相关的混沌现象;选定某一摆长和某一驱动速度,通过改变驱动轮的半径来观察相关的混沌现象。

三、实验原理

由周期性外力驱动的混沌摆的装置示意图如图 1 所示。电机带动一个圆盘,圆盘与驱动杆连接,驱动杆固定了一个单摆的小车作往复运动,可以理解为此时单摆作受迫振动。设 O 为系统往复运动的中心,以此点建立惯性坐标系 $O-xy$ 。但小车运动是非匀加速的,是一个非惯性系,故选支架上的悬点 O' 为非惯性系 $O'-x'y'$ 的原点。根据装置图建立如图 2 所示的坐标系。以摆为研究对象,取悬点 O' 为参考点,根据质点对参考点的角动量定理,可得摆锤在非惯性系中

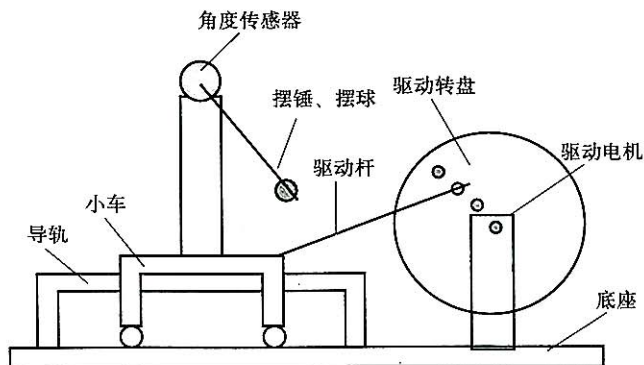


图 1 混沌摆装置示意图

的动力学方程为

$$\frac{dL}{dt} = M_G + M_{F_1} + M_{F_R} + M_{F_N} + M_{F_2} \quad (1)$$

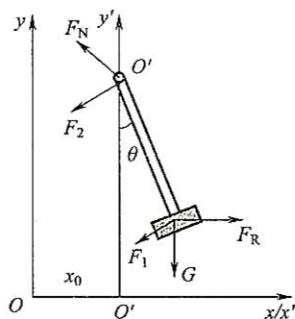


图2 混沌摆坐标系

其中, G 是摆锤所受重力, F_1 是阻尼力, F_R 是惯性力。支持力 F_N 对转动力矩无贡献, 故 $M_{F_N} = 0$ 。 F_2 是轴与轴承间的摩擦力, 也对转动力矩没有贡献, 即 $M_{F_2} = 0$ 。式中 L 表示总角动量, M_G 、 M_{F_1} 和 M_{F_R} 分别为重力矩、阻尼力矩和惯性力矩。

非惯性系坐标原点 O' 在惯性系 $O-xy$ 中的运动规律为

$$x_{O'}(t) = x_0 + r_0 \cos(\omega_d t) \quad (2)$$

$$\ddot{x}_{O'}(t) = -r_0 \omega_d^2 \cos(\omega_d t) \quad (3)$$

所以, 惯性力为

$$F_R = -m\ddot{x}_{O'}(t) = mr_0 \omega_d^2 \cos(\omega_d t) \quad (4)$$

其中, x_0 为连接小车与转盘的驱动杆长度, r_0 为连接驱动电机的转盘上某一固定点的半径, ω_d 为电机的转动角频率, 即系统的周期驱动频率, $\ddot{x}_{O'}(t)$ 是非惯性系相对于惯性系的加速度。于是式(1)可写成

$$ml^2 \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgl \sin\theta - \gamma l^2 \frac{d\theta}{dt} + mlr_0 \omega_d^2 \cos(\omega_d t) \cos\theta \quad (5)$$

其中, l 为摆长, γ 为空气阻尼系数。将式(5)无量纲化, 令固有频率 $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$, 并用 ω_0^2 除式(5)

得每一项, 令 $\beta = \frac{\gamma}{2m\omega_0^2}$, $F_0 = \frac{r_0 \omega_d^2}{l\omega_0^2}$, $\Omega = \frac{\omega_d}{\omega_0}$, $\tau = \omega_0 t$, 于是式(5)可化为

$$\frac{d^2\theta}{d\tau^2} + 2\beta \frac{d\theta}{d\tau} + \sin\theta = F_0 \cos\theta \cos(\Omega\tau) \quad (6)$$

式(6)中, β 为无量纲化阻尼因素, F_0 为无量纲化的驱动力参量, τ 为时间因子。式(6)左边出现了一个非线性项 $\sin\theta$, 在周期性外力的驱动下, 摆角 θ 的变化范围是可以很大的 ($-\infty < \theta < +\infty$), 所以不能再将 $\sin\theta$ 近似为 θ 。即式(6)已不同于一般的受迫振动方程, 它反映了单摆在非惯性系 $O'-x'y'$ 中的运动所遵循的动力学规律。

式(6)右边显含时间因子 τ , 这是一个非自治的非线性微分方程。如果引进变量 φ , 令 $\varphi = \Omega\tau$, 则可将式(6)化为下面的方程组:

$$\begin{cases} \dot{\theta} = \omega \\ \dot{\omega} = -2\beta\omega - \sin\theta + F_0 \cos\theta \cos\varphi \\ \dot{\varphi} = \Omega \end{cases} \quad (7)$$

方程组(7)中每一个式子的右边都不显含时间因子,因此这是一个自治的动力学系统。而一阶自治微分方程要出现混沌,必须具备两个条件:

- ① 方程右侧至少有一个非线性项;
- ② 至少要有三个变量。

可见,该系统具备了这两个基本条件,可以出现混沌现象。

因为该系统单摆的摆长并不长,所以系统是一个复摆。将以上单摆模型换成复摆模型,由以上推导易得出复摆的运动方程为

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mgr_c \sin\theta - \gamma r_c^2 \frac{d\theta}{dt} + mr_0 \omega_d^2 r_c \cos(\omega_d t) \cos\theta \quad (8)$$

令 $\omega_0 = \sqrt{mgr_c/I} = \sqrt{g/l_0}$, $\beta = \frac{\gamma r_c^2}{2\omega_0^2 I}$, $F_0 = \frac{mr_0 r_c \omega_d^2}{I\omega_0^2}$, $\Omega = \frac{\omega_d}{\omega_0}$, $\tau = \omega_0 t$, 可得

$$\frac{d^2\theta}{d\tau^2} + 2\beta \frac{d\theta}{d\tau} + \sin\theta = F_0 \cos\theta \cos\Omega\tau \quad (9)$$

同样可以化成下面方程组:

$$\begin{cases} \dot{\theta} = \omega \\ \dot{\omega} = -2\beta\omega - \sin\theta + F_0 \cos\theta \cos\varphi \\ \dot{\varphi} = \Omega \end{cases} \quad (10)$$

可见,该复摆系统同样具备了出现混沌的两个基本条件,只要系统的参量调节适当,就可以出现混沌现象。

四、实验装置

混沌摆的实物图如图 3 所示。驱动电机速度可调,驱动盘上预留了几个与连杆固定的孔,用于改变驱动幅度。单摆的摆长可以通过旋转摆杆末端的摆球改变(100 ~ 115 mm),固定了摆球的带轴承小车在驱动盘和连杆的驱动下作往复运动,带动摆球摆动,摆角 θ 的变化范围: $-\infty < \theta < +\infty$ 。实验装置中用于采集摆角数据的是无触点角度传感器,以串口通信的方式连接计算机,

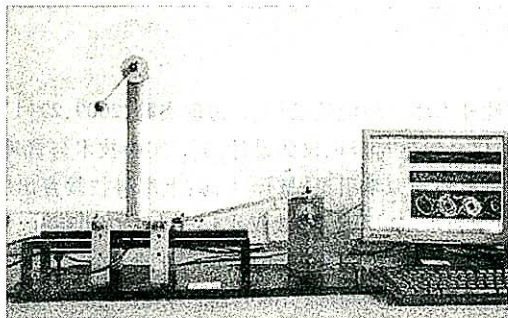


图 3 混沌摆的实物图

基于 LabVIEW 的虚拟混沌数据处理分析仪实现数据采集、计算和呈现相图(注:建立一个 $\theta\dot{\theta}$ 坐标平面,称为单摆的状态空间或相空间,每给定单摆的角位移 θ 及相应的角速度 $\dot{\theta}$,就确定了单摆的一个运动状态,便可以在相空间中找到一个对应点,这样的图叫相图)实验系统的基本构成见图 4。

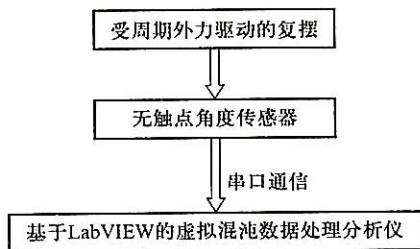


图4 实验系统的基本构成

五、实验步骤

(1) 选用数字显示电压的稳压电源,先测量一组在不同电压下驱动电机的驱动角速度 ω_d ,记录摆长。打开虚拟混沌数据处理分析仪,输入摆角静止时的参量、摆长长度数据和驱动角速度 ω_d 数据。

(2) 选定某一摆长和驱动轮的半径,依次改变不同的驱动速度,观察出现混沌的条件,观察随驱动速度不同而相图不同的混沌现象。

(3) 选定某一驱动速度和驱动轮的半径,通过改变摆长来观察相关的混沌现象。

(4) 选定某一摆长和某一驱动速度,通过改变驱动轮的半径来观察相关的混沌现象。

(5) 保存各个实验条件下的相图,根据实验条件和实验结果做比较分析。

六、思考题

(1) 试比较单摆的振动方程与受驱动的混沌摆的动力学方程,分析它们的物理意义以及产生混沌的条件。

(2) 试比较分析单摆的相图与本实验混沌摆的相图,理解用相图分析非线性运动规律的优越性。

七、参考资料

- [1] 程敏熙,曾碧芬,等. 周期性外力驱动的混沌摆[J]. 物理实验,2009,29(1):7-13.
- [2] 曾碧芬,程敏熙. 虚拟混沌信号发生与辨识仪的设计[J]. 实验技术与管理,2008,25(4):48-51.
- [3] 郝柏林. 从抛物线谈起——混沌动力学引论[M]. 上海:上海科技教育出版社,1993.
- [4] 陈士华,陆君安. 混沌动力学初步[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1998.
- [5] 刘君华. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [6] 常树人,吕可诚. 浅说“混沌”[J]. 大学物理,1999,18(9):32-35;1999,18(10):39-42;1999,18(11):36-38.
- [7] 李曙华. 从系统论到混沌学[M]. 桂林:广西师范大学出版社,2002.

-
- [8] 龙运佳. 混沌振动研究方法与实践[M]. 北京:清华大学出版社,1996.
- [9] 侯国屏,王琄,叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [10] 黄润生. 混沌及其应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001.
- [11] 杨家富,杨家宽. 试论混沌理论对现代科学技术的影响和作用[J]. 南京林业大学学报(人文社会科学版),2003(9):20-26.

实验 53 相位物体成像方法的实验研究

华南师范大学物理学科基础实验教学示范中心 黄佐华

在生物学、医学、材料科学、凝聚态物理学和空气动力学等领域,广泛地存在着—类高度透明的样品,它们对光的振幅吸收均匀但折射率或者厚度分布不均,因而当光通过这类物体时,强度不发生变化,只有相位受到调制。由于人眼的特殊生理性质和各种感光材料的特性,使得它们只能感应光强度和波长的变化,而无法观测或显示相位的分布。这类物体就是相位物体。传统的纯相位物体成像及显示技术主要采用相—幅转换技术来实现相位可见。纯相位物体的显示与成像方法有多种方法,如相衬法、暗场法、纹影法和微分干涉相衬法、双点光源干涉测量与扫描成像法等,这些方法各有特点。

一、实验目的

熟悉相衬法及暗场法的基本原理,学会应用它们实现相位物体成像或显示;了解双点源干涉测量与扫描成像法实现相位物体成像的原理及过程;了解相位板的制作;探讨相位物体成像方法在液体超声光栅显示中的应用。

二、实验原理

1. 相衬法及暗场法

为了讨论方便,引入像的反衬度概念,表征图像光强度分布的对比程度,是衡量图像被观察到或被清晰分辨的一个量,其定义式为

$$r = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min}) \quad (1)$$

易见 $0 \leq r \leq 1$ 。当 $r=0$ 时,人的眼睛将无法区分像与背景,当然也就不能看到物体的像。

相衬法和暗场法是用来观察相位物体的特殊方法,能够把相位物体所产生的相位转换为像的振幅差,即实现相—幅转换,相位物体像的反衬度从零变至不为零,从而使相位物体变为可见。

图 1 是相衬法实现相位物体相—幅转换的原理图。设平面平行玻璃板 P 中有一个厚度为 e 的小区域 A,其折射率 n 与 P 中其余部分的折射率 n' 略有不同。穿过 A 的光线与不穿过 A 的附

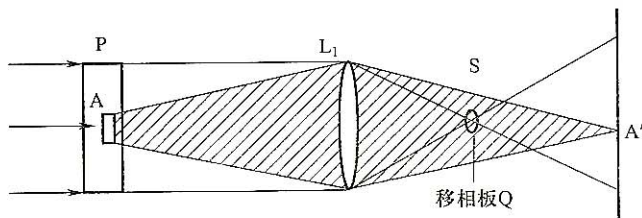


图 1 相衬法实现相—幅转换的原理图

近任一光线间的光程差为 $\Delta = (n - n')e$, 其相应相位差为 $\phi = 2\pi\Delta/\lambda$ 。由于折射率差 $(n - n')$ 极小, 故 Δ 和 ϕ 都是极小的量。这样, 包含了区域的 A 的物体 P 就是由光程差 Δ 或相位 ϕ 所表征的相位物体。

一束单色平面光波垂直透射玻璃板 P, 通过玻璃板及透镜后会聚于透镜的焦点 S 处, 该处平面即为焦平面, 也称为频谱面。继而在 A' 的像处扩散开来, 而 A 的细节则使光发生衍射, 这种衍射光被透镜会聚于 A' 内。因此, 像 A' 是由产生相干背景的直射光及反映 A 的细节的衍射光干涉而成。像的复振幅可写为 $e^{i\phi}$, 故由式(1)得到像点 A' 的反衬度为零, 无法把相位物体的像与背景加以区别。考虑到 ϕ 远小于 1, 则像 A' 处的复振幅 $e^{i\phi}$ 可展开为

$$e^{i\phi} \approx 1 + i\phi \quad (2)$$

式中的第一项代表直射光, 第二项 $i\phi$ 代表衍射光。

在透镜的焦点 S 处置一块很小的移相板 Q, 会聚于 S 点的直射光将全部通过 Q; 而衍射光在 S 点附近则是发散的, 故可忽略 Q 对衍射光的影响。如果使移相板 Q 的光学厚度为 $\lambda/4$, 即令通过 Q 的直射光相对于通过 Q 以外区域的衍射光位相滞后 $\pi/2$, 则像 A' 处的复振幅变为

$$e^{-i\pi/2} + i\phi = e^{-i\pi/2}(1 - \phi) \quad (3)$$

考虑 ϕ 很小, 像强度为

$$I_A = [e^{-i\pi/2}(1 - \phi)][e^{i\pi/2}(1 - \phi)] = (1 - \phi)^2 \approx 1 - 2\phi \quad (4)$$

由上式可见, 相位物体的相位分布已转换为像的强度分布(或振幅分布), 且像的强度分布与物的相位分布呈线性关系, 可得到像的反衬度为 $r \approx \phi$ 。这样, 反衬度不再为零, 可以看到相位物体, 但由于 ϕ 很小, 像的反衬度也较小。

为了提高相衬法像的反衬度, 使用有吸收的相板。设相板 Q 有一定的吸收而使直射光强度降低至原值的 $1/N$, 则像的强度为

$$I_A = (1/\sqrt{N} - \phi)^2 \approx (1 - 2\phi\sqrt{N})/N \quad (5)$$

因此, 像的反衬度为 $r \approx \phi\sqrt{N}$ 。即可把反衬度提高到无吸收移相板时的 \sqrt{N} 倍, 而像强度分布仍与物相位分布呈线性关系。这是现代相衬显微镜常用的技术。

如果用一不透明小圆板代替移相板来挡住全部直射光, 这样, 像 A' 的复振幅为 $i\phi$, 强度为 $I_A = \phi^2$, 像的反衬度为 $r = 1$ 。这种方法称为暗场法, 可惜由于 ϕ 很小, ϕ^2 更小, 故像的强度较弱。

2. 双点源干涉测量与扫描成像法

传统相位成像技术很难对纯相位物体进行定量测量, 一种相位物体成像的新技术——干涉测量与扫描成像技术能实现对相位物体进行定量测量及相位分布重构成像, 图像显示有多种形式, 如假彩色、灰度和三维图形。

相位物体的双点源光干涉测量与扫描成像方法的光路如图 2 所示, 实质为杨氏干涉。图 2 中 F 为样品台平面, 两点源 S_1 和 S_2 之间的距离为 S , L 为两点源到观察点 P 所在平面 I 的垂直距离, 中间虚线为中轴线, D 为观察点 P 到中轴线的距离。

由杨氏干涉相关理论容易得到

$$\theta = \begin{cases} \pm 2k\pi, & P \text{ 为光强极大值} \\ \pm (2k - 1)\pi, & P \text{ 为光强极小值} \end{cases} \quad (6)$$

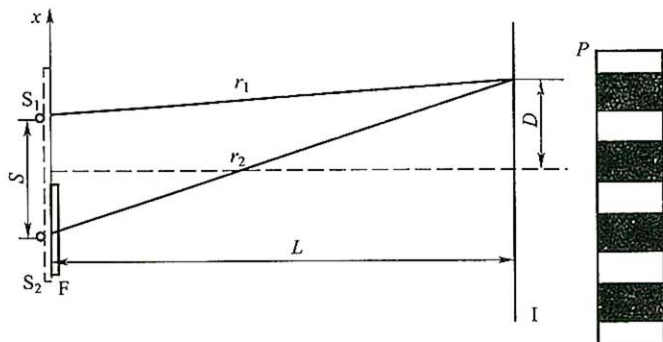


图2 双点源干涉测量与扫描成像原理图

$$D = \begin{cases} \pm k \frac{L}{S} \lambda, & P \text{ 为光强极大值} \\ \pm \frac{(2k-1)}{2} \lambda, & P \text{ 为光强极小值} \end{cases} \quad (7)$$

$$T = \frac{L}{S} \lambda \quad (8)$$

在上述三式中, k 为整数, λ 是两个相干点光源的波长, θ 为 S_2 与 S_1 在 P 点的相位差, D 是在像面 I 上某条纹中心也就是光强极大值的位置, T 是干涉条纹间距, 也就是条纹周期。

若在玻璃表面一半面积放有相位物体如图2所示, 则 S_1 到 P 点的光程不变而 S_2 到 P 点的光程发生改变, I 平面内的干涉条纹结构不变但必定会发生位移。只考察明纹中心的情况, 由式(6)和(7)消去 k 得

$$D = \frac{\theta}{2\pi} \times \frac{L}{S} \lambda \quad (9)$$

式(8)代入式(9)得

$$D = \frac{\theta}{2\pi} \times T \quad (10)$$

如图2所示, 样品台平面位于 S_1 与 S_2 所在的平面 F , 取样品台平面为 xy 坐标系, x 方向在纸面内, y 方向垂直于纸面。设样品台上的相位物体的相位分布为 $\phi(x, y)$, 表示光先后未通过和通过相位物体引起的相位变化。由于 S_1 为参考点源, 其相位始终保持不变, 而 S_2 点位于相位物体内, 若物体很薄, 则 S_2 与 S_1 在 P 点的相位差就是 $\theta + \phi(x, y)$ 。 P 为光强极大值时, 由式(10)得明纹中心的位置 D' , 它是与物体表面的位置 (x, y) 有关的量, 表示为

$$D'(x, y) = \frac{\theta + \phi(x, y)}{2\pi} T \quad (11)$$

式(11)与(10)相减得到明纹中心的位移

$$\alpha(x, y) = D'(x, y) - D = \frac{T}{2\pi} \phi(x, y) \quad (12)$$

上式可改写为

$$\phi(x, y) = 2\pi \frac{\alpha(x, y)}{T} \quad (13)$$

由式(12)和(13)中得到:

- (1) 明纹中心位移 $\alpha(x, y)$ 的分布反映了物体的相位分布 $\varphi(x, y)$;
- (2) 条纹位移大小与物体相位大小呈线性关系;
- (3) 实现对相位物体各点的相位分布定量测量。

可见,通过测量样品各点相应的干涉条纹位移就可以得到物体的相位分布。因此,要得到整体的相位分布,必须对相位物体进行扫描,得到每一点的位移量大小 $\alpha(x, y)$,然后计算出每一点的相位大小 $\varphi(x, y)$,经过计算机处理后就可以通过图像还原样品的相位分布或实现纯相位物体的重构成像。

三、实验装置

1. 相衬法及暗场法实验光路

本实验采用如图 3 所示的实验光路,称为相干光学成像系统,其中:S 为激光光源; L_1 为扩束镜; L_2 为准直镜; L_3 为傅里叶变换透镜,获得相位物体的频谱; L_4 为傅里叶变换透镜,使频谱逆变换为原物的像; P_1 为输入平面,放置被处理的物体; P_2 为频谱面,该处的光强分布即为物体的频谱,相板放在此平面上; P_3 为输出面,在此处得到处理后的相衬图像,各平面与透镜 L_3, L_4 的距离均为透镜的焦距 f ,该系统又称 $4f$ 系统。在实际的实验操作中,也可以取消透镜 L_4 ,成像过程更加方便,而且像的大小可以调节。

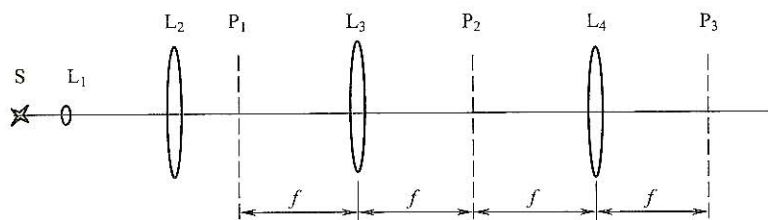


图 3 相位物体成像系统

2. 光路调整的要点

各光学元件共轴,照射到物面上的光束为平行光,相板在物体的频谱面上,像屏调节在成像清晰的位置。

(1) 利用带十字的光靶,调节激光器支架使激光器发出的激光束与光具座导轨平行。这一步的调节要细心和准确。

(2) 各光学元件的调节,以调整好的激光器和光靶为基准,调节各元件的位置使之共轴。

(3) 平行光的调节,可把一束细的激光束变为具有较大截面的平行光,按照上图 L_1, L_2 两个透镜位置的摆放。其中 L_1 为焦距很短的凸透镜或显微物镜,其作用是把激光束聚为一点再发散为球面波。 L_2 把这束发散的球面波变为平面波,即当 L_1 与 L_2 的焦点重合时, L_2 出射的是平行光。

3. 双点源干涉测量与扫描成像实验系统

实验系统组成具体分为三部分:光路部分,扫描平移台和条纹图像采集部分。图 4 是相位物体的干涉测量和扫描成像系统的整体组成图。

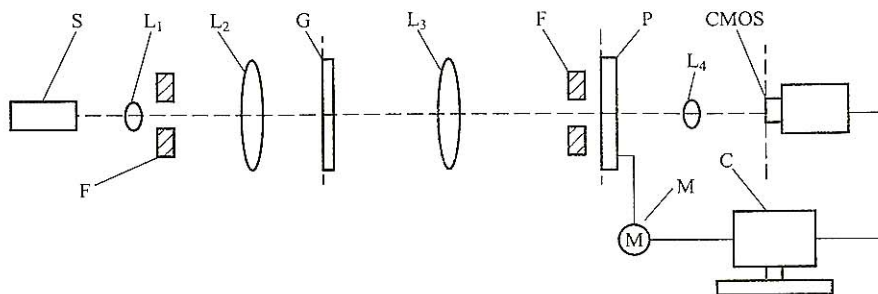


图4 干涉测量和扫描成像系统组成

S—激光光源;L₁—扩束镜;L₂—准直镜;G—光栅;L₃—透镜;F—光阑;

P—相位物体;L₄—成像透镜;CMOS—CMOS 摄像机;M—步进电机;C—计算机

如图4所示,先调节各元件共轴,光源为 He-Ne 激光器 S,单色光经过小凸透镜 L₁ 扩束,经过一个针孔滤波器 F 实现低通滤波,再经过准直镜 L₂ 形成平面光;一维光栅 G 被平行单色光照射,经过成像透镜 L₃ 在焦平面 F 上形成一排极大点,在其焦平面上放光阑 F 让两极大光点通过,极大点穿过由扫描平移台带动的载玻片上相位样品 P 后,在远处平面出现双光束干涉条纹区,在干涉区放置接收条纹的 CMOS 摄像机,获取相位物体某点对应的干涉条纹图像。

四、实验内容及步骤

1. 相衬法和暗场法实验

在物面放置的相位物体,在频谱面放置的相板,或中心带有小圆黑点的玻片分别做相衬法和暗场法实验,观察像面图像变化,并与未加相板时进行比较和分析。

2. 双点源干涉测量与扫描成像实验

调节好实验光路及 CMOS 采集系统,在成像透镜频谱面有由步进电机控制的两维微动平移扫描样品台,待测相位物体置于样品台上,选择让其中两个极大光点通过载玻片,调节样品位置,先后获取其中一个极大光点没有通过和通过样品时的干涉条纹图像,通过图像处理软件,对比求出两幅条纹图像之间的条纹位移量 α ,再测量条纹的间距 T ,就可以利用式(13)求出该点的相位大小;逐点扫描相位物体,求出所测区域各点的相位,再利用图像处理技术,就可以实现相位物体相位分布的重构和显示。

3. 相板的设计制作及检测

利用全息干板制作不同透过率及相移量的位相板,用于相衬成像实验,比较不同相板参量对相衬像反衬度的影响。先对干板进行分段曝光,测量相板的透过率,得到不同参量的相板,采用双点源干涉测量与扫描成像系统对选定透过率的相板进行相位检测,可以得到满足设计的相板。

4. 超声光栅结构的实时显示或成像

可以把超声光栅看成纯相位物体,用相衬法和暗场法对其进行实验显示。先制作水池,再放进超声换能器,形成液体超声光栅。本实验既可以对超声的频率或声速进行测量,也可研究液体的特性,如浓度、折射率等。

五、思考题

- (1) 试分析任意相位物体相衬成像的反衬度与何因素有关?
- (2) 试讨论相衬法和暗场法成像特点及应用范围?
- (3) 比较相衬法成像及双点源干涉测量与扫描成像的优缺点?
- (4) 相衬成像过程应注意哪些问题?

六、参考资料

- [1] 钟锡华. 现代光学基础[M]. 北京:北京大学出版社,2003:314~323.
- [2] M. 波恩,E. 沃洱夫,杨葭荪等译,光学原理(上册)[M]. 北京:科学出版社,1978,5:554~559.
- [3] 黄妙娜,黄佐华. 相位物体的相位检测分析方法[J]. 大学物理,2009,4:6~10.
- [4] F. Zernike. Phase contrast, a new method for the microscopic observation of transparent objects[J]. Physica,1942, 9(7):686~698.
- [5] Zuo-hua Huang, Feng-chao Chen. A New Method of Scanning Image for Phase Objects[J]. SPIE,2006,6150 (30):1~5.
- [6] 陈凤超,黄佐华,李榕. 干涉直条纹周期测量及其在位相检测中的应用[J]. 激光技术,2008,32(1): 105~108.
- [7] 张虹,陈怀琳. 任意相位物体的相衬成像[J]. 物理实验,1986,6(4):160~163.
- [8] 孙维瑾,杨维坚. 相位物体的暗场成像[J]. 大学物理实验,1994.12,(7)4:7~9.
- [9] 唐福元. 泽尔尼克与相衬显微镜[J]. 物理与工程,2004,14(4):45~47.
- [10] 张坤明,赵端程,梁瑞生. 信息光学[M]. 广州:华南理工大学出版社,1993,134~140.