

关于基础物理实验教学的模式思考与改革探索

历史、现实与挑战

探索研究型的基础物理实验教学模式

北京大学物理学院基础物理实验教学中心 李智

(研究会常务理事会2019会议, 西南交通大学)

一、概述

我们的团队与任务

共16人 { 专职实验教师：9人（3教授+6副教授），教学
 { 工程技术人员：7人（1高工+6工程师），教辅

- (1) 教学工作：专职教师工作量大于教研系列人员的两倍工作量。
- (2) 组织教学：每年百人次的兼职教员。
- (3) 课程建设：教材、实验室、仪器设备、教学改革。

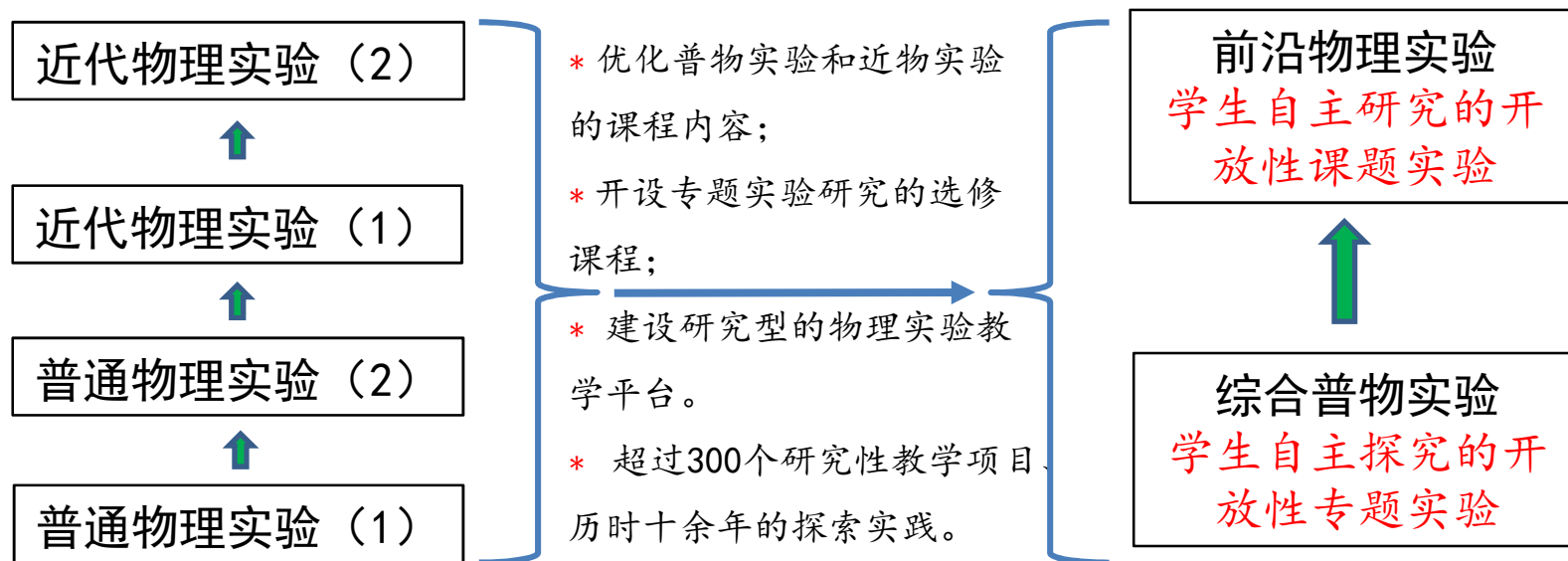
学生 { 物理类：两学期普物（128学时）+两学期近代（128学时）
 { 非物理类：一学期基础实验（64学时）

我们的课程与改革实践

普通物理实验：国家级精品课、国家级精品资源共享课

近代物理实验：国家级精品课

面向物理学研究的前沿，审视和发展物理实验教学



将科研模式转化为教学模式，引入“强化学生自主探究”的“开放性实验”教学。

二、发展历程

北大物理实验教学的传统与变革

1952年院系调整，学习苏联教学经验，确立物理实验教学模式：

- 教学目的：

“介绍给学生用实验的方法研究物理学”

- 教学体系：

“普通物理实验→专门物理实验→专门化物理实验”

- 教学组织单位：“教学研究室”，简称“教研室”

普通物理实验 → 专门物理实验 → 专门化物理实验

(1952-1956)



中级物理实验

(1956-1966)



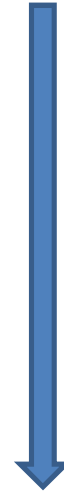
近代物理实验

(1978-至今)

与时俱进，
优化更新



宽口培养，
淡化专业



1978年后：普通物理实验+近代物理实验



普通物理实验

出版了全国第一本普通物理实验教材（1981年）。
1989年国家级优秀教学成果特等奖。2006年国家级精品课。
2014年升级为国家级精品资源共享课。



近代物理实验

出版了全国第一本近代物理实验教材（1986年）。

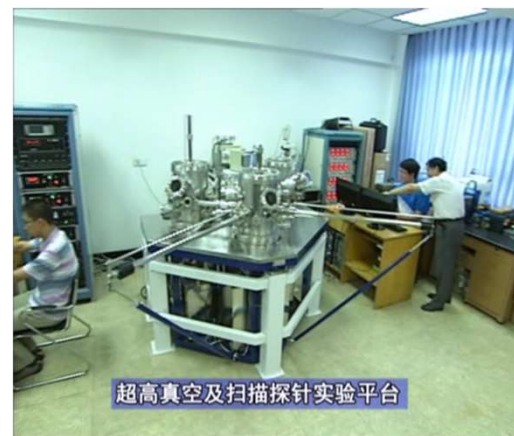
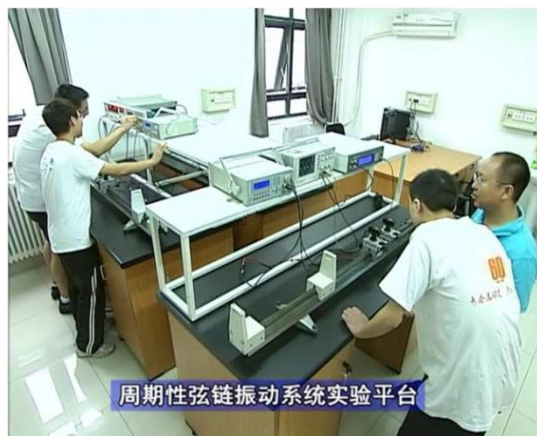
1993年国家级优秀教学成果一等奖。2003年国家级教学名师奖（吴思诚）。2007年国家级精品课。

科研对教学的影响

科研，特别是本科生科研，倒逼实验教学的改革与创新

- 科研引领教学，势在必行
- 站在科研高端，开展实验教学
- 面向科学研究，梳理教学体系

研究型创新实验教学平台建设

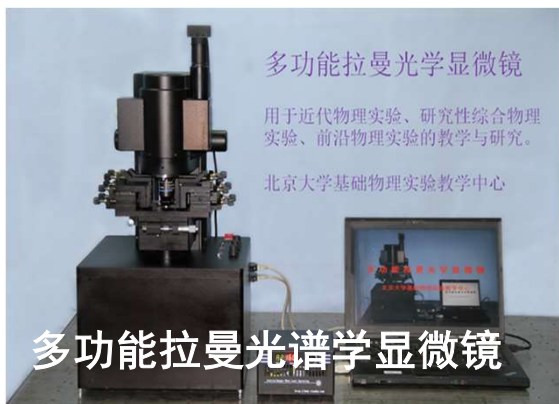


改造、购置、自建科研级大型设备， 深化研究性物理实验教学，强化科研引领教学的理念

购置：



自建：



2016年获得第九届全国高校物理实验教学研讨会**实验仪器评比一等奖**

综合物理实验题目总汇

开课时间	实验题目	指导教师	选课学生
01 年秋	测量 PIN 光电二极管的光谱特性和量子效率	张浩天	王锡华 林国基
01 年秋	计算机 I/O 接口实验	张浩天	刘丹 高锦华
01 年秋	计算机串行口数据传送与处理	张浩天	路欣 胡涛
01 年秋	用光电开关制作条形码读出器	张浩天	陈亦飞 施展
01 年秋	用光电开关测量人体心率波形分析	张浩天	方文娟 李犁
01 年秋	数字合成任意波形信号发生器	张浩天	李树伽 郝庆

开课时间	实验题目	指导教师	选课学生
01 年秋	02 年秋 激光窃听	陈凯旋	石鹏博 赵亮
01 年秋	02 年秋 光纤光学及光纤通信	陈凯旋	田应翔 彭超
01 年秋	02 年秋 体全息及透明物体的全息摄影	陈凯旋	安然
01 年秋	02 年秋 石墨烯的制备与性能研究	冯庆荣	戴昱 姚中元
01 年秋	02 年秋 05 年秋 MgB_2 超导样品的研究	冯庆荣	冯庆荣 戴昱 姚中元
01 年秋	02 年秋 05 年秋 $YBaCuO_x$ 氧气处理时的高温 R-T 关系研究	冯庆荣	冯庆荣 戴昱
01 年秋	02 年秋 05 年秋 MgB_2 超导样品的影响	冯庆荣	冯庆荣 王晨
01 年秋	02 年秋 05 年秋 普物光学实验	张朝晖	郑加贝
01 年秋	02 年秋 05 年秋 对流传热	周路群	徐志明
01 年秋	02 年秋 05 年秋 颗粒物质	周路群	熊邦国 朱晋玄
01 年秋	02 年秋 05 年秋 MgB_2 超薄膜	冯庆荣	李东耀 林智远

01 年秋	测量
01 年秋	超薄
01 年秋	计算
01 年秋	物理
01 年秋	闪光
01 年秋	动
01 年秋	基
02 年秋	相
02 年秋	非
02 年秋	动
02 年秋	各
02 年秋	磁
02 年秋	P 型
02 年秋	声
02 年秋	心
02 年秋	扫
02 年秋	程
02 年秋	六
02 年秋	扇

普通物理实验层次的“研究型课题实验”

开课时间	实验题目	指导教师	选课学生
01 年秋	03 年秋 磁性材料	杜红林	洪凌宇 唐鹏
01 年秋	03 年秋 06 年秋 普物光学实验	张朝晖	贺卓然
02 年秋	03 年秋 07 年秋 普物光学实验	张朝晖	郑加贝
02 年秋	03 年秋 07 年秋 普物光学实验	张朝晖	周权
02 年秋	03 年秋 07 年秋 普物光学实验	张朝晖	谢东霖
02 年秋	03 年秋 07 年秋 颗粒物质	周路群	熊邦国 朱晋玄
02 年秋	04 年秋 07 年秋 弦振动	荀坤	毕震
02 年秋	04 年秋 07 年秋 光子晶体材料制备	赵子强	吕程
02 年秋	04 年秋 08 年秋 磁性材料	杜红林	曹霆
02 年秋	04 年秋 08 年秋 磁性材料	杜红林	刘晓萌
02 年秋	04 年秋 08 年秋 磁性材料	杜红林	洪凌宇
02 年秋	04 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年春	表面等离激元
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年春	微米颗粒的激光操控
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	金针尖制备和针尖增强拉曼光谱
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	液晶斑图
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	全息光镊
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	一维球链振动模式的研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	PIN 半导体光电探测器的研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	粘滞溶液法拉第现象中的半频现象研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	微米颗粒的激光操控研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	振荡体系中沙堆角的研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	微米颗粒的激光操控研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	紧束缚近似下的弦球链系统
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	11 年秋	非整数周期弦球链系统的振动模
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	振动的轴承钢珠在弱磁场中的类相变现象
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	节拍器同步问题研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	相位型光调制器实现的全息光镊
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	用感光铝板制备光学衍射光栅的研究
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	磁性小球的磁性质及其在
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	磁性小球的磁性质及其在
02 年秋	05 年秋 08 年秋 磁性材料	12 年春	超高真空拉曼光谱仪的调试与应用；不同激发波长下石墨的拉曼光谱测量

研究型课题实验 (2012 年秋—2017 年春)

12 秋	学生	导师	课题方向	奥亚竞赛
张雪萌	周路群	周路群	法拉第堆的相关研究	√
戴极	周路群	周路群	振荡系统下的粘滞流体对流传热研究	√
吕廷博	周路群	周路群	对流传热移动原因的半定量研究	√
周楠	周路群	周路群	一维非线性系统表面驻波现象研究	√
14 春	学生	导师	研究题目	奥亚竞赛
王贺明	李智	李智	金属/介质/空气结构中的准柱面波研究	√
章逸飞	李智	李智	金属/介质/空气结构中的准柱面波研究	√
宋雪洋	李智	李智	非对称双槽结构对表面等离激元的单向激发	√
张正兴	李智	李智	非对称双槽结构对表面等离激元的单向激发	√
蔡之远	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	(PTI)	√
潘学海	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演对称的拓扑光子晶体 (PTI)	√
李佳宸	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演不变性破坏的拓扑光子态	√
沈学问	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演不变性破坏的拓扑光子态	√
赵今超	杨景	杨景	L 型孔天线的单向激发研究报告	√
路裕焜	杨景	杨景	L 型孔天线的单向激发研究报告	√
鲁双源	杨景	杨景	U 型纳米光学天线特性研究	√
李克谦	杨景	杨景	L 型纳米天线阵列的方向性激发	√
刘金龙	张朝晖	张朝晖	多功能拉曼光学显微镜中 TERS 针尖的制备	√
林子阳	张朝晖	张朝晖	多功能拉曼光学显微镜中 TERS 针尖的制备	√
17 春	学生	导师	研究题目	奥亚竞赛
李佳宸	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演不对称型拓扑光子晶体研究	√
沈学问	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演不对称型拓扑光子晶体研究	√
李浩川	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演对称的拓扑光子晶体	√
蔡之远	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	时间反演对称的拓扑光子晶体	√
潘学海	李智、廖慧敏	李智、廖慧敏	空间性拓扑光子晶体 PTI	√
赵今超	杨景	杨景	L 型孔天线的单向激发特性研究	√
路裕焜	杨景	杨景	L 型孔天线的单向激发特性研究	√
鲁双源	杨景	杨景	U 型纳米光学天线特性研究报告	√
李克谦	杨景	杨景	L 型纳米天线阵列定向激发	√
刘金龙	张朝晖	张朝晖	多功能拉曼光学显微镜的应用	√
林子阳	张朝晖	张朝晖	多功能拉曼光学显微镜的应用	√

近代物理实验课-大实验题目总汇

开课时间	实验题目	指导教师	选课学生		
02 年秋	多层膜的制备和 x 射线衍射分析	苟坤	赵北北 贾琦		
02 年秋	卢瑟福背散射分析薄膜成分	苟坤	蔡金明 李亮		
02 年秋	高温超导样品制备过程中热电势的测量	冯庆荣	周卓为 周良玉		
02 年秋	高温超导样品制备过程中电导率的测量	冯庆荣	陈鑫 詹凯		
02 年秋	?	杜为民	张森 白凡		
02 年秋	?				
04 年秋	CVD 法制				
04 年秋	微型制				
04 年秋	理论密				
04 年秋	有机纳				
04 年秋	Raman 谱				
04 年秋	Raman 谱				
04 年秋	Raman 谱				
04 年秋	Raman 谱				
05 年秋	MgB2 超				
06 年秋	MgB2 超				
06 年秋	用热激				
07 年秋	MgB2 超				
07 年秋	纳米金				
07 年秋	ReCu2 中				
08 年秋	表面浸				
08 年秋	ZnO 纳				
08 年秋	Cs 元素				
09 年秋	GaN 基				
09 年秋	大功率				
09 年秋	二硼化				
09 年秋	YFe8-xV				
10 年秋	性测量				
10 年秋	纳米科				
10 年秋	LaAlO3/SrTiO3 界面二				
10 年秋	金属氧化物对有机电致				
10 年秋	基于介观光学结构的有				
10 年秋	MgB2 超				
10 年秋	约瑟夫				
10 年秋	薄膜场				
10 年秋	有机电				
10 年秋	非线性				
10 年秋	Rare-ree				
10 年秋	optical				
13 年秋	利用石墨烯和氧化锌复	13 年秋	石墨烯/氧化锌异质结构光电性质研究	廖志敏	陈少闻
13 年秋	多层 CVD 石墨烯的制备	13 年秋	石墨烯 PN 结的制备和物性研究	廖志敏	盛典
13 年秋	基于氧化铁纳米体系的能源转化器件研究	13 年秋	基于氧化铁纳米体系的能源转化器件研究	赵清	杨婧
13 年秋	环形硅微条探测器的性能测试	13 年秋	环形硅微条探测器的性能测试	楼建玲	黄彦琦
13 年秋	3*3 英寸 NaI(Tl) 探测器的性能测试和模拟	13 年秋	3*3 英寸 NaI(Tl) 探测器的性能测试和模拟	楼建玲	曲慧麟
13 年秋	高 Al 组分 AlGaIn 及其低维结构微结构和光学性质	13 年秋	高 Al 组分 AlGaIn 及其低维结构微结构和光学性质	许福军	宋翔宇
13 年秋	载流子通过隧道结的输运测量和统计分析	13 年秋	载流子通过隧道结的输运测量和统计分析	危健	陈一
13 年秋	3He 制冷系统外围设备的改造	13 年秋	3He 制冷系统外围设备的改造	张弛	吴蒙
13 年秋	3He 制冷系统外围设备的改造	13 年秋	3He 制冷系统外围设备的改造	张弛	柯伟尧
13 年秋	拓补绝缘体纳米样品的制备与物性	13 年秋	拓补绝缘体纳米样品的制备与物性	王健	马达
13 年秋	拓补绝缘体纳米样品的制备与物性	13 年秋	拓补绝缘体纳米样品的制备与物性	王健	宋化鼎
13 年秋	基于微纳结构的有机光电子器件研究	13 年秋	基于微纳结构的有机光电子器件研究	肖立新	孙思白
13 年秋	基于微纳结构的有机光电子器件研究	13 年秋	基于微纳结构的有机光电子器件研究	肖立新	罗巍
13 年秋	扫描近场光学显微镜研究表面等离激元的调制传播	13 年秋	扫描近场光学显微镜研究表面等离激元的调制传播	林峰	马骁
13 年秋	扫描近场光学显微镜研究表面等离激元的调制传播	13 年秋	扫描近场光学显微镜研究表面等离激元的调制传播	林峰	严梦媛

近代物理实验层次的“研究型课题实验”

前沿物理实验汇总 (2014 春季-2017 春季)

学期	学生	导师	课题名称	
14 年春季学期	程明昊	吴孝松	高真空变调电学测量系统的搭建	
	谢可平	李强	LHC 上 CMS 实验的大规模数据处理	
	朱逢源	林峰	表面等离激元全息技术研究	
	王天乐	方哲宇	金属表面等离激元增益波导及调控研究	
	叶梓丹	方哲宇	金属表面等离激元增益波导及调控研究	
	龚宗平	王健	新型拓补材料和低维超导材料的探索	
	陶星陆	肖立新	基于介观光学结构的有机发光器件	
	严乔婧	周治平	Polarization insensitive strip-slot mode converter	
	王士博	王新强	InN 量子点在高 In 组分 InGaIn 层上的 MBE 生长及其性质研究	
	邱紫薇	王新强	面向高性能光电器件的氮化物半导体量子盘结构的分子束外延生长	
14 年秋季学期	杨帆	廖志敏	拓补金属材料 Cd3As2 的制备与输运测量	
	蔡新强	张朝晖	从室温到高温, 石墨烯拉曼光谱演变的实验研究	
	罗州宸	肖立新	基于介观光学结构的有机发光器件	
	李思尘	廖志敏	拓补金属材料纳米材料的制备与物性研究	
	朱鸿轩	肖池阶	等离激元磁探针的研制及相关诊断	
	叶伟成	王新强	氮化物半导体单光子源	
	15 年秋季学期	桂贯	任泽峰	二次谐波带宽压缩
		单君翌	张家森	基于金属腔的纳米激光器研究
		宁鸿烈	王健	拓补超导体候选材料的探索
		叶伟成	王健	拓补超导体材料的制备和表征
李其楠		李焱	介电超表面诱导的内生和外生光自旋霍尔效应	
钟昕悦		肖立新	非铅钙钛矿材料	
向鹏展		廖志敏	二维材料 NbSe2 的制备和物性研究	
乔宽		马仁敏	钙钛矿光电器件研究	
曹维		陈剑豪	超薄 GaN 场效应管的磁输运测量	
刘运全			原位干涉自相关、互相关脉宽测量仪	
16 年春季学期	陈剑豪		Ti2O3 薄膜掺杂的原位输运测量	
	王健		新型拓补材料与超导材料	
	王健		铜氧化物超导材料	
	肖云峰		光学微腔对金属纳米颗粒耗散性质调制	
	肖云峰		非线性诱导的单向拉曼激光	
	江颖		THz-STM 搭建与针尖场增强机制探究	
	林熙		交流热输运中的低温温度计	
	刘运全		基于飞秒激光自相关测量的脉宽反馈控制	
	叶培		二维异质结构界面的奇异物性调控	
	吴孝松		石墨烯自旋阀器件的制备	

Efficient Directional Excitation of Surface Plasmons by a Single-Element Nanoantenna

Wenjie Yao,^{1,3} Shang Liu,^{1,2} Huimin Liao,^{1,3} Zhi Li,^{1,3} Chengwei Sun,^{1,2} Jianjun Chen,^{1,2} and Qihuang Gong^{1,2}

¹School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
²State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Peking University, Beijing 100871, China

Supporting Information

ABSTRACT: Directional research and real applica downscaled to wavelength development of optical antennas. Here, by adding single-element plasmonic efficient lowest-order antenna into inactive higher-order conversion, scattered optical utilizing the interference broadband directional excitation (SPPs) and inversion of S. The proposed strategy has optical devices, especially

KEYWORDS: nanoantenna

Nanoscale
PAPER
View Article Online
View Journal | View Table of Contents

Efficient unidirectional launching of surface plasmons by a cascade asymmetric-groove
Journal of the Optical Society of America B
OPTICAL PHYSICS

Received 14th January
Accepted 26th February
DOI: 10.1039/c5nr00000
www.rsc.org/nanoscale

Quasi-cylindrical waves on a dielectric-film-coated metal surface

Heming Wang,¹ Xin Chen,¹ Siyuan Wei,¹ Fan Yang,¹ Huimin Liao,¹ Zhi Li,^{1,3} Jianjun Chen,^{1,2} and Qihuang Gong^{1,2}

¹School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
²State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Peking University, Beijing 100871, China
³Corresponding author: z_li@pku.edu.cn

Received 14 April 2015; revised 3 June 2015; accepted 3 June 2015; posted 5 June 2015 (DOI: 10.23835); published 26 June 2015

In addition to surface pl of electromagnetic fields dielectric-film-coated m changed when the coats rapidly. These different CW waves are, respects and related analyses wit CWs. © 2015 Optical S

APPLIED PHYSICS LETTERS 105, 231101 (2014)

Unidirectional launching of surface plasmons at the subwavelength scale

Yifei Zhang,¹ Heming Wang,¹ Huimin Liao,^{1(a)} Zhi Li,^{1(a)} Chengwei Sun,^{1,2} Jianjun Chen,^{1,2} and Qihuang Gong^{1,2}

¹School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
²State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Peking University, Beijing 100871, China

(Received 1 October 2014; accepted 14 November 2014; published online 8 December 2014)



nt Unidirection
lti-Groove Stru
- Hao Liang¹, Huimin L
ng^{1,2}



IONS



ns

Broadband Surface Plasmon Polariton Directional Coupling via Asymmetric Optical Slot Nanoantenna Pair

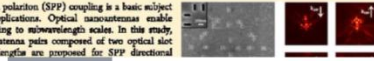
Jing Yang,¹ Xiao Xiao,¹ Chuang Hu,¹ Weiwei Zhang,¹ Shuzhang Zhou,¹ and Jiaseen Zhang^{1,2,3}

¹State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Department of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
²Collaborative Innovation Center of Quantum Matter, Beijing 100871, China

Supporting Information

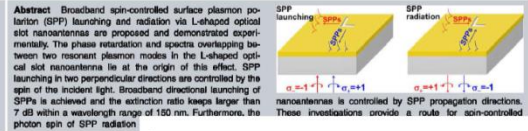
ABSTRACT: Surface plasmon polariton (SPP) coupling is a basic subject for plasmonic study and applications. Optical nanoantennas enable downscaling of the SPP coupling to subwavelength scales. In this study, asymmetric optical slot nanoantenna pairs composed of two optical slot nanoantennas with different lengths are proposed for SPP directional coupling. Broadband unidirectional excitation ratio obtained are larger than 157%. First demonstrated using the asymmetric plasmonic display device is achieved by employing an nanoantenna pairs have lot compact optical circuits and

KEYWORDS: Surface plas



LASER & PHOTONICS REVIEWS

Laser Photonics Rev. 8, No. 4, 590-595 (2014)/DOI 10.1002/lpor.201300201



Abstract Broadband spin-controlled surface plasmon polariton (SPP) launching and radiation via L-shaped optical slot nanoantennas are proposed and demonstrated experimentally. The phase retardation and spectra overlapping between two resonant plasmon modes in the L-shaped optical slot nanoantenna is at the origin of this effect. SPP launching in two perpendicular directions are controlled by the spin of the incident light. Broadband directional launching of SPPs is achieved and the extinction ratio keeps larger than 7 dB within a wavelength range of 100 nm. Furthermore, the photon spin of SPP radiation

Broadband spin launching and r nanoantennas

Jing Yang¹, Shuzhang Z

Letter
Vol. 41, No. 21 / November 1 2016 / Optics Letters 4931
Optics Letters

Plasmonic polarization nano-splitter based on asymmetric optical slot antenna pairs

Bo Chen,¹ Jing Yang,^{1,4} Chuang Hu,^{1,2} Shaoxin Wang,¹ Qiuling Wen,^{1,2} and Jiaseen Zhang^{1,2,3,5}

¹School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
²State Key Laboratory for Mesoscopic Physics, Peking University, Beijing 100871, China
³Collaborative Innovation Center of Quantum Matter, Beijing 100871, China
⁴e-mail: jingyang@pku.edu.cn
⁵e-mail: jiaseen@pku.edu.cn

Received 18 July 2016; revised 28 September 2016; accepted 28 September 2016; posted 29 September 2016 (DOI: 10.1364/OL.16111556); published 21 October 2016

Photonics (2016) 10:1551-1556
DOI: 10.1007/s11464-015-9970-4

We propose and exper polarization nano-split antenna pairs. unidirectional surface and splitting are achieved

Surface Plasmon Polariton Unidirectional Nano-Launcher Based on the Strong Coupling Effects in an Asymmetric Optical Slot Nanoantenna Pair

Wenzhuo Huang,¹ Jing Yang,¹ Xiao Xiao,¹ Jiaseen Zhang^{1,2}

Received: 29 January 2015 / Accepted: 8 May 2015 / Published online: 16 May 2015
© Springer Science+Business Media New York 2015

Abstract We investigate the strong coupling effects in asymmetric optical slot nanoantenna pairs (AOSNPs) consisting of two parallel positioned optical slot nanoantennas with different lengths and propose a surface plasmon polariton (SPP) unidirectional nano-launcher based on the strongly coupled

Introduction Surface plasmon polaritons (SPPs) are confined electromagnetic fields propagating along the metal-dielectric interface, which arise from the coupling between photons and free

通过研究型课题实验，培养了优秀本科生的科研能力，中心的年轻教员快速成长。

文章编号:1005-4642(2018)03-0024-04



以“科研引领实验教学”理念,推动物理实验 教学的改革和团队建设

李 智,张朝晖

(北京大学 基础物理实验教学中心,北京 100871)

摘 要:北京大学基础物理实验教学中心以“科研引领实验教学”理念推进科研和教学的全面融合,调整课程体系,推动物理实验教学改革,取得了较好的教学效果.

关键词:大学物理实验;教学改革;科研

中图分类号:G642.423 文献标识码:B DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2018.03.007

1、挑战与机遇

2、探索与实践

3、成效与展望

传
基本理
系列的

学模式
的科研,
学进行

三、新的探索

新的问题

上限很高，
下限如何保证？

基本教学
质量有保证

创新教学

传统教学

平衡

教学理念、教学模式、教学体系

综合普物实验课程简介

(一) 课程理念

综合普物实验力求突出其课程内容的综合性，这不仅包括基础物理和技术的综合，也包括基础物理与前沿应用的融合。

综合普物实验力推学生自主实验的开放研究模式，教员退居后台，通过编写的实验辅助教程和面谈交流，引导学生尽可能地进入一个个复杂的实验环节，最后完成丰富的实验内容，并且争取有所创新。

(二) 实施方案

1. 综
2. 实
3. 该
4. 成
5. 学
6. 人
7. 课
8. 半
9. 于
10. 期

“综合普物实验”课程的理念、模式和教学实践

面向普通物理实验（1）成绩优秀的学生，按学生意愿由高分到低分录取，实录上课人数不超过上普通物理实验（1）总人数的15%。

5. 关
6. 课
7. 程
8. 考
9. 核
10. 实
11. 验
12. 室
13. 成
14. 绩
15. （
16. 40%
17. ）
18. +
19. 面
20. 谈
21. 成
22. 绩
23. （
24. 20%
25. ）
26. +
27. 论
28. 文
29. 报
30. 告
31. 成
32. 绩
33. （
34. 20%
35. ）
36. +
37. 口
38. 头
39. 报
40. 告
41. 成
42. 绩
43. （
44. 20%
45. ）
46. 。
47. 实
48. 验
49. 室
50. 成
51. 绩
52. 由
53. 实
54. 验
55. 室
56. 技
57. 术
58. 人
59. 员
60. 给
61. 出
62. ，
63. 面
64. 谈
65. 成
66. 绩
67. 由
68. 和
69. 学
70. 生
71. 面
72. 谈
73. 的
74. 教
75. 员
76. 给
77. 出
78. ，
79. 两
80. 者
81. 最
82. 后
83. 的
84. 成
85. 绩
86. 分
87. 别
88. 是
89. 6
90. 组
91. 实
92. 验
93. 得
94. 分
95. 的
96. 平
97. 均
98. 值
99. 。
100. 两
101. 个
102. 报
103. 告
104. 的
105. 成
106. 绩
107. 分
108. 别
109. 是
110. 所
111. 有
112. 教
113. 员
114. 打
115. 分
116. 的
117. 平
118. 均
119. 值
120. 。
121. 最
122. 终
123. 的
124. 学
125. 习
126. 成
127. 绩
128. 登
129. 录
130. 到
131. 普
132. 通
133. 物
134. 理
135. 实
136. 验
137. （
138. 2
139. ）
140. 。

确定选课学生在期中和期末分别提交书面报告的天数。一般情况下，期中要有期末提交书面报告和口头报告的人数各占一半。所有参与该课程教学的教员将对所有论文报告和口头报告独立打分。

6. 课程考核：实验室成绩（40%）+ 面谈成绩（20%）+ 论文报告成绩（20%）+ 口头报告成绩（20%）。实验室成绩由实验室技术人员给出，面谈成绩由和学生面谈的教员给出，两者最后的成绩分别是6组实验得分的平均值。两个报告的成绩分别是所有教员打分的平均值。最终的学习成绩登录到普通物理实验（2）。
7. 每组实验都具有综合性的实验内容。

(三) 实验项目

本学期开设以下6组实验：

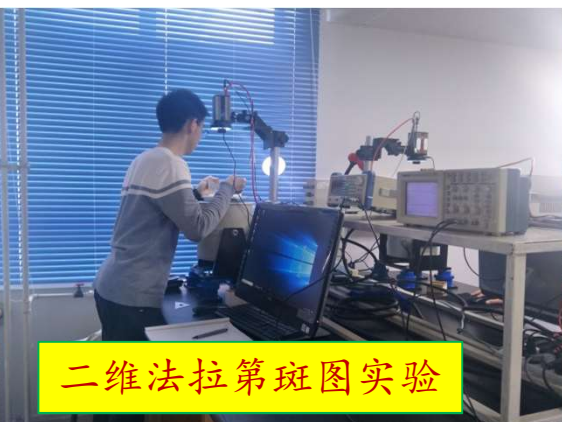
- (1) 光学成像与光信息处理；
- (2) 迈克耳逊干涉仪与光学相关测量；
- (3) 基于虚拟仪器技术的弗兰克-赫兹实验；
- (4) 光力学效应及光镊实验；
- (5) 一维周期弦链系统振动模研究；
- (6) 二维法拉第斑图实验观察与研究。

面向优秀学生开课

学生自主探究的开放性专题实验，没有教员现场指导



基于虚拟仪器技术的F-H实验



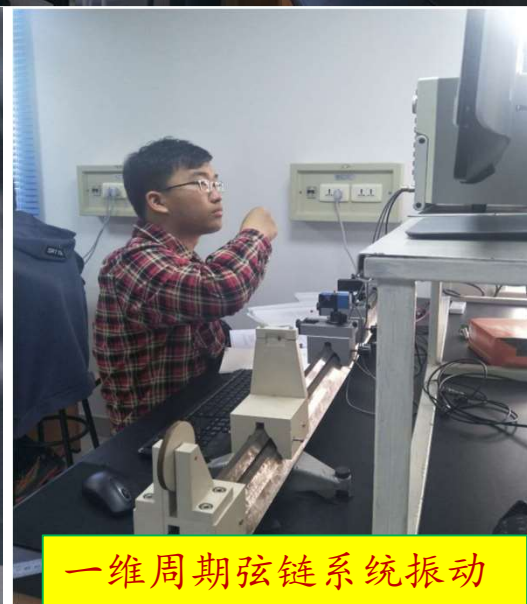
二维法拉第斑图实验



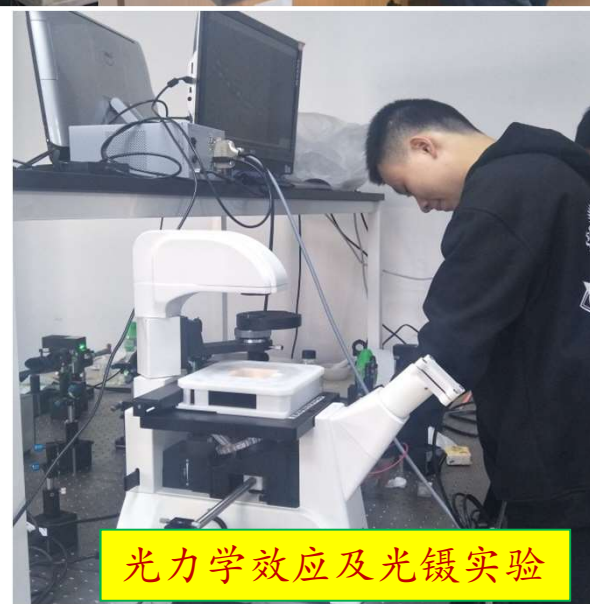
光学成像与光信息处理



迈克耳逊干涉与相关测量

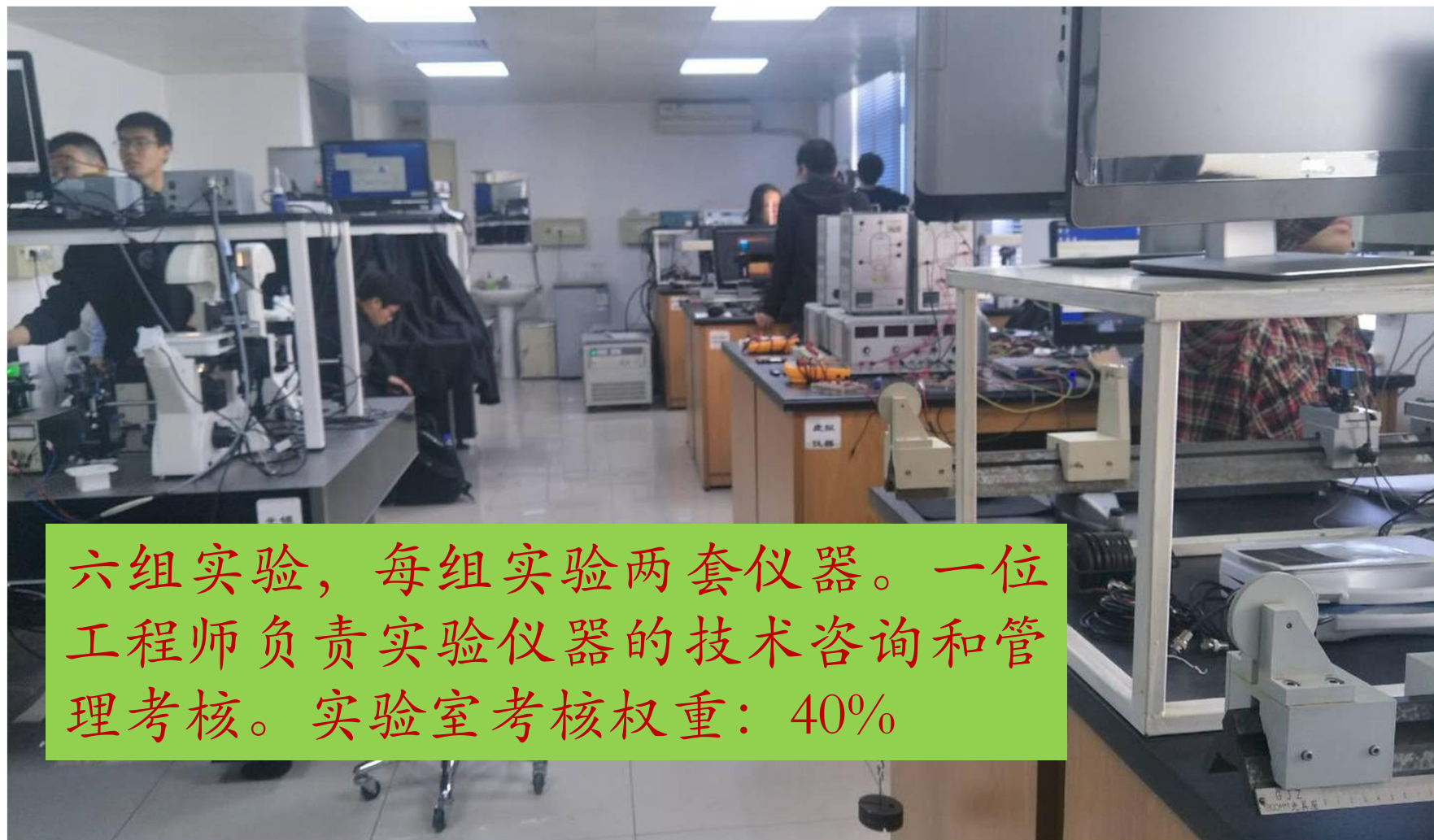


一维周期弦链系统振动



光力学效应及光镊实验

所有实验在一个实验室循环进行，鼓励学生相互交流



六组实验，每组实验两套仪器。一位工程师负责实验仪器的技术咨询和管理考核。实验室考核权重：40%

教员如何指导学生的实验？

- ✓ 提供基本的实验参考资料（没有教材）。
- ✓ 一对一面谈交流，解决问题，考核完成实验的情况。
- ✓ 出席期中、期末的口头报告会，对每位学生的口头做成绩评定。
- ✓ 阅读期中、期末的书面论文，对每位学生的书面论文做成绩评定。

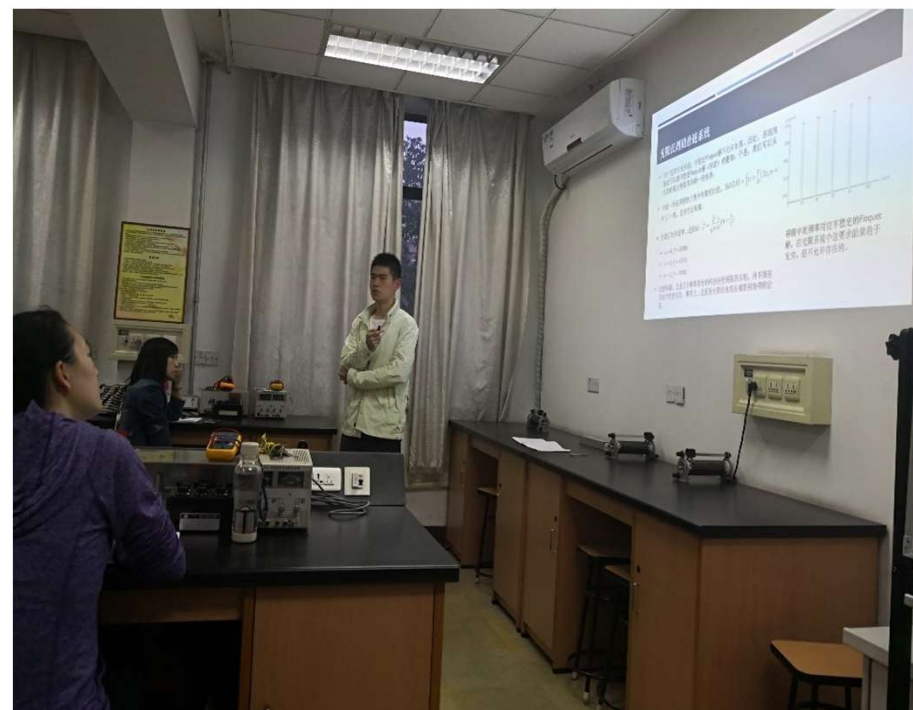
面谈指导很重要！

学生每两周完成一个实验，每周实验后必须与教员有一次面谈。面谈考核成绩：12次面谈成绩的平均值。考核权重：20%。


专题研究，口头报告：

期中一次，12/24人；期末一次，12/24人。按学术报告的规范，要求学生报告就课程实验相关的一个问题所做的深入研究，15分钟报告+5分钟提问。

考核权重：20%。



Attempts to Capture
Nodes & Antinodes
of Faraday Pattern



欧阳筱羿 1600011385

Quantifying Faraday Pattern and Onset Region of Fluid
with NMF and 2PCF Algorithms

Jiaxuan Li¹, Xiaoyi Ouyang²

¹Department of Astronomy
Peking University

²School of Physics
Peking University

Advanced Physics Experiment
June 12th, 2018

探究弗兰克-赫兹实验中温度参量对极板
电流的影响及其机理

物理学院 赵彤阳
2018/06/16

低浓度下浅层法拉第斑图的
探究

曹清霖

激光标定的傅里叶变换光谱仪
一种有效减少相位噪声的手段

茆峻 1600011373@pku.edu.cn

2018年6月16日

低频条件下的法拉第斑图选择问题研究

元瑞时¹

¹北京大学物理学院
1600011445

合作者: 王海飙
指导老师: 周路群老师 王伟老师

2018.06.16

实验结果优化和白光干涉的应用
——迈克耳逊干涉仪与光学相关测量

地球与空间科学学院
侯传鹏
2018.6.16

采样定理
在光信息处理中的应用

报告人: 乔天宇 指导教师: 张朝晖
北京大学物理学院
2018-6-16

Modeling and Simulation of
Franck-Hertz Experiment

Reporter: Chen Yingtian Instructor: Li Zhi

专题研究，书面论文：

期中一次，12/24人；期末一次，12/24人。按学术论文的规范，要求学生就课程实验相关的一个问题做深入研究，提交一篇研究论文。考核权重：20%。

低频条件下的法拉第波图选择问题研究

齐瑞时¹, 王海毅¹, 王伟³, 周路群⁴
(1,4 北京大学物理学院, 北京 100871)

摘要: 在一定条件下, 非牛顿流体在周期性驱动力作用下自由表面会产生稳定的驻波图样, 即法拉第波。本文以圆筒形非牛顿流体的实验为研究对象, 探究了低频条件下的图样选择问题。实验中利用高速摄像机拍摄非牛顿流体所在的平台, 并通过高速摄像机拍摄法拉第波图样, 实验结果显示, 在一定的参数条件下, 当周期性驱动力大于表面出现的图样时, 形成的图样往往仅分布于容器的“赤道”上, 随着驱动力幅度的增大, 所形成的波数增加; 随着稳定性条件变化, 图样分叉表明, 这一现象是表面驻波色散关系和容器边界条件共同作用的结果。
关键词: 法拉第波; 色散关系; 图样选择问题
中图分类号: O4-3 文献标识码: A

Research of pattern selection in Faraday waves at lower frequencies

QI Rui-shi¹, WANG Hai-yi¹, WANG Wei³, ZHOU Lu-qun²
(1-4 School of Physics, Peking University, Beijing, 100871, China)

Abstract: Under certain conditions, specific standing-wave patterns will form on the free surface of non-Newtonian fluid when subjected the fluid to a vertical oscillation; these patterns are called Faraday patterns. In this experiment, we took the xanthan gum solution in a cylinder container as the research object, and pattern selection problem at lower frequencies was explored. We used a vibration exciter to drive the platform which the vessel is placed on and a high-speed camera to catch the image of the Faraday patterns. The experimental results showed that under certain parameters, when the periodic driving force is slightly larger than the threshold for the pattern to exist, the pattern is often located only on one diameter of the container. When the frequency of driving force increases, the number of antinodes increases, and the stability of the pattern changes alternately. Theoretical analysis shows that this phenomenon is the result of the interaction of the dispersion relation and the container boundary condition.

Keywords: Faraday waves; dispersion relation; pattern selection

非牛顿流体广泛存在于生产生活中, 这类流体中剪应力与剪应变率之间不满足线性关系, 具有非线性作用和耗散作用。当沿垂直方向的周期性驱动力作用于这类流体上时, 在一定条件下液面会出现形成驻波图样的现象, 即法拉第波。对这一现象的研究可追溯到 1831 年的法拉第的工作, 具有悠久的历史。二十世纪九十年代, 因非线性科学的繁荣发展, 法拉第波的相关研究受到了广泛的关注, 人们从理论和实验的角度研究了在不同条件下, 系统呈现的各种不同结构图样的形成、演化和转变等相关问题。

本文主要研究了低频条件下图样的选择问题, 即在不同频率下系统会呈现出何种模式的图样。结合实验中测得的表面驻波色散关系曲线, 实验中观察到的现象也得到了较好的解释。

1 实验原理及仪器简介
本实验选取黄原胶溶液作为实验对象, 实验装置示意图如图 1 所示, 由信号发生器 (YB332020) 产生频率 f 和幅度 A 可调节的交变电流, 经功率放

大器 (YS878) 的放大后, 输入至模态激励器 (ZK-100) 模态激励器内部由磁环和磁芯构成, 两者之间留有间隙, 形成磁场。线圈内部通交变电流时, 受到安培力作用而上下波动。线圈由传动装置连接实验平台, 从而对固定在实验平台上的样品容器进行周期性驱动力驱动, 驱动力的频率和幅度即由信号发生器输出信号决定。

压电式加速度传感器 (GA-YD-107) 固定在实验平台一侧, 用来测量实验平台的加速度。其敏感材料是压电陶瓷, 因感应力在材料两端产生电荷, 并通过电荷放大器 (YB5852A) 进行放大, 放大后的信号输入至示波器 (TDS1002), 利用示波器测量该信号幅值, 从而得到振幅。当参数条件下的加速度幅值。

高速摄像机 (AOS S-MOTION) 可对高速变化的运动进行图像采集和存储, 实验中安装在实验平台正上方, 并配有环形照明灯, 以便对样品表面所形成的图样进行观察和记录。

作为非牛顿流体, 黄原胶溶液的流动具有强烈的非线性特征, 在实验中观测到了众多区别于线性系统的奇异性质, 线性系统在周期性驱动力作用下的受迫振动频率与驱动力频率一致, 但对于非线性系统, 在周期性驱动力作用下却不一定以相同的频率进行响应; 本实验中即观察到“非响应”现象, 即图样振动频率仅为驱动力的频率的一半, 这一现象在非线性系统中非常普遍^[1], 但想要给出一个清晰的解释较为困难。

2 不同参数条件下的图样

通过高速摄像机捕获法拉第波图样的图像并传输至计算机, 即可直接观察图样模式对于液面表面曲率不同的依赖性, 环形照明灯发出的光反射后汇聚或发散程度不同, 采集到的图像中对应位置的亮度或不同, 据此可判断该位置的曲率大小。对于上凸的波峰, 光线被发散, 光强较小, 可以观察到暗斑; 对于下凹的波谷, 光线被汇聚, 光强较大, 可以观察到亮斑。另外, 每个波峰都相当于一个凸面镜或凹面镜, 可以成像, 因此会在亮斑或暗斑的中心看到倒环境的像。这样, 根据图像可以判断波的位置, 并通过读出相邻两个同相位波峰之间的平均距离, 得到波长 λ , 从而算得波矢 k , 从扫描信号发生器上读出频率 f , 算出角频率 ω , 即可得到图样的色散关系。

2 基本实验现象
2.1 单频响应
作为非牛顿流体, 黄原胶溶液的流动具有强烈的非线性特征, 在实验中观测到了众多区别于线性系统的奇异性质, 线性系统在周期性驱动力作用下的受迫振动频率与驱动力频率一致, 但对于非线性系统, 在周期性驱动力作用下却不一定以相同的频率进行响应; 本实验中即观察到“非响应”现象, 即图样振动频率仅为驱动力的频率的一半, 这一现象在非线性系统中非常普遍^[1], 但想要给出一个清晰的解释较为困难。



图 1 实验装置示意图
本次实验中选取无盖圆柱形容器盛放黄原胶液

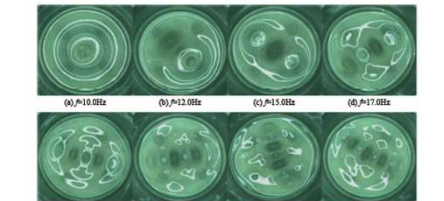


图 2 不同频率下排列于容器直径上的法拉第波图

实验中可供调节的参数包括溶液浓度、液面直径、驱动力频率以及平台的加速度幅值。改变溶液浓度、液面直径和平台加速度幅值, 实验中观察到波数呈点阵状排列的图样, 波数排列于容器一条直径上的图样有多种法拉第图; 适当选取这三个参数并固定, 在较低速度下从零开始逐渐增大加速度, 图样亦随之改变; 加速度较小时, 图样无法形成; 加速度达到某一阈值后图样出现, 此时波数排列于容器的一条直径上, 系统发生了对称性的破缺, 不同频率下的图样如图 2 所示; 继续增大加速度, 每个波峰会沿着垂直于该直径方向演变, 最终分裂成数个同相位的波峰, 如图 3(a) 所示。

下面主要研究波数排列于同一直径上的图样, 实验中相关参数选择为: 黄原胶溶液浓度为 5.0mg/mL , 溶液厚度保持为 2.0cm , 容器直径为 9.0cm , 驱动力频率范围在 40Hz 以下。

3 图样选择问题

对于这一类型的图样, 我们将波数数目为 N 的图样图样称为一种模式 C (为叙述方便, 不称其为第 N 种模式)。实验中观察到, 容器中出现的波数的数目会随驱动力频率的增大而增多, 即不同频率的图样模式不同; 改变加速度幅值, 则主要影响图样模式的大小, 对形成的波数数目没有影响 (当然, 加速度不能大到使图样发生破裂的程度)。这样, 研究图样模式问题归结为研究驱动力频率与图样模式之间的关系。图 1 给出了不同模式的图样模式与驱动力频率范围。

实验表明, 当频率连续增大时, 图样由第 N 种模式转变为第 $N+1$ 种模式的临界频率 $f_{N,N+1}$ 与频率连续减小时由第 $N+1$ 种模式转变为第 N 种模式的临界频率 $f_{N+1,N}$ 并不相等, 前者明显更大, 即存在滞后回环效应。这意味着在相同的参数下, 可能存在两种不同模式的图样可以在系统中出现, 具体出现哪一种图样不取决于当前的参数条件, 还与系统的历史状态有关。表 1 中相邻两种模式频率范围交叉的区域即是两种模式均能够存在的频率区间。进一步实验发现, 当频率处于两临界频率之间时, 保持各参数不变并给其一微小扰动, 这两种不同模式可以相互转化, 但往往其中一种模式更加稳定。在这个频率区间中, 较高频率下第 $N+1$ 种模式更加稳定, 而较低频率下则相反, 这与波数数目和频率的关系在趋势上是一致的。我们可以认为, 在频率增大的过程中, 第 N 种模式稳定性逐渐下降, 在达到临界频率

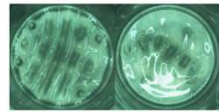


图 3: (a) 加速度幅值较大时, 原本分布于一条直径上的波数排列于垂直于该直径方向扩展, 最终形成点状图样与多条直径的混合图样; (b) $f=35.1\text{Hz}$ 时, 波数排列不再沿容器直径, 发生弯曲。

$f_{N+1,N}$ 时, 第 $N+1$ 种模式开始出现, 但此时该模式为亚稳态, 背景模式为稳定态。随着频率的继续增大, 后者替代前者成为稳定态, 前者则变成了亚稳态, 且其稳定性随频率增加而继续下降, 直至频率达到 $f_{N,N}$ 时 N 个波数的模式无法稳定存在。

虽然两个模式可以区分出相对的稳定态与亚稳态, 但由于此时处在模式转化的区域, 这两种模式不够稳定, 在扰动下可能随时间演化, 演化的中间过程出现的图样更加复杂且不规则。因此在该频率范围的中值频率附近很难界定稳定态与亚稳态。理论上应当在某种模式从稳定态向亚稳态转化的频率, 但实验上难以进行定量测量。另外, 实验中观察到在较高频率下系统更加难以达到稳定, 当频率较高 (接近或高于 50Hz) 时, 若处在两种模式共存的频率区间, 同一模式模式可能自身稳定存在几秒钟; 此外, 在某些频率区间, 各模式的连续切换发生自由, 随容器直径, 如图 3(b) 所示。

波数数目 N	频率下界 $f_{N,N-1}/\text{Hz}$	频率上界 $f_{N,N}/\text{Hz}$
1	9.0	11.5
2	11.0	13.6
3	12.9	16.8
4	15.5	20.0
5	18.5	23.3
6	22.0	25.4
7	24.3	27.7
8	26.9	30.4
9	29.3	32.5
10	31.8	35.1

4 色散关系与图样选择问题的解释

4.1 色散关系

从理论上可以推得, 对于无限大液体表面上的法拉第波图, 其波数 k (波长倒数的 2π 倍) 可由驱动角频率 ω 确定; 二者之间满足的关系 (即色散关系) 为^[2]

$$\omega^2 = \left(g - \frac{g_0}{\rho} k^2 \right) \tanh kh + \frac{4}{3} \rho k^4$$

式中 $g=9.80\text{m/s}^2$ 为重力加速度; g_0 为液面的表面张力系数, 实验中利用滴重法^[3]测得 $g_0=8.5 \times 10^{-2}\text{N/m}$; ρ 为溶液的密度, 使用量筒及电子天平测得 $\rho=0.976 \times 10^3\text{kg/m}^3$; $h=2.0 \times 10^{-2}\text{m}$ 为溶液厚度。值得注意的是, 由于非响应的存在, 这里的驱动角频率仅为驱动力角频率的一半, 利用上述给出色散关系曲线如图 4 中实线所示, 实验测量结果也标在了图中, 可以看出二者基本相符。

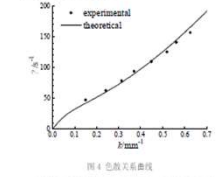


图 4 色散关系曲线
从 (1) 式和图 4 中均可以看出, 驱动频率越大, 波数 k 被越大, 即波长越短。由于容器的直径是固定的, 一条直径上可以容纳的波数也就越多, 这与实验现象相符。可见, 图样模式随频率的转变很大程度上由图样的色散关系决定。

4.2 边界条件的影响

考虑到我们研究的系统大小有限, 容器的边界自然会对其内部的溶液产生影响。由于溶液与容器壁之间的黏滞力比溶液内部的黏滞力大得多, 在靠近边界的溶液会被非线性, 且边界条件严格要求振幅为 0, 那么边界条件与色散关系共同作用的结果将是出现波数的共振频率 (即只有容器直径等于半波长整倍数的频率才能形成共振), 但实际情况要复杂得多, 一方面容器壁对溶液的黏滞力大, 但

不至于要求边界振幅严格为零; 另一方面, 实验中还可观察到, 最靠近容器边界的波数与容器壁之间的距离较大, 且靠近容器边界处波数分布明显比中心稀疏 (从图 2 中可以观察到这一现象), 这可能是系统的非线性效应导致的。这样, 容器直径未必是半波长的整数倍 (事实上, 对于第 N 种模式, 其半波长的 N 值明显比容器直径小一些), 这就使得频率连续变化时, 始终有对应的图样出现。对于第 N 种模式, 在它可以在存在的频率区间的中值附近, 由色散关系决定的波长合适, 可以使边界条件恰为波节或非谐振波节, 振幅很小, 从而能很好地满足容器的边界条件, 因此此时图样最为稳定; 频率增大时, 色散关系使得波长变长, 色散关系不再满足, 振幅相对变大, 受到容器的黏滞力较大, 不利于图样的振动, 稳定性不断下降, 当频率达到 $f_{N,N}$ 时, 此种模式就彻底无法存在; 同样, 当频率小时, 其稳定性也会下降直至无法存在。此外, 实验中观察到的波数连续发生弯曲的现象, 那是因为驱动力的频率对于波数来说偏小, 由色散关系决定的波长较大, 不再弯曲排列以获得更大的空间, 这就解释了实验中观察到的现象。

5 结束语
本实验利用模态激励器驱动非牛顿流体, 并利用高速摄像机观测图样, 研究了黄原胶溶液在较低频率驱动力作用下法拉第波图样的选择问题, 发现图样的模式选择以及稳定性是色散关系与边界条件共同作用的结果。但由于本实验中的系统具有非线性特性, 本实验对驻波图样的定量研究有限, 仍待进一步的研究。

参考文献:
[1] Douady S. Experimental study of the Faraday instability[J]. Journal of Fluid Mechanics, 1990, 221: 383-409.
[2] P H. Wight and T. R. Saylor. Penetration of particulate films using Faraday waves[J]. Review of Scientific Instruments, 2003, Vol. 74, No. 9: 4063-4070.
[3] 王磊, 孙文, 吴文涛等. 物理化学实验 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 111-116: 170.

实验题目的基础性、综合性、开放性



基于虚拟仪器技术的F-H实验



二维法拉第斑图实验



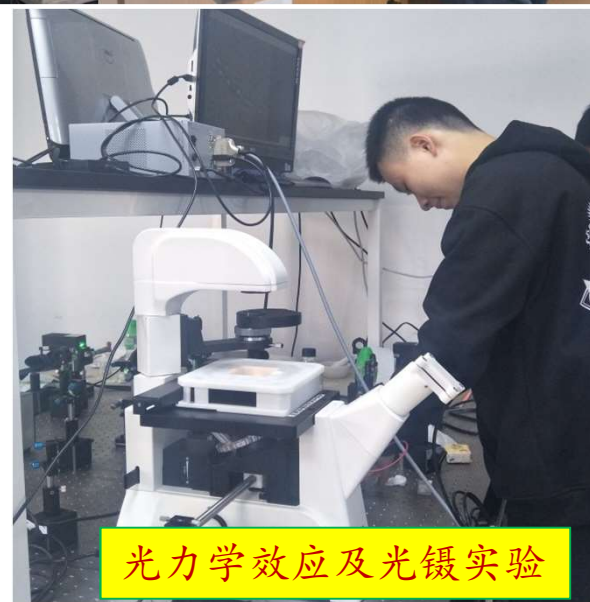
光学成像与光信息处理



迈克耳逊干涉与相关测量



一维周期弦链系统振动



光力学效应及光镊实验

举例：基于虚拟仪器技术的弗兰克赫兹实验

必做内容：编程、连线、变参数研究第一激发态、高激发态

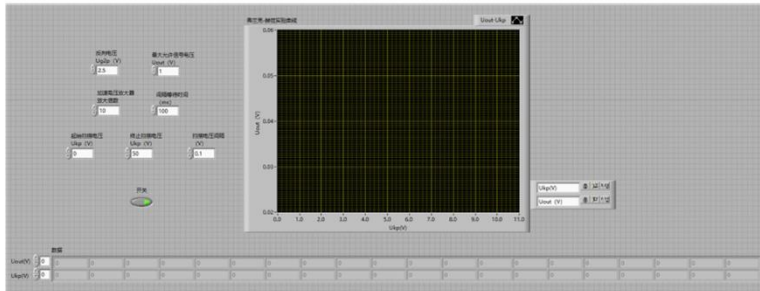


图 3-6 自动化弗兰克-赫兹实验前面板图

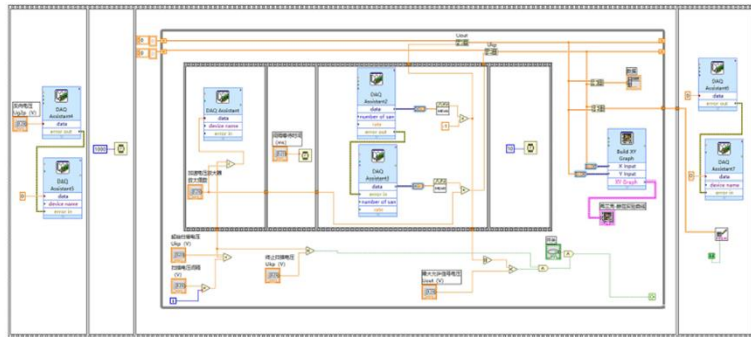
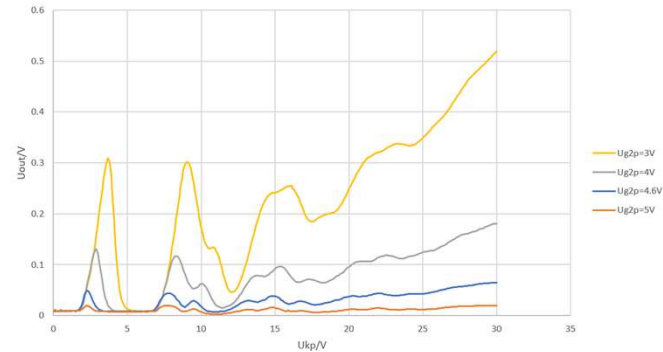
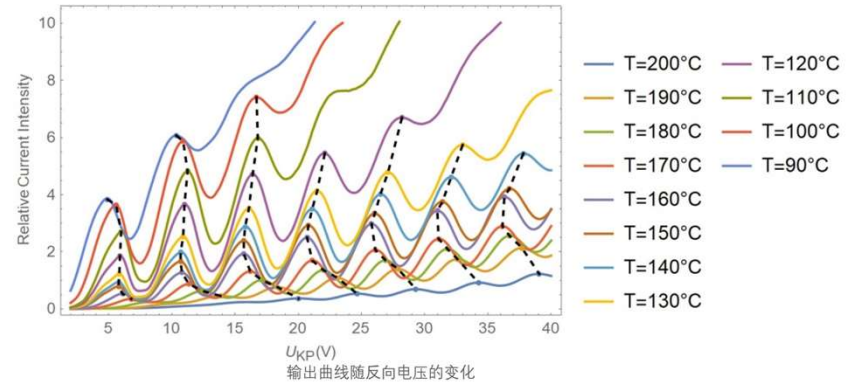
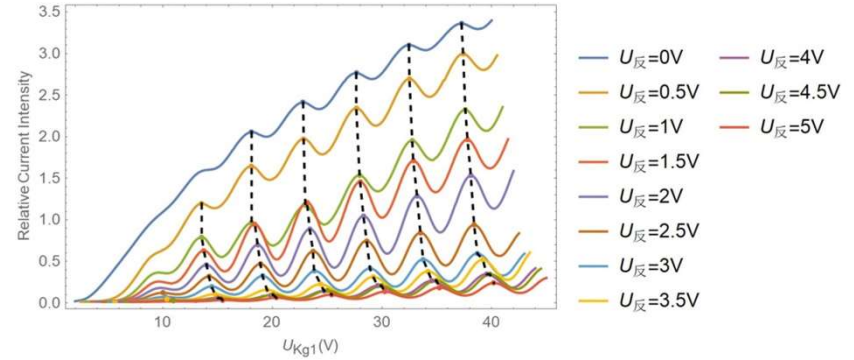
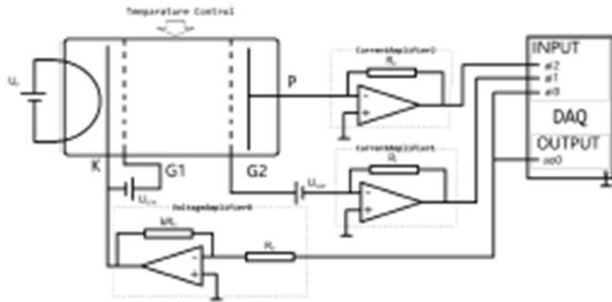


图 3-7 自动化弗兰克-赫兹实验程序框图



举例：基于虚拟仪器技术的弗兰克赫兹实验

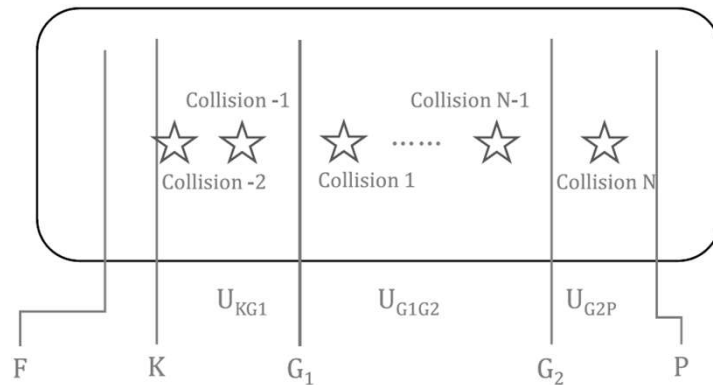
专题研究：自由发挥，题目有很好的开放性、可扩展性

1. 乔天宇，弗兰克-赫兹实验参数分析及蒙特卡洛模拟
2. 王志元，从简单数值模型看Frank-Hertz 实验曲线成因
3. 张文军， Franck-Hertz实验Hg的高激发态测量和参数扫描
4. 孟凡强，测量汞的电离能初探
5. 张一啸，F-H 实验中栅极电流研究
6. 王泓杰，弗兰克-赫兹实验中的反向电流探究
7. 陈颖天，Modeling and Simulation of Franck-Hertz Experiment
8. 翟翀昊，Franck-Hertz实验曲线形状的探究及相关讨论
9. 叶子凌锋，虚拟仪器与弗兰克赫兹实验
10. 黄励勤，弗兰克-赫兹实验
11. 李一一，弗兰克赫兹实验中各参数对峰值位置的影响
12. 朱倩泽，Monte Carlo Simulation of Franck-Hertz Experiment

举例：基于虚拟仪器技术的弗兰克赫兹实验

陈颖天, Modeling and Simulation of Franck-Hertz Experiment

Building Model: Collisions



Building Model: Flow Diagram of an Electron

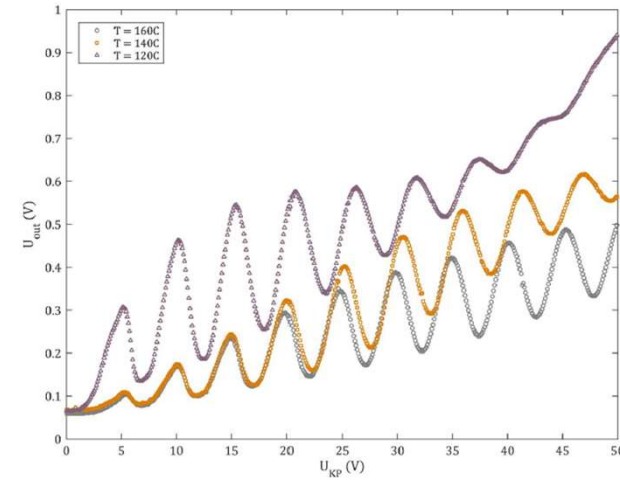
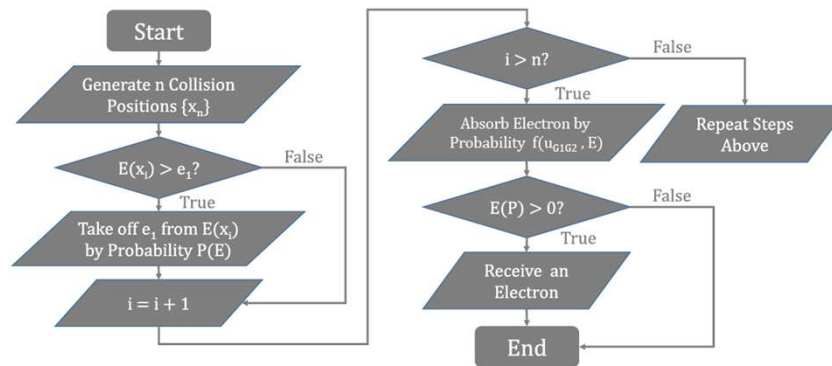


Fig.7(b) Experiment results. $U_{G2P} = 2.5V$, $U_{KG1} = 3.00V$, $U_F = 2.0V$, $T = 160, 140, 120$ (C)

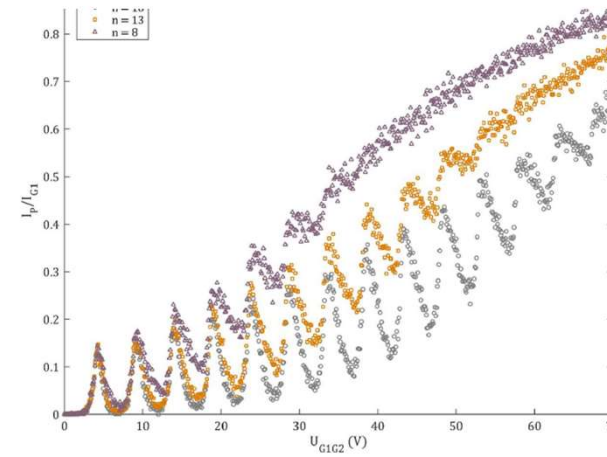


Fig.7(a) Monte-Carlo solution. $n = 18, 13, 8$, $U_{G2P} = 4V$, $e_1 = 4.89V$, $P_1 = 0.5$; Repeats = 1000, $\lambda = 2V$

综合普物实验

传统 + 创新

- 相对固定的题目
- 必要的基本内容
- 固定的上课时间

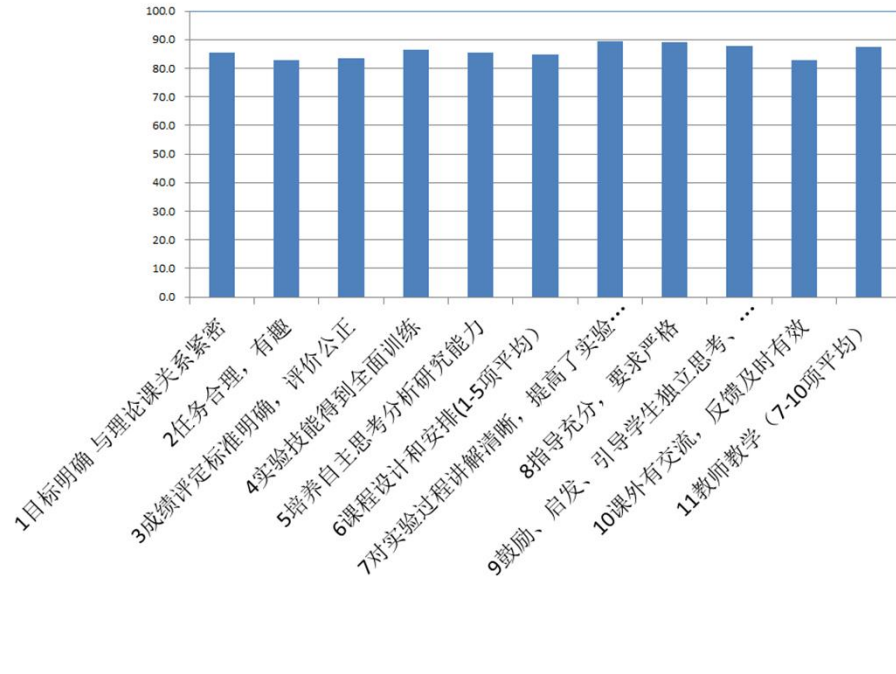
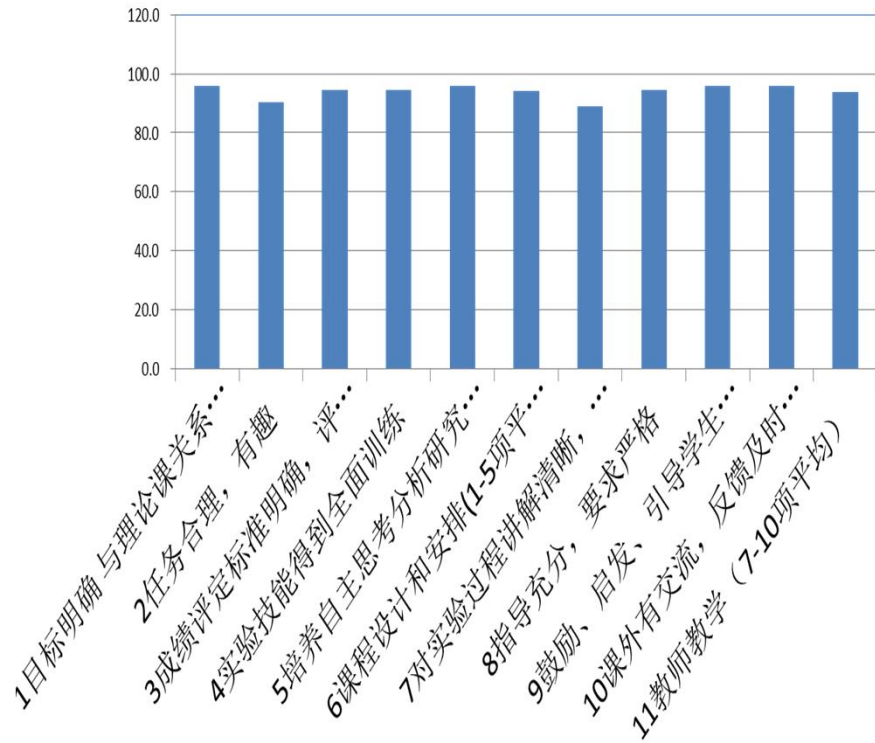
保障基本质量

- 完全自主探究：充分训练
- 课后自由加做：主动学习
- 同学相互讨论：沟通合作
- 师生深入交流：加深理解
- 选择专题研究：探索创新
- 口头学术报告：口头表达
- 书面学术论文：书面表达

系统科研训练，培养科研能力

综合普物实验成效：学生评估

问题1-11: (学校评估)	份数	1目标明确与理论课关系紧密	2任务合理, 有趣	3成绩评定标准明确, 评价公正	4实验技能得到全面训练	5培养自主思考分析研究能力	6课程设计和安排(1-5项平均)	7对实验过程讲解清晰, 提高了实验效率	8指导充分, 要求严格	9鼓励、启发、引导学生独立思考、勇于探索、大胆质疑	10课外有交流, 反馈及时有效	11教师教学(7-10项平均)	总平均分
18春	综物18	95.8	90.3	94.4	94.4	95.8	94.2	88.9	94.4	95.8	95.8	93.8	94.0
	传统203	84.0	81.0	80.2	85.5	84.5	83.0	87.6	87.6	85.8	80.9	85.5	84.1
19春	综物24	89.6	82.3	91.7	85.4	95.8	89.0	84.4	90.6	95.8	92.7	90.9	89.8
	传统175	87.7	84.0	80.5	86.9	85.5	84.9	88.9	88.4	87.8	80.4	86.4	85.6



问题16. 学生对课程感想、体会、意见和建议

*几个实验都很有趣，也都很有挑战性，但是每个实验两周，对于一些有趣的问题，时间不足以深入。。。*其他同学过于优秀导致自己压力很大，不太希望与他们同台竞争。。。*任务量相对较大，但的确得到很多提升，探索过程也使人觉得充实。。。*希望能设计更多新的实验，涉及更多前沿领域。。。*任务量有点大？但是收获和付出成正比。。。*由于课程进行过程中需要较多的自主思考与探索，因而确实遇到许多困难，但不断解决问题的过程中也让我成长了许多。。。*觉得自己的能力有一些难以驾驭，对理论的理解和实验的操作都不如其他同学，但还是有许多收获。。。*感谢各位老师，每位老师都非常耐心地讲解并给出意见和建议，在本学期的实验中，我的各项能力都得到了提高。。。*综物实验让我经受了不错锻炼，此处难一一写出，就让它留在我心中。。。

问题12: 收获最大的实验	光	迈	虚	镊	弦	斑
2018春	8	7	6	2	8	10
2019春	6	10	8	9	8	10

问题13: 仪器	份数	a. 非常满意	b. 满意	c. 基本满意	d. 不满意
2018春	18	50%	22%	28%	0%
2019春	23	21%	58%	17%	4%

问题14: 投入时间	份数	每周投入时间	份数	普物每周投入时间
2018春	18	12.1	17	7.8
2019春	24	11.2	24	8.2

问题15: 与传统普物比较	份数	a.远好于传统课程	b.好于传统课程	c.差不多	d.不如传统课程	e.远不如传统课程
2018春	18	44%	56%	0%	0%	0%
2019春	24	13%	74%	13%	0%	0%

综合普物实验成效：实验竞赛



李一一：基础A，一等奖，第2名



李普天：基础B，一等奖，第2名

第五届全国大学生物理实验竞赛，2019年7月，南开大学

前沿物理实验课程简介

(1)

前沿物理实验：学生参与科研的研究性课题实验

历时一个学期，3个学分，供“近代物理实验I”成绩优秀的学生选修。选修此课程的学生每周投入课程的时间不

以国际高水平的研究文献为教材，想方设法重复选定文献的实验内容，完成验证性的实验工作，并对所验证的工作进行综合性的评述，以此引导学生学习前沿科学研究最新的实验成果、科学思想、研究方法与实验技术。

在此基础上，鼓励学生与指导教员紧密合作，争取做出创新性的研究成果。

(2) 选课要求

“近代物理实验I”的课程成绩为87以上，其中实验笔记得分在13分以上，且有一个实验成绩在90分以上的学生，方可选择本课程。

同意后生效。

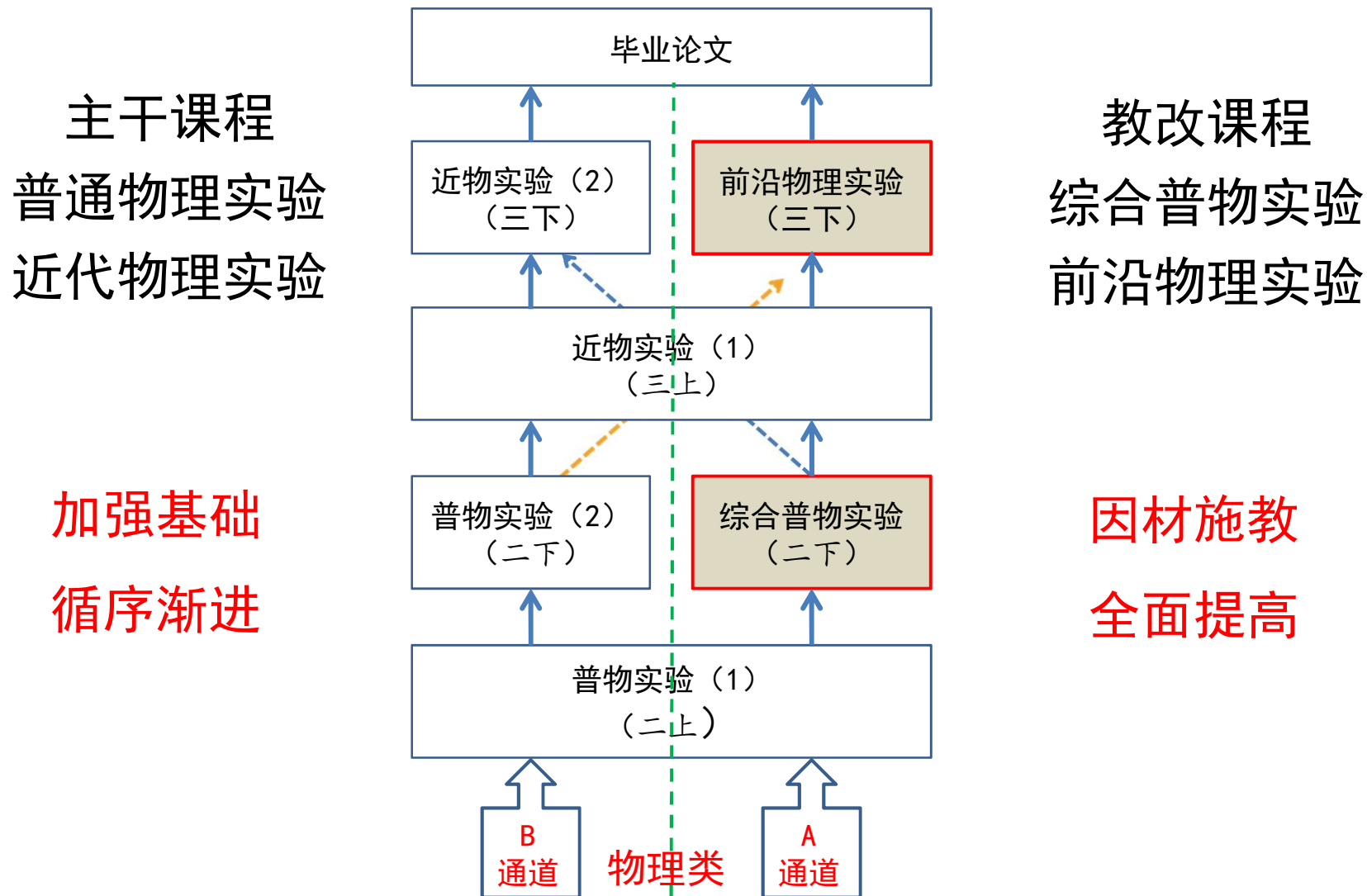
(3) 教学要求

指导教员应在以下几个环节全程指导学生的研究工作：（1）精读文献，设计重复实验的方案；（2）实施所设计的实验方案；（3）总结、评述，发现新的科学问题；（4）深化实验，争取创新性成果；（5）完成课题研究的书面和口头报告。

课程的最终成绩由教师评价、实验笔记、口头汇报和研究报告四部分综合评定。

四、总结

优化中的北大物理实验课程体系



谢谢大家!