

浙江大学“求是创新”系列 课程思政·教学案例

一、课程基本信息

课程名称：物理学实验 II

课程代码：061B0340

课程类别：通识课程

学院：物理学院

学分：1.5

周学时：3.0-0.0

二、课程简介（不超过 300 字）

本课程理论联系实际，强调实验素养的培养和提高，激发学生的创新意识和创新能力，内容包括光学实验、设计性实验、综合性实验和近代技术在物理实验中的应用。为了培养学生解决实际问题的能力和创新能力，还增加研究性实验小课题。通过本课程教学能使学生在物理实验的基本知识、基本方法和基本技能方面受到较系统的训练，理论联系实际，培养学生初步的实验能力和良好的实验习惯以及严谨的科学风尚，学习用实验的方法去观察、分析、研究物理现象和物理规律。使学生逐步成为具有良好的实验素质，强调实验素养的培养和提高，提高学生分析问题和解决问题的能力，同时又为后继的专业实验课程，以及走向研究所或社会的工作打好基础。

三、课程思政教学设计

(一) 简表 (不少于 3 个)

序号	教学内容	课程思政融入点	融入方式	
1	绪论课	<input checked="" type="checkbox"/> 道德修养 <input checked="" type="checkbox"/> 家国情怀 <input type="checkbox"/> 全球关切 <input checked="" type="checkbox"/> 浙大精神 (可多选)	① 艰苦朴素的品德、学为人师的风范、求是创新的科研精神和爱国主义精神。 ② 诺贝尔奖科学家精神。 ③ 求是创新精神和科学强国精神。 ④ 做志存高远的国之武者，要做新发展的主力军。	案例①: 介绍王淦昌科学研究成绩和成果，讲述“创造力来源于实验实践”。 案例②: 介绍获得诺贝尔奖的科学家迈克尔科学研究事迹和成果。 案例③: 介绍程开甲科学强国事迹。 案例④: 以竺可桢校长的两个问题作为切入点。 (通过 PPT 授课、师生讨论和学生课外阅读的方式实现。)
2	光的衍射	<input checked="" type="checkbox"/> 道德修养 <input checked="" type="checkbox"/> 家国情怀 <input checked="" type="checkbox"/> 全球关切 <input checked="" type="checkbox"/> 浙大精神 (可多选)	① 激发学生的好奇心和求知欲，探索生活中的科学，培养科学探索精神。 ② “实事求是、追求真理”的科学精神，“求是创新”浙大精神，以及“事物发展的过程是前进性与曲折性的辩证统一”哲学思想。 ③ 科学家精神。 ④ 逻辑推理的科学方法。 ⑤ 报效祖国的情感和使命。	案例①: 介绍生活中简单的物件如白纸、两只铅笔、光盘、手机屏幕等，美丽的“衍射现象”。 案例②: “波动说”和光的“微粒说”的争论。 案例③: 介绍德国物理学家夫琅和费的事迹。 案例④: 单缝和光栅的衍射图样。 案例⑤: 讲述长春光机所大型高精度光栅刻划机的成功研制的事例。 (通过 PPT 授课、师生讨论和学生课外阅读的方式实现。)
3	菲涅尔双棱镜干涉	<input checked="" type="checkbox"/> 道德修养 <input checked="" type="checkbox"/> 家国情怀 <input checked="" type="checkbox"/> 全球关切 <input type="checkbox"/> 浙大精神 (可多选)	① “实践是检验真理的唯一标准”、“求是创新精神”。 ② 矛盾论，对立与统一的哲学思想。 ③ 科学实验精神。 ④ 激发学生要有报效祖国的使命。	案例①: 介绍物理光学历史上著名的“波粒之争”事件。 案例②: 光的“波粒之争”。 案例③: “差之毫厘，谬以千里”故事。 案例④: 讲述我国于 1961 第一台激光器诞生， (通过 PPT 授课、师生讨论和学生课外阅读的方式实现。)
4	最小偏向角测三棱镜折射率	<input checked="" type="checkbox"/> 道德修养 <input checked="" type="checkbox"/> 家国情怀 <input checked="" type="checkbox"/> 全球关切 <input type="checkbox"/> 浙大精神 (可多选)	① 中国传统文化的美、热爱中国传统文化、热爱祖国等“家国情怀”。 ② 科学家精神。 ③ 深刻认识党为国家和民族作出的伟大贡献，	案例①: 介绍中国古代对色散的研究。 案例②: 牛顿用三棱镜研究日光故事。 案例③: 我党历史上著名的四渡赤水之战。

			深刻感悟党始终不渝为 人民的初心宗旨，学习 党推进马克思主义中国 化形成的重大理论成 果，传承党在长期奋斗 中铸就的伟大精神。	(通过 PPT 授课、师生讨论和学生课 外阅读的方式实现。)
--	--	--	--	-----------------------------------

(二) 具体教学设计 (每个案例不少于 500 字)

1. 案例 1

(1) 教学内容

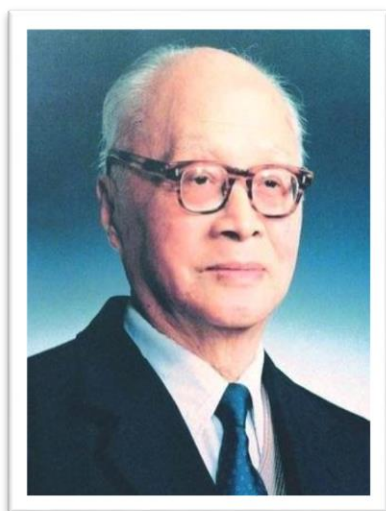
绪论课主要介绍物理实验的地位、作用、目的，物理实验的数据处理方法、不确定度、误差分析，物理实验内容，实验室建设情况，课程建设情况，教学安排，安全知识，等情况。同时融入浙大物理学院的好老师-王淦昌的事迹，以及浙大物理学院培养的卓越学子-程开甲的事迹。

(2) 融入点

- ①以王淦昌科学研究成绩和成果作为融入点，讲述“创造力来源于实验实践”，教育学生要学习王淦昌艰苦朴素的品德、学为人师的风范、求是创新的科研精神和爱国主义精神。
- ②家国情怀：以介绍获得诺贝尔奖的科学家迈克尔科学研究事迹和成果作为融入点，激发学生的诺贝尔奖科学家精神。
- ③以程开甲事迹作为融入点，再次讲述“创造力来源于实验实践”，教育学生要学习程开甲求是创新精神和科学强国精神。
- ④以竺可桢校长的两个问题作为切入点，教育学生要做新发展的主力军；要做志存高远的国之大者。

(3) 实例

①以王淦昌科学研究成绩和成果作为融入点，讲述“创造力来源于实验实践”，教育学生要学习王淦昌艰苦朴素的品德、学为人师的风范、求是创新的科研精神和爱国主义精神。



王淦昌，(1907年5月28日—1998年12月10日)，中共党员。“两弹一星功勋奖章”获得者。王淦昌参与了我国原子弹、氢弹原理突破及核武器研制的试验研究和组织领导，是

中国核武器研制的主要奠基人之一。王淦昌先到德国柏林大学读研究生，回国后在浙江大学物理系任教授，培养出一批优秀的青年物理学家，其中包括诺贝尔物理奖获得者李政道。

“把科学的星辰留在浙大人心中”

1937年11月，日军侵略迫使浙大师生开始向西流亡。一年前，王淦昌受竺可桢校长邀请到浙江大学物理系任教，成为学校最年轻的教授。之后14年他与学校一同在危难中颠沛求存，却栽育出一朵朵惊艳世界的科学之花。

王淦昌是20世纪实验物理学三大女杰之一的迈特内教授唯一的中国学生。在德国柏林大学，王淦昌学习了最新的物理学理论与实验技巧，并展示出非凡的科学见解和宽阔的实验思路。但他却毅然选择回到苦难深重的祖国。

王淦昌随浙大途径浙江建德，江西泰和、广西宜山等地。最终在遵义湄潭这座小山城里，王淦昌获得了宝贵的科研时间。双修寺是王淦昌每天都要去的实验室，虽称实验楼，却没有实验设施，连最基本的电都没有。在如此简陋的环境里，他制成的荧光粉——磷光硫化锌，却为国家填补了空白。

艰苦的条件下，王淦昌单凭大脑推算写出了论文《关于探测中微子的建议》，中微子是当时最具挑战性的物理学界难题。论文1941年在美国《物理学报》发表。次年，美国学者阿伦教授按照论文中的建议成功完成了Be7的K电子实验，命名为“王淦昌·阿伦实验”，是国际物理学界1942年最重要的成就之一。后来，美国科学家奥本·海默教授根据这个实验制造出了美国第一颗原子弹。美国科学促进协会在1947年发行纪念刊《近百年来科学之进步》，王淦昌被列为贡献人之一。

发现中微子后，王淦昌又着手寻找宇宙线粒子。1943年写出了论文《关于宇宙线粒子的一种新实验方法》。后来英国物理学家鲍威尔用此法发现了 π 介子，获得了1950年度的诺贝尔奖。王淦昌的一生多次与诺贝尔奖失之交臂，但他未间断过科学研究。

由于师资紧缺，王淦昌除了教授热学和近代物理外，还为化学系三年级学生开设了物理化学课。1945年，日本广岛原子弹爆炸后，王淦昌给学生讲解原子弹的原理，吸引了更多学生转到物理系。诺贝尔奖获得者李政道曾是当时的浙大学子，他后来写道：“直到现在，我还能记得曾有过的讨论，以及他们激起的我对物理的热情。”

“隐姓埋名17载，以身许国铸科技长剑”

1950到1960的十年间，王淦昌先后在北京中国科学院原子能所和苏联杜布纳联合原子核研究所任任职。朝鲜战场上，他前去探测美军是否使用原子武器和投掷放射性物质；在苏联，他领导的研究小组首次成功发现了一种反物质反西格马负超子存在的证据。

1960年12月，王淦昌回到祖国。4个月后，二机部部长刘杰和时任副部长兼原子能研究所所长钱三强向王淦昌传达了中央要求自力更生发展核武器的指示和周恩来总理的口信。王淦昌便坚定地说：“我愿以身许国！”从此，在世界物理学界鼎鼎大名的王淦昌仿佛消失了。他的名字变成了“王京”；他放弃了功成名就的基本粒子研究，改方向为他不熟悉但国家迫切需要的核应用研究；……1964年10月16日，中国成功爆炸第一颗原子弹。1967年6月17日，中国成功爆炸第一颗氢弹。

1978年，王淦昌调回北京任核工业部副部长兼原子能研究所所长。人们才知道，核武器研究基地那个沉默寡言的“王京”就是王淦昌！同年，获准公开身份的王淦昌如愿加入了中国共产党。

70年代末，原子能研究所及时开展电子束和激光约束核聚变基础性研究，为通过受控核聚变获取核能做出了开创性贡献。1982年，王淦昌因发现反西格马负超子荣获国家自然科学奖一等奖。1985年，他因核武器研制、试验方面的工作，同时荣获2项国家科技进步奖特等奖。1986年3月，王淦昌与王大珩、陈芳允、杨嘉墀联名向中央提出了《关于跟踪

研究外国战略性高技术发展的建议》，并由此催生了举世瞩目的战略性高科技发展计划——“863”计划，为中国高技术发展开创了新局面。

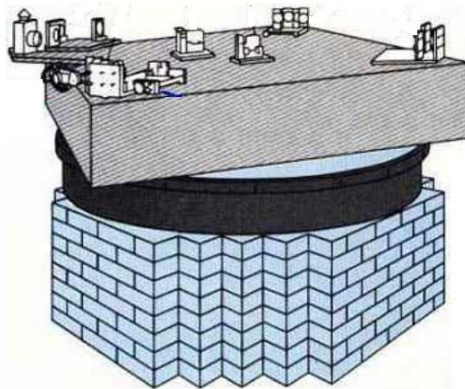
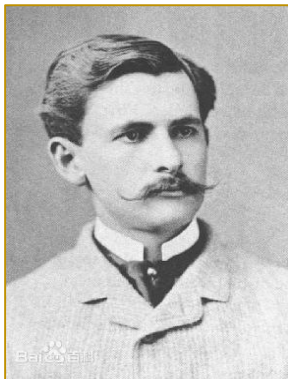
1999年9月，党中央、国务院、中央军委召开大会，对当年为研制“两弹一星”作出贡献的23位科技专家予以表彰，追授王淦昌“两弹一星功勋奖章”。2003年，国际小行星命名委员会把一颗永久编号为14558的小行星命名“王淦昌星”。

2017年，浙大物理系提出“在教师中树立起成为‘王淦昌’式的好老师的职业理想，把培养‘程开甲’式的卓越学子凝练成为我们的教育教学最高目标”，并在全体党员大会上正式通过。在此理念指导下，依托学院拔尖创新人才培养的探索，以期造就更多的国际一流人才和科学家。

②以介绍获得诺贝尔奖的科学家迈克尔科学研究事迹和成果作为融入点，激发学生的诺贝尔奖科学家精神。

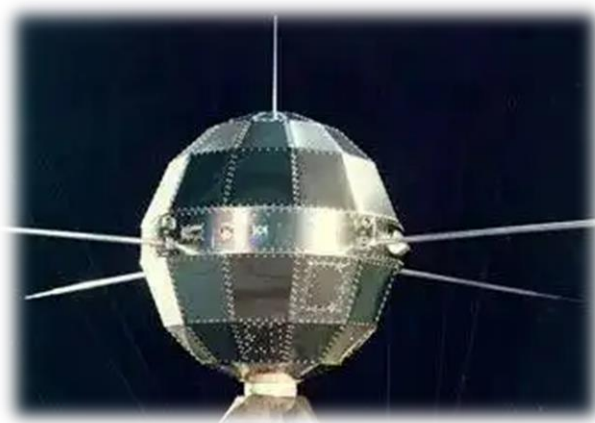
迈克尔逊主要从事光学和光谱学方面的研究，他发明了一种用以测定微小长度、折射率和光波波长的干涉仪，在研究光谱学方面起着重要的作用。他因发明精密光学仪器和借助这些仪器在光谱学和度量学的研究工作中所做出的贡献，被授予了1907年度诺贝尔物理学奖。

1881年迈克尔逊在柏林大学亥姆霍兹实验室发明了高精度的迈克尔逊干涉仪，进行了著名的以太漂移实验。迈克尔逊干涉仪是利用分振幅法产生双光束以实现干涉。通过调整该干涉仪，可以产生等厚干涉条纹，也可以产生等倾干涉条纹。主要用于长度和折射率的测量。在近代物理和近代计量技术中有着重要的应用。



③以程开甲事迹作为融入点，再次讲述“创造力来源于实验实践”，教育学生要学习程开甲求是创新精神和科学强国精神。

程开甲是六份荣誉第一人，中国科学院院士，“两弹一星”功勋奖章，国家最高科学技术奖获得者，“八一”勋章获得者，“改革先锋”称号，“人民科学家”国家荣誉称号。



- 半生埋名，以身许国铸核盾

程开甲，中共党员，中国科学院院士。他隐姓埋名 40 年，一生为国铸核盾，先后参与和主持首次原子弹、氢弹试验，他是以身许党许国的时代楷模。荣获“八一勋章”、“两弹一星”功勋奖章和国家最高科学技术奖。

1960 年，一纸命令将程开甲调入北京，加入到我国核武器研究的队伍。原子弹研制初期，程开甲被任命为核武器研究所副所长，分管材料状态方程的理论研究和爆炸物理研究，为原子弹的研制做出了贡献。他第一个采用合理的 TFD 模型估算出原子弹爆炸时弹心的压力和温度，为原子弹的总体力学计算提供了依据。

- 生命不息 创新不已

1984 年程开甲离开核武器试验基地，他的科研工作转入国防科技发展战略研究，开启了他学术研究的新时期。

20 世纪 80 年代，程开甲提出必须提高我国战略武器抗辐射能力的思想，并亲自担任该研究方向的专业组组长，开创了抗辐射加固技术研究新领域。另一方面，他重新开始基础研究课题，他进一步发展、完善了“程—玻恩”超导电性双带理论。他提出并建立了系统的“TFDC（托马斯—费米—狄拉克—程开甲）”电子理论。为材料科学的发展提出了新的研究思想与方法。

- 努力不懈 不老常青

程开甲是中国科学院资深院士。他的研究成果，荣获国家科技进步奖特等奖、一等奖，国家发明奖二等奖和全国科学大会奖、何梁何利基金技术进步奖等多项奖励。1999 年，被党中央、国务院、中央军委授予“两弹一星”功勋奖章。2013 年，党中央、国务院为他颁发了国家最高科学技术奖。

对于这些崇高的荣誉，程开甲有他自己的诠释。他说：“我只是代表，功劳是大家的。功勋奖章是对‘两弹一星’精神的肯定，最高科学技术奖是对整个核武器事业和从事核武器事业团队的肯定。我们的核试验是研究所、基地所有参加者，有名的、无名的英雄们在弯弯曲曲的道路上一步一个脚印去完成的。”

④以竺可桢校长的两个问题作为切入点，教育学生要做新发展的主力军；要做志存高远的国之长者。

竺可桢校长的两个问题：诸位在校，有两个问题应该自己问问第一，到浙大来做什么？第二，将来毕业后做什么样的人？

a 要做新发展的主力军：第一是坚定“立德树人”和“价值观”。第二是坚持“求是创新”，①是要做到求真；②是要做到求新；③是要做到求是。第三是坚守“理想信念”。

b 要做志存高远的国之长者：名校为镇国重器，不是为了让你找工作的，而是培养是让国家相信真理，这才是一名在校生的风范。

④-3 以浙江大学校歌作为融入点,讲述:大学使命-海纳百川;浙大人使命-求是创新;浙大使命-树我邦国。教育学生要有使命感。

浙江大学校歌,马一浮作词

大不自多 海纳江河
惟学无际 际于天地
形上谓道兮 形下谓器
礼主别异兮 乐主和同
知其不二兮 尔听斯聪
国有成均 在浙之滨
昔言求是 实启尔求真
习坎示教 始见经纶
无曰已是 无曰遂真
靡革匪因 靡故匪新
何以新之 开物前民
嗟尔髦士 尚其有闻
念哉典学 思睿观通
有文有质 有农有工
兼总条贯 知至知终
成章乃达 若金之在熔
尚亨于野 无吝于宗
树我邦国 天下来同

(4) 融入方式

通过 PPT 授课、实验室挂图展示、师生讨论、总结归纳和学生课外阅读的方式实现。

(5) 教学资料:若干相关教学活动照片或 PPT、视频等材料

The image displays four slides from a PPT presentation. The first slide is the title page, featuring the Zhejiang University logo and the text: "专业型、探究型、创新型物理实验课程-绪论课", "普通物理学实验 II 与物理学实验 II", and "陈水桥 浙江大学物理实验教学中心". The second slide is the table of contents, titled "目录 | CONTENT", listing six items: 1. 课程基本情况, 2. 课程背景知识, 3. 实验中心简介, 4. 课程内容建设, 5. 课程安排实施, 6. 课程相关须知. The third slide is titled "概述" (Overview) and contains the text: "本课程是探究物理现象和规律的实验课程。课程内容均为与理工科学生需求关联的现代实验技术或前沿科学技术,学生可根据需求自主选择实验内容。本课程内容具有较强的探究性、创新性和自主性,在教学方法方面也别具一格。希望学生通过本课程的学习,为后续的专业课实验和以后科学研究工作打下扎实的基础。". The fourth slide is titled "对学生的要求" (Requirements for Students) and lists eight points: 1. 学习用实验的方法去探索物理现象和规律。 2. 能正确操作复杂仪器,并自主探究实验内容。 3. 熟悉用计算机软件等实验手段进行数据处理。 4. 熟练利用分光计和示波器等仪器完成物理实验。 5. 学会用虚拟仿真等实验方法探索物理现象。 6. 手写完备的实验报告,并深度分析实验内容。 7. 掌握课题研究方法和过程,并学会答辩和撰写论文。 8. 培养团队协作精神,学会共同完成探究实验和课题。

课程目标

能力目标：①能正确操作复杂仪器，并自主设计研究内容。②掌握混合实验、小课题和科创项目研究方法和过程，并学会答辩和撰写论文。

素质目标：①强化认真、严肃、刻苦、乐观的科学实验态度。②提升学生追求真理、探索未知领域的责任感，树立正确的社会主义核心价值观。③为培养专业型、探究型和创新型一流人才打下基础。

知识目标：①学会科学地观察、分析、探究事物物理现象和本质。②熟练掌握现代物理实验技术、手段和方法。

一流人才

课程建设

三位一体课程内容：包括：混合实验、小课题和科创项目。完善了教学内容。

多元化教学手段：建设了线上预习、线上听课和在线考试等一系列在线教学辅助平台。提升学习效率。

定位明确：本课程主要为浙大培养具有一定创新意识能力的一流学生，是从实验室走向研究的“敲门砖”。

“一站式”服务师生平台。①“学生部落”：智能化收发实验报告平台、资源查询平台等。②“立体化实验平台”：场景化操作平台、多媒体信息平台等“多维度”实验配套项目。

“一步反馈”信息平台。①学生实验报告问题，在课程系统“在线反馈”；②学生个性问题，在选课系统“一对一反馈”；③学生共性问题，在浙大打“共享反馈”。

课程特色

课程内容：混合实验、小课题和科创项目；三位一体。

教学方法：多元化教学手段和一系列线上线下辅助教学平台。

评价体系：“线上线下过程化”评价方法和“一步反馈”交流平台。

课程思政：王淦昌和程开甲事迹、诺贝尔奖科学家故事、在浙本科学实践成果。

创造力来源于实验实践

争做‘王淦昌’式的好老师，培养‘程开甲’式卓越学子。

物理学院理念

王淦昌

王淦昌，（1907年5月28日—1998年12月10日），中共党员。“两弹一星功勋奖章”获得者。王淦昌参与了**中国原子弹、氢弹原理突破及核武器研制的试验研究和组织领导，是中国核武器研制的主要奠基人之一。**

把科学的星辰留在浙大人心

- 1937年11月，日军侵略迫使浙大师生开始向西流亡。一年前，王淦昌受竺可桢校长邀请到浙江大学物理系任教，成为学校最年轻的教授。之后14年他与学校一同在艰难中跋涉求生，却开辟出一朵朵惊世骇俗的科学之花。
- 王淦昌是20世纪实验物理学三大女杰之一的迈特内教授唯一的中国学生。在德国柏林大学，王淦昌学习了最新的物理学理论与实验技巧，并展现出非凡的科学见解和实际的实验能力。但他却仍然选择回到祖国深爱的祖国。
- 王淦昌随北大途径浙江建德、江西奉新、广西宜山等地。最终在遵义遭遇敌寇小山城堡，王淦昌获得了宝贵的科研时间。双峰寺是王淦昌每天坚持的实验室，虽称实验室，却没有实验设施，连最基本的电都没有。在如此简陋的环境里，他制成的荧光粉——磷光硫化钙，却为国家填补了空白。
- 艰苦的条件下，王淦昌凭大脑推算写出了论文《关于探测中微子的建议》，中微子是当时最具挑战性的物理学界难题。论文1941年在美国《物理学报》发表。次年，美国学者阿伦教授按照论文中的建议成功完成了Be7的K电子实验，命名为“王淦昌-阿伦实验”，是国际物理学界1942年最重要的成就之一。后来，美国科学家塞本·海茨格根据这个实验制造出了美国第一颗原子弹。美国科学促进会也在1947年发行纪念刊《近百年科学之进步》，王淦昌被列为贡献人之一。
- 发现中微子后，王淦昌又着手寻找中微子。1943年写出了论文《关于宇宙线粒子的新一种实验方法》。后来英国物理学家鲍威尔用此法发现了 μ 介子，获得了1950年度的诺贝尔奖。王淦昌的一生多次与诺贝尔奖失之交臂，但他未间断过科学研究。
- 由于师资紧缺，王淦昌除了教授热学和近代物理外，还为化学系三年级学生开设了物理化学课。1945年，日本广岛原子弹爆炸后，王淦昌给学生讲原子弹的原理，吸引了更多学生转到物理系。诺贝尔奖获得者李政道曾是当时的浙大弟子，他后来写道：“直到现在，我还能记得曾有过讨论，以及他们激烈的我对物理的热情。”

隐姓埋名17载，以身许国铸科技长剑

- 1950到1960的十年间，王淦昌先后在北京中国科学院原子能所和苏联杜布纳联合原子核研究所任职。朝鲜战场上，他前去探测美军是否使用原子武器和放射性物质；在苏联，他领导的研究小组首次成功发现了一种反物质反西格玛负超子存在的证据。
- 1960年12月，王淦昌回国。4个月后，二机部副部长刘杰和时任部长兼原子能研究所所长钱三强向王淦昌传达了中央要求自力更生发展核武器的指示和周恩来总理的叮嘱。王淦昌便坚定地说：“我愿以身许国！”从此，在世界物理学界鼎鼎有名的王淦昌隐姓埋名了。他的名字变成了“王庚”；他放弃了已成名的核物理研究，各方面都不熟悉但国家迫切需要的核武器研制；.....1964年10月16日，中国成功爆炸第一颗原子弹。1967年6月17日，中国成功爆炸第一颗氢弹。
- 1978年，王淦昌调任北京核工业部副部长兼原子能研究所所长。人们才知道，核武器研制基地那个沉默寡言的“王庚”就是王淦昌！同年，获准公开身份的王淦昌如愿加入了中国共产党。
- 70年代末，原子能研究所及时开展电子学和激光的核聚变基础性研究，为通过可控核聚变获取能源做出了开创性贡献。1982年，王淦昌发现反西格玛负超子荣获国家自然科学一等奖。1985年，他组织核武器研制、试验方面的工作，同时荣获2项国家科技进步奖特等奖。1986年3月，王淦昌与王淦欣、陈芳允、杨嘉庆联名向中央提出了《关于国防研究外闯战略高技术发展的建议》，并由此诞生了举世瞩目的战略性高技术发展计划——“863”计划，为中国高技术发展开创了新局面。
- 1999年9月，党中央、国务院、中央军委召开大会，对当年为研制“两弹一星”作出贡献的23位科技专家予以表彰，追授王淦昌“两弹一星功勋奖章”。2003年，国际小行星命名委员会把一颗永久编号为14558的小行星命名为“王淦昌星”。
- 2017年，浙大物理系推出《在教师中树立起成为‘王淦昌’式的好老师的职业理想，把培养‘程开甲’式的卓越学子凝练成为我们的教育数学最高目标》，并在全体党员干部大会上正式确立。在此理念指导下，依托学院拔尖创新人才培养的探索，以期造就更多的国际一流人才和科学家。

程开甲

六份荣誉

- 中国科学院院士
- “两弹一星”功勋奖章
- 国家最高科学技术奖获得者
- “八一”勋章获得者
- “改革先锋”称号
- “人民科学家”国家荣誉称号

半生埋名，以身许国铸核盾

- 程开甲，中共党员，中国科学院院士。他隐姓埋名40年，一生为国铸核盾。先后参与和主持首次原子弹、氢弹试验。他是以身许国的时代楷模，荣获“八一勋章”、“两弹一星”功勋奖章和国家最高科学技术奖。
- 1960年，一纸命令将程开甲调入北京，加入到核武器研制的队伍。原子弹研制初期，程开甲担任核武器研究所副所长，分管材料力学方面的理论研究和物理研究，为原子弹的研制做出了贡献。他第一个采用合理的TMD模型估算出原子弹爆炸时弹心的压力和温度，为原子弹的总体力学计算提供了依据。
- 生命不息 创新不止**
- 1984年程开甲开展核武器试验基地，他的科研工作转入国防科技发展战略研究，开启了核科学研究的新时代。
- 20世纪80年代，程开甲提出必须提高我国战略武器抗辐射能力的思想，并亲自担任该研究方向的专业组组长，开创了抗辐射加固技术研究新领域。另一方面，他重新开始基础物理课题，他进一步发展、完善了“程-伍德”超导电性双理论。他提出并建立了系统的“TFDC（托马斯-费米-狄拉克-程开甲）”电子理论。为材料科学的发展提出了新的研究思想与方法。
- 努力不懈 不老常青**
- 程开甲是中国科学院资深院士。他的研究成果，荣获国家科技进步奖特等奖、一等奖，国家发明二等奖和全国科学大会奖、何乐利基金技术进步奖等多项奖励。1999年，被党中央、国务院、中央军委授予“两弹一星”功勋奖章。2013年，党中央、国务院授予他国家最高科学技术奖。
- 对于这些崇高的荣誉，程开甲有自己的诠释。他说：“我只是代表，功劳是大家的。功勋奖章是对‘两弹一星’精神的肯定，是最高科学技术奖是对整个核武器事业和从事核武器事业团队的双重肯定。我们核武器研究所、基地所有参加者，有名的、无名的英雄们在苦苦追求的道路上一步一步脚印去完成的。”

竺可桢校长的两个问题

诸位在校，有两个问题应该自己问第一，到浙大来做什么？第二，将来毕业后做什么样的人？

要做新发展的主力军

- 第一是坚定“立德树人”和“价值观”。
- 第二是坚持“求是创新”。
 - ①是要做到求真；
 - ②是要做到求真；
 - ③是要做到求是。
- 第三是坚守“理想信念”。

要做有使命感的浙大弟子

大学使命-海纳百川
浙大人使命-求是创新
浙大使命-树我邦国

大不自多 海纳江河
惟学无际 际于天地
形上谓道 形下谓器
礼主别异 乐主和同
知其不二 兮念所履
国有成均 在国之滨
言言是道 实实尔真
习坎为教 始足经纶
无白己是 无曰遯真
靡承匪因 靡庶匪新
可以新之 开物前民
肇尔髦士 尚其有闻
念俊典学 思睿理通
有文有质 有实有工
家必参贯 知至知终
成蹊乃达 若金之在
尚学于野 无吝于宗
树我邦国 天下来同

实验中心历史变迁

浙江大学物理学院成立于1928年，王淦昌、束星北、顾功叙、胡宁、吴健雄、胡济民、卢鹤绂、程开甲、李政道、吕敏、唐孝威、贺贤士等物理学家先后在此工作和学习。物理实验室始于1933年，1998年四校合并后组建成“物理实验教学中心”，是国家理科人才培养基地和国家工科基础课程物理教学基地。

实验室 → 四校实验室合并 → 普物近代实验合并 → 物理实验教学中心

实验室分布

物理实验教学中心

- 力学实验室
 - 力学实验室1
 - 力学实验室2
 - 力学实验室3
- 热学实验室
 - 热学实验室1
 - 热学实验室2
 - 热学实验室3
- 光学实验室
 - 光学实验室1
 - 光学实验室2
 - 光学实验室3
- 近代物理实验室
 - 近代物理实验室1
 - 近代物理实验室2
 - 近代物理实验室3

实验分布

大学物理实验

- 基础实验
- 混合实验
- 课题实验
- 近代实验
- 演示实验
- 仿真实验
- 天文实验

教学内容

本课程是“混合实验”、“小课题”和“科创项目”相结合的探究物理现象和规律的实验课程。课程内容均为与理工科学生需求关联的现代实验技术或前沿科学技术，学生可根据需求自主选择实验内容。

其中“混合实验”包括：综合实验、高阶实验、近代物理实验和虚拟仿真实验（线上虚拟仿真实验和线下虚拟仿真实验）。

本课程教学内容分三大类：“混合实验”、“小课题”和“科创项目”。①“混合实验”包括：“综合实验”（每个实验做1次），“高阶实验”（每个实验连续做2次），“近代物理实验”（每个实验做1次）“线下虚拟仿真实验”（每个实验连续做2次，学生必须到实验室做实验）和“线上虚拟仿真实验”（每个实验做1次，学生可以在实验室或学校其它场所上完成线上虚拟仿真实验，不用来实验室）。②“小课题”每个小课题连续做2次，有秋季学期小课题和春季学期小课题两种，学生只能选一次小课题，不能秋季学期的选春季的。③“科创项目”：每个科创项目连续做14次，秋季学期做科创项目，不再做混合实验。

教学实施

	可选项目总数/个	每位学生最多可选择项目数/个	实验次数/次	实验课时/小时	单次实验容纳学生数/个	总容纳学生量/个
混合实验	29	14	1或2	3或6	8-35	444
小课题	29	1	7	21*	2-5	125
科创项目	28	1	14	42*	4-6	150

*“混合实验”包括：预习、试验、数据处理和实验报告。“小课题”和“科创项目”包括：开题、设计、试验、分析、总结和答辩。“混合实验”需提交实验报告。“小课题”和“科创项目”需在期末提交论文和答辩PPT。

特别提示：①混合实验：做2次，只需完成1个实验报告，余解2次分数（分数相同）。②“小课题”余解7次相同分数。“科创项目”余解14次相同分数，且解小组或成员相同分数。③“线上虚拟仿真实验”线上实验，学生可以在实验室或学校其它场所完成线上虚拟仿真实验，不用来实验室，但是必须到实验室完成实验，并提交线上实验报告。④“小课题”和“科创项目”选学中，请及时与指导教师联系，以便索取“学习资料”。指导教师联系方式详见物理实验教学中心网站内。⑤“混合实验”需提交实验报告，“小课题”和“科创项目”需在期末提交论文和答辩PPT。

教学设计方案

混合实验

- 课前预习
 1. 教材学习
 2. 资料查阅
 3. 预习报告
- 教师授课
 1. 课程思政
 2. 实验背景
 3. 相关知识
 4. 实验原理
 5. 实验内容
- 操作与实验
 1. 仪器分析
 2. 实验设计
 3. 仪器调整
 4. 数据处理
 5. 实验报告
- 教学评价
 1. 实验过程
 2. 实验报告
 3. 仪器整理
 4. 对学生评价
 5. 对教师评价

实验背景(1)

(诺贝尔奖科学家)

迈克尔逊干涉仪调整和使用
干涉法测量光波波长的影响

迈克尔逊 1852-1931
Albert Abraham Michelson

- 主要从事光学和光谱学方面的研究，他以毕生精力从事光速的精密测量。
- 他一直是光速测定的国际中心人物。他发明了一种用以测定微小长度、折射率和液体粘度的干涉仪，在精密测量学方面起着重要的作用。
- 他发明精密光学仪器并借助这些仪器在光谱学和量子物理学的工作中所做出的贡献，被授予了1907年度诺贝尔物理学奖。

实验背景(2)

王大珩的工匠精神及爱国梦想：为祖国争光。

王大珩 1915年—2011年

中共党员，江苏吴县人，“两弹一星”功勋奖章获得者，著名光学家，中国近代光学工程的奠基人、技术奠基人、开拓者和组织领导者，被誉为“中国光学之父”。


- 领导早期研制中国第一辆光学玻璃、第一台电子显微镜、第一台激光器。
- 1980年和王淦昌、陈芳允、杨嘉墀联名，提出发展高新技术的建议（“863”计划），还与王淦昌联名倡议，促成了激光科学家王大珩的建设。
- 王大珩参与了航天测试的研制工作，研制了跟踪仪样机。

面前，激发学生的好奇心和求知欲，探索生活中的科学，培养学生的探索精神。然后再引导学生从实验现象、实验原理和实验应用的角度，思考“单缝”和“光栅”衍射之间的联系，融入了逻辑推理的科学方法。在实验背景中，引入光的“波动说”和光的“微粒说”的争论，教育学生“实事求是、追求真理”的科学精神和“求是创新”的浙大精神，以及让学生体会“事物发展的过程的前进性与曲折性的辩证统一”哲学思想。在介绍光栅的应用时，讲述长春光机所大型高精度光栅刻划机的成功研制的事例，激发学生报效祖国的热情和使命。

(2) 融入点

1. 从现象出发，利用生活中简单的物件如白纸、两只铅笔、光盘、手机屏幕等，把美丽的“衍射现象”呈现到学生面前，激发学生的好奇心和求知欲，探索生活中的科学，培养科学探索精神。
2. 在实验背景中，引入光的“波动说”和光的“微粒说”的争论，教育学生“实事求是、追求真理”的科学精神，融入“求是创新”浙大精神，以及让学生体会“事物发展的过程是前进性与曲折性的辩证统一”哲学思想。
3. 在实验背景中，介绍德国物理学家夫琅和费的事迹，融入科学家精神。
4. 本实验中，即涉及到单缝衍射、又涉及到光栅衍射。在实验中，先让学生真真切切地看到单缝和光栅的衍射图样，然后再引导学生从实验现象、实验原理和实验应用的角度，思考“单缝”和“光栅”衍射之间的区别与联系，融入了逻辑推理的科学方法。
5. 在介绍光栅的应用时，讲述长春光机所大型高精度光栅刻划机的成功研制的事例，激发学生报效祖国的热情和使命。

(3) 实例

教师活动	学生活动
<p>(1) 从现象出发，利用生活中简单的物件如白纸、两只铅笔、光盘、手机屏幕等，把美丽的“衍射现象”呈现到学生面前，激发学生的好奇心和求知欲，探索生活中的科学，培养探索精神。</p>  <p>教学过程中融入了探索精神等“道德修养”课程思政元素。</p>	<p>聆听讲解，观看实验演示。</p>
<p>(2) 在实验背景中，引入光的“波动说”和光的“微粒说”的争论，教育学生“实事求是、追求真理”的科学精神，融入“求是创新”浙大精神，并让学生体会“事物发展的过程的前进性与曲折性的辩证统一”哲学思想。</p> <p>在历史上，对于光的本质是什么曾有过一场长时间激烈的争论。对于光的本质有两种对立的观点。以惠更斯为代表的波动学说认为光是一种波动；以牛顿为代表的微粒学说认为光是由光源发出的微粒流；这两种观点对立。但由于当时牛顿的学术权威地位，微粒说一直占上风。直到 19 世纪初，英国科学家托马斯杨首次利用双缝观察到</p>	<p>聆听讲解，观看实验示意图、观看 PPT。</p>

了干涉条纹并利用光的波动学说成功解释了干涉现象后，波动学说才开始重新活跃起来。后又有菲涅尔提出波动的数学理论：惠更新-菲涅尔原理，圆满地解释了光的衍射现象和光的偏振现象等。经历了将近两百年的争论，众多科学家付出了自己的心血，波动学说才彻底战胜了微粒说。

这段科学史，一方面告诉我们要想获得突破，需要坚持自己的信念，实事求是。即使在权威面前，也要坚持真理的“科学家精神”，需要“求是创新”的浙大精神；另一方面，也体现了唯物辩证法的否定之否定哲学规律，即“事物发展的过程的前进性与曲折性的辩证统一”。“新事物的发展不是直线上升，而是曲折的”，“事物发展的总趋势是前进的，但道路是曲折的”。



教学过程中融入科学家精神以及哲学思想等“道德修养”课程思政元素。

(3) 在光的衍射分类中，介绍德国物理学家夫琅和费，融入科学家精神。

本实验中的所涉及到的衍射，都属于夫琅和费衍射。德国物理学家夫琅和费（Joseph von Fraunhofer, 1787-1826 年），勤奋刻苦，曾自己设计制造了许多光学仪器，如光学玻璃、消色差透镜、大型折射望远镜等，发明了光谱仪、改进了衍射光栅，还研究了太阳光谱的暗吸收线，即夫琅和费线。他的科学成果主要其中在光谱方面，被认为是光谱学的奠基人之一。在衍射方面，他研究了平行光通过单缝后的衍射（后人称之为夫琅和费衍射），还是第一个使用衍射光栅获得线谱的人，第一个用衍射光栅测量谱线波长的人。



教学过程中融入了科学家精神等“道德修养”课程思政元素。

(4) 本实验中，既涉及到单缝衍射、又涉及到光栅衍射。在实验中，先让学生真真切切地看到单缝和光栅的衍射图样，然后再引导学生从实验现象、实验原理和实验应用的角度，思考“单缝”和“光栅”衍射之间的区别与联系，培养学生的逻辑推理能力。

聆听讲解，观看实验示意图、观看 PPT。

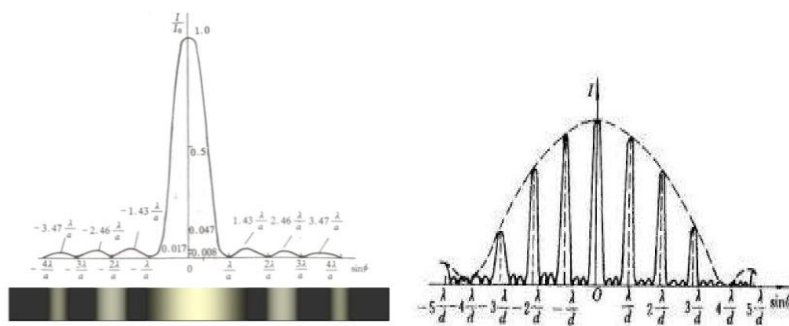
笔记记录、观看照片、观看 PPT、观看实验仪器、思考提问、归纳总结。

从实验现象上，激光通过单缝或者光栅后，光屏上的图案都是衍射，但是光栅衍射条纹的特点是：两条纹亮且细，间距大；单缝衍射条纹的特点是：中央主极大较宽，且占据了绝大多数能量，两侧亮纹较暗，且变窄。

从实验原理上，光栅可以认为是 N 个单缝的集合，光栅的每一个狭缝，都可以认为是一个光源，一个单缝衍射；除此之外，光栅衍射还要考虑狭缝之间的干涉，光栅的衍射条纹是单缝衍射和多缝干涉的总效应。光栅衍射条纹的条纹间距取决于光栅常数，而条纹的相对光强要受到单缝衍射的调制作用。

从实验现象上，通过学生动手实际操作光栅衍射实验，可以注意到光栅衍射不同级次亮点光强的变化，体会单缝衍射的调制作用；在实验应用上，通过光栅衍射，利用光栅方程，计算激光波长；通过单缝衍射，利用单缝衍射条纹中心公式，计算条纹的宽度。

通过对比学习，找出区别与联系，培养学生的逻辑推理能力。



教学过程中融入了逻辑推理的科学方法等“道德修养”课程思政元素。

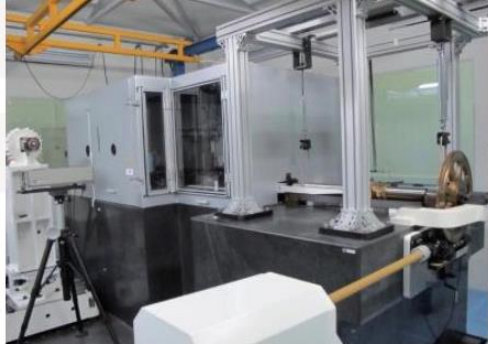
(5) 在介绍光栅的应用时，讲述长春光机所大型高精度光栅刻划机的成功研制的事例，激发学生报效祖国的热情和使命。

衍射光栅是重要的一类光学色散元件，除了光谱学方面，也应用在大功率激光和光刻领域。对于光栅而言，其刻槽的精度影响其分辨本领。只有当精度达到 10nm 量级，光栅的分辨本领才可以接近理论值，人们对光栅尺寸和精度的追求没有上限。因此制作光栅的母机——光栅刻划机尤为重要。

2016 年，中科院长春光机所历时八年，攻克 18 项关键技术，取得 9 项创新性成果，研制出一套大型高精度衍射光栅刻划系统，并刻制出面积为 $400\text{mm} \times 500\text{mm}$ 的中阶梯光栅。该项成果的取得，标志着我国的光栅制造能力达到国际领先水平，打破了我国大型光学系统、远程探测等战略高技术领域光栅应用受制于人的局面，解决了我国光谱仪器“有器无心”的问题，实现了“中国光栅梦”。^[1]

通过“中国光栅梦”的故事，激发学生报效祖国的热情和使命。

聆听讲解，观看实验示意图、观看 PPT。



教学过程中融入国内科学成果等“家国情怀”课程思政元素。

[1]中国科学院院刊

http://www.bulletin.cas.cn/publish_article/2018/Z1/2018Z113.htm#outline_anchor_11

(4) 融入方式

整个教学过程使用问答式、操作讲解、叙事讲述的教学方法，兼以挂图、白板书写、视频、实物展示、讨论互动等辅助教学手段。

(5) 教学资料：若干相关教学活动照片或 PPT、视频等材料

1. PPT（全部）

链接地址：<http://z.juphylab.zju.edu.cn/实验教学/课程思政教学案例>



1 实验背景 EXPERIMENT BACKGROUNDS

光的本质是什么？



微粒说



波动说

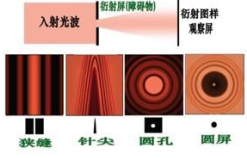
5

1 实验背景 EXPERIMENT BACKGROUNDS

神奇的光学

```

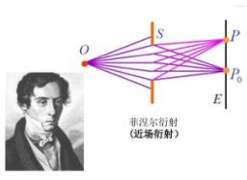
    graph TD
      A[光学] --> B[几何光学]
      A --> C[波动光学]
      A --> D[量子光学]
      C --> E[光的干涉]
      C --> F[光的衍射]
    
```



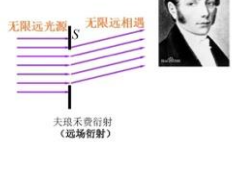
6

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

光的衍射的分类



菲涅尔衍射
(近场衍射)



夫琅禾费衍射
(远场衍射)

7

1 实验背景 EXPERIMENT BACKGROUNDS

光学衍射的应用

- (1) 光谱分析, 例如: 衍射光栅光谱仪
- (2) 结构分析, 例如: X射线衍射仪
- (3) 衍射成像, 在相干光成像系统中, 引进两次衍射成像概念, 空间滤波技术和光学信息处理。
- (4) 大功率激光和光刻、光束整形, 衍射光学元件



8

1 实验背景 EXPERIMENT BACKGROUNDS

对光栅尺寸和精度的追求没有上限



中国光栅梦

2016年长春光机所大型高精度光栅刻划机

9

2

EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的

2 实验目的 EXPERIMENT OBJECTIVE

- 了解光的衍射的定义;
- 了解光的衍射条件;
- 利用光的衍射原理, 测量光的波长以及其他物理量。

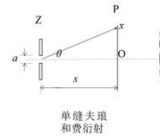
11

3

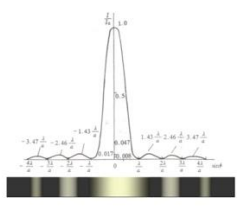
EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

2. 单缝夫琅和费衍射



单缝夫琅和费衍射



13

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

k 级暗纹中心满足:

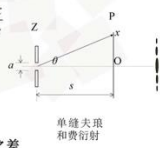
$$a \sin \theta = k\lambda \quad (k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

在近似条件下: $s \gg a$ $\sin \theta \approx \theta \approx \frac{x}{s}$

暗纹中心的位置为: $x = k \frac{s\lambda}{a}$

中央主极大 (零级 半角宽度 $\Delta\theta = \frac{\lambda}{a}$ 亮斑)

注: 角宽度: 相邻两暗纹中心对应的衍射角之差
线宽度: 观察屏上相邻两暗纹中心的间距



14

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

单缝的夫琅和费衍射的光强公式为:

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2$$

$$u = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

次级强的光强

$$I_1 \approx 4.7\% I_0, I_2 \approx 1.7\% I_0, I_3 \approx 0.8\% I_0$$

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

3. 光栅衍射

光栅: 大量等宽等间距的平行狭缝(或反射面)构成的光学元件

光栅常数 $d = a + b$

a 透光宽度
 b 不透光宽度

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

光栅的衍射=单缝衍射+多缝干涉

光栅方程 $(a+b)\sin\theta = \pm k\lambda \quad k=0,1,2,3,\dots$

4 EXPERIMENT CONTENT 实验内容

3 实验原理 EXPERIMENT PRINCIPLE

- 1、调节光学导轨, 确保各光学元件共轴等高;
- 2、观察光栅板上不同形状衍射图案, 判断衍射点“形状”;
- 3、观察一维光栅衍射, 测量正负一级干涉点间距, 根据光栅方程计算光源波长;
- 4、观察单缝衍射图案, 绘制光强分布图(测量大致±2级亮纹位置), 计算单缝宽度。

5 DATA PROCESSING 数据处理

5 数据处理 DATA PROCESSING

表1: 光栅衍射数据

衍射屏位置		接收屏位置			
+1亮纹中心		0亮纹中心		-1亮纹中心	
位置	光强	位置	光强	位置	光强

5 数据处理 DATA PROCESSING

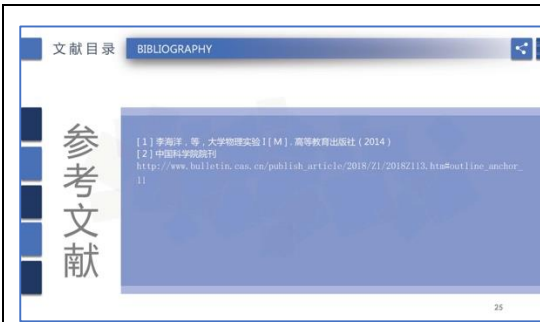
表2: 单缝夫琅和费衍射数据

衍射屏位置		接收屏位置			
位置	光强	位置	光强	位置	光强

6 EXPERIMENT INSPIRATION 实验思考

6 实验思考 EXPERIMENT INSPIRATION

- 1、不同形状的障碍物衍射图案的特征, 举一两个例子详细说明。
- 2、单缝衍射图案随着入射光波长和狭缝尺寸的改变会如何变化;
- 3、光栅衍射亮纹分布和单缝衍射亮纹分布有何区别, 原因是什么;
- 4、单缝衍射两侧光强不是严格对称的原因是什么。



2. 挂图

光的衍射

实验简介

光的衍射现象一般是指光遇到障碍物时偏离直线传播方向的现象。光的衍射和光的干涉一样证明了光具有波动性。

一般衍射分为单缝衍射、多缝衍射和光栅衍射等。而根据狭缝形状又有矩形孔衍射和圆形孔衍射等。不同的衍射光，其光强分布特性也不一样。本实验利用计算机技术分析和研究单缝衍射光的强度分布特性，并计算光波波长。

实验装置示意图

光栅尺

单缝的夫琅和费衍射原理

明条纹的中心位置为: $x = k \frac{s\lambda}{a}$

衍射角: $\theta = k\lambda / a$ 光波波长计算公式为: $\lambda = \frac{ax}{ks}$

单缝衍射的相对光强曲线

光栅尺测量方法

各种衍射光斑图

3. 照片 (授课现场)



3. 案例 3

(1) 教学内容

在非涅尔双棱镜前设置的实际光源的光波经菲涅尔棱镜作用后，形成两个虚光源，此时菲涅尔双棱镜干涉的效果可以理解为两个虚的相干光源发出的光波在传播交叠的空间区域内形成干涉。这一现象意味着菲涅尔双棱镜干涉的物理本质与杨氏双缝干涉实验一致，在物理图像上均可以理解为将光波前“一分为二”的思想去利用分波前法产生干涉。

本案例利用双棱镜干涉现象测量氦氖激光波长，其本质是双缝干涉，在介绍托马斯杨的故事时，融入“实践是检验真理的唯一标准”、“浙大求是创新精神”。从光的“波粒之争”，历经 300 多年，最终由爱因斯坦总结出光的波粒二象性，融入矛盾论，对立与统一的哲学思想。在做实验过程中光路没有等高共轴，元件摆放没有做到垂直，对称，距离设置不合理，最后测得的激光波长误差会较大。所谓“差之毫厘，谬以千里”。做实验，做人，做事，要做到明察秋毫，一丝不苟。介绍激光器的历史发展，我国的激光器研制处于世界前列，指导学生要有国家荣誉感，激发学生要有报效祖国的使命。

(2) 融入点

1. 在介绍物理光学历史上著名的“波粒之争”事件，从托马斯杨不惧权威，用光的波动说解释双缝干涉实验，融入“实践是检验真理的唯一标准”、“求是创新精神”。

无曰已是 无曰遂真（不要说已把握事物本质，也不要说已穷尽真理）

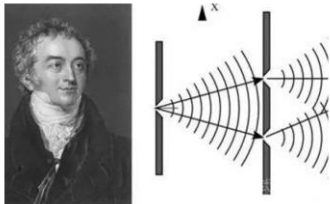
昔言求是 实启尔求真（以求是为宗旨，启迪人们求真。）

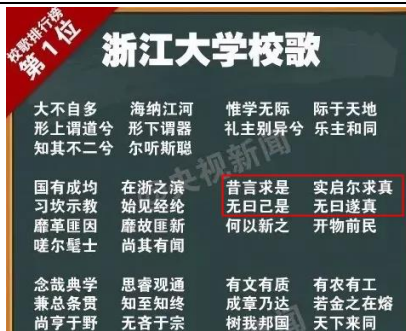
2. 从光的“波粒之争”，历经 300 多年，最终由爱因斯坦总结出光的波粒二象性，融入矛盾论，对立与统一的哲学思想。

3. 从光路等高共轴调节，元件摆放，距离设置等，切入“差之毫厘，谬以千里”故事。融入要科学实验精神。

4. 从爱因斯坦 1917 年提出受激辐射，到 1960 年第一台激光器诞生，讲我国于 1961 第一台激光器诞生，只晚一年，这表明我国激光技术当时已达到世界先进水平。指导学生要有国家荣誉感，激发学生要有报效祖国的使命。

(3) 实例

教师活动	学生活动
<p>(1) 在介绍物理光学历史上著名的“波粒之争”事件，从托马斯杨不惧权威，用光的波动说解释双缝干涉实验，融入“实践是检验真理的唯一标准”、“求是创新精神”。</p> 	<p>聆听讲解，观看图片，观看 PPT。</p>



托马斯·杨 (Thomas Young, 1773 年-1829 年) 英国医生、物理学家，光的波动说的奠基人之一。

托马斯·杨不仅在物理学领域领袖群英、名享世界，而且涉猎甚广，力学、数学、光学、声学、语言学、动物学、考古学等等。他对艺术还颇有兴趣，热爱美术，几乎会演奏当时的所有乐器，并且会制造天文器材，还研究了保险经济问题。托马斯·杨擅长骑马，并且会耍杂技走钢丝。

牛顿曾在其《光学》的论著中提出光是由微粒组成的，在之后的近百年时间，人们对光学的认识几乎停滞不前，直到托马斯·杨的诞生，他成为开启光学真理的一把钥匙，为后来的研究者指明了方向。

杨做了著名的杨氏双缝干涉实验，为光的波动说奠定了基础。

这个著名的实验如今已经进入中学物理课本：让通过一个小针孔 S0 的一束光，再通过两个小针孔 S1 和 S2，变成两束光。这样的两束光来自同一光源，所以它们是相干的，结果表明，在光屏上果然看见了明暗相间的干涉图样；后来，又以狭缝代替针孔，进行了双缝实验，得到了更明亮的干涉条纹。

然而，这个理论在当时并没有受到应有的重视，还被权威们讥为“荒唐”和“不合逻辑”，这个自牛顿以来在物理光学上最重要的研究成果，就这样被缺乏科学讨论气氛的守旧的舆论压制了近 20 年。

杨并没有向权威低头，而是为此撰写了一篇论文，不过论文无处发表，只好印成小册子，据说发行后“只印出了一本”。杨在论文中勇敢地反击：“尽管我仰慕牛顿的大名，但是我并不因此而认为他是万无一失的。我遗憾地看到，他也会弄错，而他的权威有时甚至可能阻碍科学的进步”。

实践是检验真理的唯一标准”、“求是创新”

杨在物理光学领域的研究是具有开拓意义的，他第一个测量了 7 种光的波长，最先建立了三原色原理：指出一切色彩都可以从红、绿、蓝这三种原色中得到。杨对弹性力学也很有研究，后人为了纪念他的贡献，把纵向弹性模量称为杨氏模量。

(2) 从光的“波粒之争”，历经 300 多年，最终由爱因斯坦总结出光的波粒二象性，融入矛盾论，对立与统一的哲学思想。矛盾论，毛泽东主席于 1937 年 8 月所写，曾在延安的抗日军事政治大学作过讲演。文章是为了克服存在于党内的严重的教条主义思想而

聆听讲解，观看实验挂图、观看 PS 图片、观看 PPT、思考提问、师生互动。

写。文章从两种宇宙观、矛盾的普遍性、矛盾的特殊性、主要的矛盾和主要的矛盾方面、矛盾诸方面的同一性和斗争性、对抗在矛盾中的地位、结论等几方面进行了论述。指出事物的矛盾法则即对立统一的法则是唯物辩证法最根本的法则，事物发展的根本原因在于事物内部的矛盾性；矛盾存在于一切事物发展的过程中，贯穿于每一事物发展过程的始终；矛盾普遍性和矛盾特殊性的关系，就是矛盾共性和个性的关系；事物的性质主要是由取得支配地位的矛盾的主要方面规定的；在同一性中存在着斗争性，在特殊性中存在着普遍性，在个性中存在着共性。

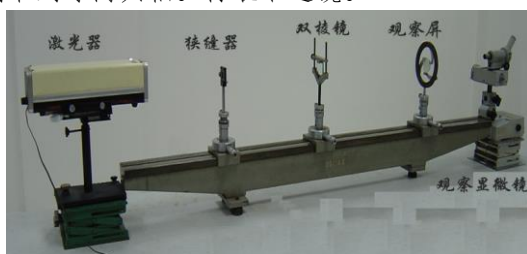
在哲学上普遍性达到极限程度的辩证法规律只有三个，它们是对立统一规律、量变质变规律、否定之否定规律。其中对立统一规律揭示了客观存在具有的特点，任何事物内部都是矛盾的统一体，矛盾是事物发展变化的源泉、动力。

量变质变规律揭示了事物发展变化形式上具有的特点，从量变开始，质变是量变的终结。否定之否定规律揭示了矛盾运动过程具有的特点，它告诉人们，矛盾运动是生命力的表现，其特点是自我否定、向对立面转化。因此否定之否定规律构成了辩证运动的实质。



(3) 从光路等高共轴调节，元件摆放，距离设置等，切入“差之毫厘，谬以千里”故事。融入要科学实验精神。

取下狭缝和双棱镜，调节激光方向和透镜高度，当透镜由近到远进行移动时，激光与透镜中心的相对位置不发生变化时。表明光路已被调节到等高共轴。再取下透镜。



放上狭缝（距离观察屏要大于 4 倍透镜焦距），让激光正入射狭缝，调节狭缝宽度，使得衍射的中央明纹变得很宽。

放上双棱镜，双棱镜要垂直光路，且棱脊平分衍射的中央明纹。放上透镜，改变双棱镜和狭缝的距离，观察二次成像现象中像点间距的变化，取下透镜，观察条纹间距随双棱镜和狭缝的距离的变化。

聆听讲解，观看实验动画、观看 PPT、思考提问、师生互动。

<p>据此，设置合适的双棱镜和狭缝的距离。 光路没有等高共轴，元件摆放没有做到垂直，对称，距离设置不合理，最后测得的激光波长误差会较大。 所谓“差之毫厘，谬以千里”。做实验，做人，做事，要做到明察秋毫，一丝不苟。</p>	
<p>(4) 从爱因斯坦 1917 年提出受激辐射，到 1960 年第一台激光器诞生，讲我国于 1961 年第一台激光器诞生，只晚一年，这表明我国激光技术当时已达到世界先进水平。指导学生要有国家荣誉感，激发学生要有报效祖国的使命。</p> <p>1917 年爱因斯坦提出了一套全新的技术理论‘光与物质相互作用’。这一理论是说在组成物质的原子中，有不同数量的<u>粒子</u>（电子）分布在不同的能级上，在高能级上的粒子受到某种光子的激发，会从高能级跳到（跃迁）到低能级上，这时将会辐射出与激发它的光相同性质的光，而且在某种状态下，能出现一个弱光激发出一个强光的现象。这就叫做“受激辐射的光放大”，简称激光。</p> <p>1953 年 12 月，汤斯和他的学生阿瑟·肖洛终于制成了按上述原理工作的一个装置，产生了所需要的微波束。这个过程被称为“受激辐射的微波放大”。按其英文的首字母缩写为 M. A. S. E. R, 并由之造出了单词“maser”（脉泽）（这样的单词称为首字母缩写词，在技术术语中越来越普遍使用）。</p> <div data-bbox="304 1070 951 1413" data-label="Image"> </div> <p>1958 年，美国科学家肖洛（Schawlow）和汤斯（Townes）发现了一种神奇的现象：当他们将氪光灯泡所发射的光照在一种稀土晶体上时，晶体的分子会发出鲜艳的、始终会聚在一起的强光。根据这一现象，他们提出了“激光原理”，即物质在受到与其分子固有振荡频率相同的能量激发时，都会产生这种不发散的强光——激光。他们为此发表了重要论文，并获得 1964 年的诺贝尔物理学奖。</p> <p>1960 年 7 月 7 日，西奥多·梅曼宣布世界上第一台激光器诞生，梅曼的方案是，利用一个高强闪光灯管，来激发<u>红宝石</u>。由于红宝石其实在物理上只是一种掺有<u>铬原子</u>的刚玉，所以当红宝石受到刺激时，就会发出一种红光。在一块表面镀上反光镜的红宝石的表面钻一个孔，使红光可以从这个孔溢出，从而产生一条相当集中的纤细红色光柱，当它射向某一点时，可使其达到比太阳表面还高的温度。</p>	

前苏联科学家尼古拉·巴索夫于1960年发明了半导体激光器。半导体激光器的结构通常由p层、n层和形成双异质结的有源层构成。其特点是：尺寸小、耦合效率高、响应速度快、波长和尺寸与光纤尺寸适配、可直接调制、相干性好。1961年8月，中国第一台激光器——“小球照明红宝石”激光器，在中国科学院长春光学精密机械研究所诞生了。它虽比国外同类型激光器的问世迟了近一年的时间，但在许多方面有自身的特色，特别是在激发方式上，比国外激光器具有更好的激发效率，这表明我国激光技术当时已达到世界先进水平。这台激光器的设计师是王之江教授，他被称为“中国激光之父”。

(4) 融入方式

整个教学过程使用问答式、操作讲解、叙事讲述的教学方法，兼以挂图、白板书写、视频、实物展示、讨论互动等辅助教学手段。

(5) 教学资料：若干相关教学活动照片或PPT、视频等材料

1. PPT

The PPT content is as follows:

- Slide 1: Title Slide**
 - 菲涅尔双棱镜干涉实验
 - 2022.10.20
- Slide 2: Experimental Background**
 - 1887年，德国物理学家海因里希·赫兹做实验观察到光电效应、电磁波的发射与接收。
 - 爱因斯坦 光子假设，成功解释了光电效应（因此获得1921年诺贝尔物理学奖）
 - 美国物理学家罗伯特·密立根 实验验证光电效应
 - Albert Einstein 1879年3月14日—1955年4月18日
- Slide 3: Experimental Objectives**
 - 了解干涉的基本原理
 - 了解双棱镜干涉装置及光路调节技巧
 - 观察双棱镜干涉现象并测定光波波长
 - $\lambda = 632.8\text{nm}$
- Slide 4: Experimental Principle**
 - 菲涅尔双棱镜干涉实验原理图
 - 干涉条纹
 - 菲涅尔双棱镜干涉实验装置

实验名称

量测条纹间距

干涉条纹间距的测量，就是测量两个相邻干涉极大或两个相邻干涉极小之间的距离。
 若于点阵内找到两个相邻极大或两个相邻极小之间的距离为Δx，那么相邻极大或两个相邻极小之间的距离为Δx/2。

干涉极大和极小的位置，由光程差决定。干涉极大的位置为光程差为波长的整数倍，干涉极小的位置为光程差为半波长的奇数倍。

干涉极大的位置为： $\Delta x = k\lambda$ (k=0, 1, 2, ...)

干涉极小的位置为： $\Delta x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ (k=0, 1, 2, ...)

实验名称

干涉条纹间距测量

干涉极大(亮条纹)与干涉极小(暗条纹)的理论来源：
 光程差与波长关系： $\Delta L = k\lambda$ 与 $\Delta L = (k-1/2)\lambda$
 在 $D \gg d, D \gg \lambda$ 时有 $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

光程差： $\Delta L = d \sin\theta \approx d \theta$

对于第k级的亮条纹，光程差满足： $\Delta L = k\lambda = \frac{d \Delta x}{D}$ (k=0, 1, 2, ...)

对于第k+1级的亮条纹，光程差满足： $\Delta L = (k+1)\lambda = \frac{d \Delta x'}{D}$

对于第k级的暗条纹，光程差满足： $\Delta L = (k-1/2)\lambda = \frac{d \Delta x''}{D}$ (k=1, 2, ...)

对于第k+1级的暗条纹，光程差满足： $\Delta L = (k+1/2)\lambda = \frac{d \Delta x'''}{D}$

干涉条纹间距： $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$

实验名称

量测条纹间距

干涉极大和极小的位置，由光程差决定。干涉极大的位置为光程差为波长的整数倍，干涉极小的位置为光程差为半波长的奇数倍。

干涉极大的位置为： $\Delta x = k\lambda$ (k=0, 1, 2, ...)

干涉极小的位置为： $\Delta x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ (k=0, 1, 2, ...)

实验名称

二次成像法测D和d

虚光源S₁'、S₂'位置由哪些因素有关？
 在双缝与成像屏之间设置一透镜，固定虚光源和屏的位置(即D为固定值)，移动透镜可看到虚光源两次成像现象。

根据透镜成像公式： $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

可看出要成两次像，需满足 $D > 4f$ 且两次成像的物距，像距满足 $u_1 = v_2, u_2 = v_1$ 因为虚光源位置看不到，物距无法测量，所以D可转换为像距的测量，即 $D = v_1 + v_2$

实验名称

二次成像法测D和d

干涉极大的位置为： $\Delta x = k\lambda$ (k=0, 1, 2, ...)

干涉极小的位置为： $\Delta x = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ (k=0, 1, 2, ...)

实验名称

等高共轴

1. 将透镜放置在光具座上，调节透镜位置至距离虚光源较远的位置，调节虚光源前三个位置透镜，使得激光正好处于透镜光轴中心。其次，调节透镜位置至靠近毛玻璃屏的位置，调节虚光源后三个位置透镜使得激光正好处于透镜光轴中心。经过多次调节之后，当透镜由远到近进行移动时，激光与透镜中心的相对位置不发生变化时，表明光路已被调节到等高共轴。

实验名称

数据记录

2. 取下透镜，将透镜器放置在光具座上，调节透镜器的高度与水平位置使得激光处于恰当位置，调节狭缝大小，使衍射的中央明纹变宽。设置狭缝器的原因一方面在于削弱激光功率保证安全性，另一方面在于保证激光的相干性，使得干涉现象更容易观察到。

3. 设置望远镜使狭缝器调节望远镜或透镜，使狭缝射出的光能刚好照射在双缝透镜的透镜的两侧。

实验名称

数据记录

4. 双透镜设置完毕后，重新将透镜对准光路中，通过反复调节透镜的位置，使得毛玻璃屏上成清晰的缩小(放大)像，调节读数显微镜的高度在视野中找到透镜成像，进一步调节读数显微镜使透镜成像位于视野内成清晰像，继续调节透镜位置，当视野中呈现最清晰的缩小(放大)像时，利用光具座刻度读取物距 v_1 (v_2)，移动读数显微镜镜头使十字叉丝竖线对准像点，得到两个镜头读数测量数据相减后得到 d_1 和 d_2 。

5. 移去光具座上的透镜，利用读数显微镜直接观测干涉条纹间距，读取连续16条条纹的位置读数计算 $10\lambda x$ 。

实验名称

注意事项

- 不能直视激光
- 元件摆放(垂直, 对称)
- 观测清晰像
- 螺距差、视差

实验名称

数据处理

记录毛玻璃屏的位置 $v_{0i} = \dots$

实验次数	v_{01}/cm	v_{02}/cm	D/cm	d_{11}/cm	d_{12}/cm	d_1/cm	d_{21}/cm	d_{22}/cm	d_2/cm
1									
2									
3									
4									
5									
6									

v_{01} : 放大像透镜位置读数
 v_{02} : 缩小像透镜位置读数
 d_1 : 虚光源的放大像像点间距
 d_2 : 虚光源的缩小像像点间距
 $D = |v_{01} - v_{02}| + |v_{02} - v_{01}|$

实验名称

数据处理—测条纹间距

条纹位置	条纹位置	y
S1	S11	y1
S2	S12	y2
S3	S13	y3
S4	S14	y4
S5	S15	y5
S6	S16	y6
S7		
S8		
S9		
S10		

写出直接测量结果表达式：
 其中不确定度 $u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$
 u_1 为测量值的算数平均值的标准偏差： $u_1 = \frac{\Delta x}{\sqrt{N}}$
 光具座直尺 $\Delta_{D0} = 0.2mm$, 读数显微镜 $\Delta_{D0} = 0.004mm$
 $d_1 = \bar{d}_1 \pm u_{d1}$, $d_2 = \bar{d}_2 \pm u_{d2}$, $y = \bar{y} \pm u_y$, $D = \bar{D} \pm u_D$
 间接不确定度计算方法：
 $\ln \lambda = \frac{1}{2} \ln d_1 + \frac{1}{2} \ln d_2 + \ln y - \ln(D) - \ln 10$
 $\frac{u_\lambda}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{u_{d1}}{2d_1}\right)^2 + \left(\frac{u_{d2}}{2d_2}\right)^2 + \left(\frac{u_y}{y}\right)^2 + \left(\frac{u_D}{D}\right)^2}$
 最后写出 $\lambda = \bar{\lambda} \pm u_\lambda$

实验名称

思考题

一 用二次成像法测虚光源像点间距时有同学发现，移动透镜，当找到一个虚光源像点清晰的时候，另一个像点却是模糊的，请问这是什么原因？(激光的方向已调到导轨平行且激光正入射狭缝)

二 高狭缝和毛玻璃屏位置固定，双透镜向毛玻璃屏靠近，即增大双透镜和狭缝的距离B，用二次成像法测虚光源像点间距会怎么变化？条纹间距会怎么变化？

三 用二次成像法测虚光源像点间距时两个像点清晰程度不一样，这是什么原因？(激光的方向已调到导轨平行且激光正入射狭缝)

四 二次成像法测虚光源间距，要让虚光源能二次成像的前提条件是什么？两次成像的物距，像距有什么关系？请证明



2. 挂图

菲涅耳双棱镜干涉

实验简介

本实验主要介绍了一个利用双棱镜干涉法测量单色光波长的实验,通过实验掌握光的相干性、光的波面干涉原理、光波波长测量方法和光学实验技巧。

读数显微镜

(a)目镜, (b)物镜, (c)载物台, (d)物镜筒, (e)升降螺钉, (f)升降杆, (g)底座, (h)物镜

双棱镜干涉实验光路原理示意图

等高共轴调整法

等高共轴调整是指光具座(或光学平台)上各元件等高且共轴的调整技术。

(1)目测粗调法:依次把光学器件安装在光具座上,调节高低、左右位置,通过目测,使各器件的中心大致在一条与光具座平行的直线上,并使它们所处的平面互相平行且垂直于光具座。

(2)显微镜调法:利用两次成像的中心重合与圆斑判断是否完全等高共轴。

干涉条纹间距测量方法示意图

二次成像原理光路图

实验仪器系统

(a)激光器, (b)狭缝器, (c)双棱镜, (d)凸透镜, (e)毛玻璃屏, (f)读数显微镜

背景知识

菲涅耳(1788-1827)是法国物理学家。他的主要科学成就有两个方面:一个是用新的定量形式建立了惠更斯-菲涅耳原理,完善了光的波动理论;另一个是发现了光的圆偏振和轴偏振现象。用波动说解释了偏振面的旋转,奠定了晶体光学的基础;由于在物理光学研究中的突出成就,菲涅耳被誉为“物理光学的缔造者”。

注意事项

- 1.在测量过程中不能随意改变 θ 和 D 的大小。
- 2.狭缝与双棱镜的距离 d 影响虚光源成像和干涉条纹间距,实验中应取 $d=1.5\lambda$ 。
- 3.狭缝与毛玻璃屏的距离 D 影响干涉条纹的间距和清晰度,实验中应取 $D=4.5\lambda$ 。
- 4.由于激光不是严格的平行光,在测量 d 和 D 时,必须测两狭缝中心位置。
- 5.激光不能直射眼睛,手不能直接触摸光学器件光表面。

物理实验教学中心

3. 照片 (授课现场)



4. 案例 4

(1) 教学内容

一束单色光平行光束射向棱镜，先后经过棱镜表面的两次折射，使得出射光线与入射光线之间有一个夹角 δ ，称为偏向角。实验表明，当保持入射光的方向不变而转动棱镜时，使入射角由 0° 向 90° 变化，则出射光线会先向入射光线方向靠拢，在中间某个位置会发生折返，即远离入射光线。说明偏向角存在一个最小偏向角，这时入射光线的方向，恰巧使传播于棱镜中的光线与顶角构成一等腰三角形，这也使得出射光线和入射光线两者对称地跨于棱镜两侧，即第一表面的光线入射角等于第二表面的光线折射角。运用折射定律，可以获得折射率。介绍中国古代对色散的研究。教学过程中融入中国传统文化的美、热爱中国传统文化、热爱祖国等“家国情怀”课程思政元素。介绍牛顿做光的色散实验的故事，融入科学家精神。从实验过程中寻找谱线折返点，融入我党历史上著名的四渡赤水之战。引导学生深刻认识党为国家和民族作出的伟大贡献，深刻感悟党始终不渝为人民的初心宗旨，学习党推进马克思主义中国化形成的重大理论成果，传承党在长期奋斗中铸就的伟大精神。

(2) 融入点

1. 关于光的色散，介绍中国古代对色散的研究。教学过程中融入中国传统文化的美、热爱中国传统文化、热爱祖国等“家国情怀”课程思政元素。
2. 1665 年英国闹瘟疫，为了减少感染，剑桥大学暂时放假了。牛顿回到了自己的家乡。1666 年，牛顿用三棱镜研究日光，得出结论：白光是由不同颜色的光混合而成的，不同颜色的光有不同的折射率。融入科学家精神。
3. 从实验过程中寻找谱线折返点，融入我党历史上著名的四渡赤水之战。毛泽东指挥中央红军三个月的时间六次穿越三条河流，转战川贵滇三省，巧妙地穿插于国民党军重兵集团围剿之间，不断创造战机，在运动中大量歼灭敌人，牢牢地掌握战场的主动权，取得了红军长征史上以少胜多，变被动为主动的光辉战例。引导学生深刻认识党为国家和民族作出的伟大贡献，深刻感悟党始终不渝为人民的初心宗旨，学习党推进马克思主义中国化形成的重大理论成果，传承党在长期奋斗中铸就的伟大精神。

(3) 实例

教师活动	学生活动
<p>(1) 介绍中国古代对色散的研究。教学过程中融入中国传统文化的美、热爱中国传统文化、热爱祖国等“家国情怀”课程思政元素。</p> 	<p>聆听讲解，观看图片，观看 PPT。</p>

1. 战国时期《楚辞》中有把虹的颜色分为“五色”的记载。

2. 东汉蔡邕（132~192年）在《月令章句》中对虹的形成条件和所在方位作了描述。

3. 唐初孔颖达（574~648年）在《礼记注疏》中粗略地揭示出虹的光学成因：“若云薄漏日，日照雨滴则生虹”说明虹是太阳光照射雨滴所产生的一种自然现象。

4. 公元八世纪中叶，张志和（744~773年）在《玄真子·涛之灵》中第一次用实验方法研究了虹，而且是第一次有意识地进行白光色散实验：“背日喷呼水成虹霓之状，而不可直也，齐乎影也”。

5. 南宋程大昌（1123~1195年）在《演繁露》中记述了露滴分光的现象，指出了日光中包含有数种颜色，经过水珠的作用而显现出来，可以说，他已接触到色散的本质了。李时珍也曾指出较大的六棱形水晶和较小的水晶珠，都能形成色散。

6. 明末，方以智（1611~1671年）在所著《物理小识》中综合前人研究的成果，对色散现象作了极精彩的概括，他把带棱的自然晶体和三棱晶体将白光分成五色，与向日喷水而成的五色人造虹、日光照射喷泉产生的五色现象，以及虹霓之彩、日月之晕、五色之云等自然现象联系起来，认为“皆同此理”即都是白光的色散。

 教学过程中融入中国传统文化的美、热爱中国传统文化、热爱祖国等“家国情怀”课程思政元素。

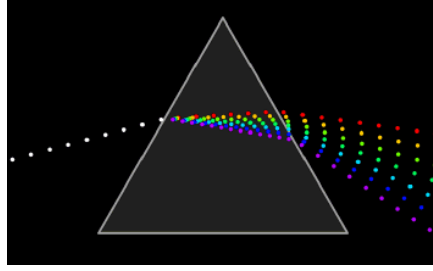
(2) 从牛顿用三棱镜研究日光切入，融入科学家精神。

 1665年英国正在闹瘟疫，为了减少感染，剑桥大学暂时放假了。牛顿回到了自己的家乡。他虽然也去田里干活，但更多的精力还是用于科学研究。他在上大学的时候，就非常喜欢做物理实验，接触到许多的光学仪器。当时的光学仪器存在许多的缺陷，这些问题却被牛顿牢牢记在了心里。

 一天，牛顿拿出一块玻璃三棱镜准备做实验，一束阳光射了进来。细心的牛顿发现地面上呈现出红、黄、青、紫等各种颜色的光，而且排成了鲜艳彩带。牛顿以前曾多次使用过三棱镜，都没有发现这个现象。

 牛顿开始对这一现象进行认真的研究。他用支架把三棱镜安放好，接着拿出两张硬纸板。在一张纸板上刻出一条缝放在棱镜前面，将另一张放在棱镜后面作光屏。当一束阳光穿过窄缝射到棱镜上时，在进入棱镜的一面发生一次折射，从棱镜的另一面射出时又发生一次折射。经过两次折射后，光线的方向变了，在后面的屏上形成一条由红、橙、黄、绿、蓝、青、紫七种颜色排开的彩色光带。难道白色的阳光是由这七种颜色的光组成的吗？牛顿开始查找资料，很快便发现了对这一现象的解释：白色的光通过三棱镜后之所以变成依次排列的各色光，并不是白光有复杂成分，而是白光与棱镜相互作用的结果。牛顿开始考虑这个问题的真实性。如果白光通过棱镜后变成七种颜色的光是由于白光与棱镜的相互作用，那么这些颜色的光经过第二个棱镜时必然会再次改变颜色。他根据自己的想法继续做实验。牛顿先在棱镜后面竖放一张开有小孔的屏，这样转动前面的棱镜，就可以使不同颜色的光单独地穿过小孔。

聆听讲解，观看实验挂图、观看PS图片、观看PPT、思考提问、师生互动。



在屏的后面再放一块三棱镜，就能观察到这些单色光通过第二块棱镜后颜色是否会改变。但实验的结果表明，这些单色光经过第二块棱镜后没有再分解，颜色也没有变化，看来别人的解释并不正确。紧接着牛顿又想，既然一块棱镜能把白光分解成七种颜色的光，那么用另一块棱镜就可能使这些彩色的光复原为白光。

于是他又在第一块棱镜后倒放了一块顶角较大的棱镜，果然实验成功了，七种颜色的光带又变成白光。这些成功的实验使牛顿认识到白色的阳光的确具有复杂的成分，它由七种不同颜色的光组成。三棱镜之所以能把它们分开，是因为各种单色光相对于棱镜有不同的折射率。后来这些实验被称为著名的“光的色散实验”。

(3) 从实验过程中寻找谱线折返点，融入我党历史上著名的四渡赤水之战。引导学生深刻认识党为国家和民族作出的伟大贡献，深刻感悟党始终不渝为人民的初心宗旨，学习党推进马克思主义中国化形成的重大理论成果，传承党在长期奋斗中铸就的伟大精神。

聆听讲解，观看实验动画、观看 PPT、思考提问、师生互动。

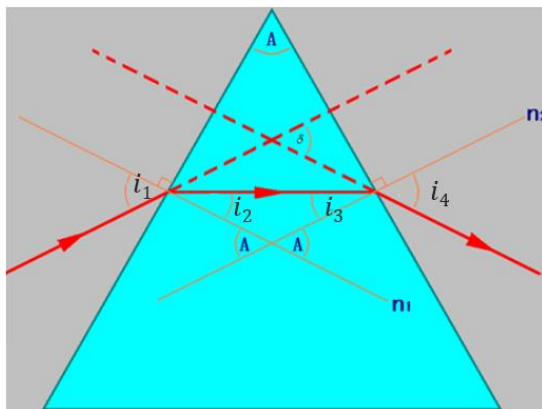
当 $i_2 = i_3$, $i_1 = i_4$ 时偏向角 δ 为最小值 δ_{\min}

即，出射光线折返位置 $i_2 = i_3 = \frac{\angle A}{2}$

$$\delta_{\min} = (i_1 - i_2) - (i_4 - i_3) = 2(i_1 - i_2) \quad i_1 = \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}$$

由折射定律可知

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\sin \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\angle A}{2}}$$



从折返二字，融入党史教育，四渡赤水之战



四渡赤水战役历时三个多月。这次战役，红军实行高度灵活机动的运动战方针，纵横驰骋于川、黔、滇边境广大地区，迂回穿插于敌人数十万重兵之间，积极寻求战机，有效地歼灭敌人。从而摆脱了敌人的围追堵截，粉碎了敌人妄图围歼红军于川、黔、滇边境的计划，使中央红军在长征的危急关头，从被动走向主动，从失败走向胜利。

四渡赤水战役，是毛泽东主席根据情况的变化，吸取前几次战斗的教训，指挥中央红军巧妙地穿插于国民党军重兵集团之间，灵活地变换作战方向，为红军赢得了时机，创造战机，在运动中歼灭了大量国民党军，牢牢地掌握战场的主动权，取得了战略转移中具有决定意义的胜利，这是中国工农红军战争史上以少胜多变被动为主动的光辉战例。毛泽东主席曾说，四渡赤水是他一生中的“得意之笔”。而美国作家哈里森·索尔兹伯里在所著的《长征——前所未闻的故事》中写到：长征是独一无二的，长征是无与伦比的。而四渡赤水又是“长征史上最光彩神奇的篇章”。


引导学生深刻认识党为国家和民族作出的伟大贡献，深刻感悟党始终不渝为人民的初心宗旨，学习党推进马克思主义中国化形成的重大理论成果，传承党在长期奋斗中铸就的伟大精神。

(4) 融入方式

整个教学过程使用问答式、操作讲解、叙事讲述的教学方法，兼以挂图、白板书写、视频、实物展示、讨论互动等辅助教学手段。

(5) 教学资料：若干相关教学活动照片或 PPT、视频等材料

注意事项



注意事项

- 平行光管光轴与望远镜光轴要对准转轴
- 顺差
- 角度修正 (过原点)
- 双游标读数 (修正偏心差)

数据处理(略)

三棱镜顶角

次数	左		右		∠A
	顺	逆	顺	逆	
1					
2					
3					
4					
5					
6					

$$\angle A = \frac{|L_{左} - R_{右}| + |L_{右} - R_{左}|}{4}$$

数据处理

黄光 (577.1nm)、绿光 (546.0nm) 各测6次

次数	θ_{min}	$\theta_{右}$	$\theta_{左}$	δ_{min}	δ_{max}	δ_{min}
1						
2						
3						
4						
5						
6						



林俊彬 (1938年3月13日—2012年5月31日), 福建永春人, 爆炸力学工程技术专家, 核试验冲击波仪器研制组组长

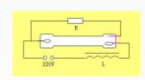
$$\delta_{min} = \frac{|\theta_{min1} - \theta_{min2}| + |\theta_{min3} - \theta_{min4}|}{2}$$

蓝, 紫光测2到3次

数据处理

1. 计算三棱镜对黄绿蓝紫色光的最小偏向角及不确定度 (只算绿光)。
2. 计算三棱镜对四色色光的折射率。
3. 计算绿光折射率的不确定度, 写出结果表达式。
4. 绘制色散曲线, 可用利西色散经验公式拟合。

汞灯



汞灯是一种气体放电灯。汞蒸汽是发光物质。汞灯一般属弧光放电型。汞蒸汽气压不同, 汞灯辐射的光谱的组成和亮度都不同, 按其工作时的汞蒸汽气压的高低可分为: 低压汞灯、高压汞灯和超高压汞灯。

汞谱线表

谱线	波长	强度	谱线	波长	强度
汞I(1)	379.82	弱	汞I(1)	546.07	强
汞I(2)	404.78	弱	汞I(2)	578.02	强
汞I(3)	424.78	弱	汞I(3)	589.29	强
汞I(4)	437.77	弱	汞I(4)	645.16	弱
汞I(5)	448.14	弱	汞I(5)	671.76	弱
汞I(6)	457.91	弱	汞I(6)	677.81	弱
汞I(7)	478.02	弱	汞I(7)	703.00	弱
汞I(8)	490.61	弱	汞I(8)	723.44	弱
汞I(9)	504.22	弱	汞I(9)	744.49	弱
汞I(10)	516.87	弱	汞I(10)	766.71	弱
汞I(11)	527.79	弱	汞I(11)	786.46	弱
汞I(12)	546.07	强	汞I(12)	811.51	弱
汞I(13)	578.02	强	汞I(13)	844.61	弱
汞I(14)	589.29	强	汞I(14)	879.81	弱
汞I(15)	597.39	弱	汞I(15)	901.29	弱
汞I(16)	609.81	弱	汞I(16)	936.48	弱
汞I(17)	623.44	弱	汞I(17)	969.09	弱
汞I(18)	645.16	弱	汞I(18)	1013.30	弱
汞I(19)	667.81	弱	汞I(19)	1068.79	弱
汞I(20)	690.00	弱	汞I(20)	1126.67	弱
汞I(21)	713.79	弱	汞I(21)	1187.21	弱
汞I(22)	738.14	弱	汞I(22)	1250.48	弱
汞I(23)	763.00	弱	汞I(23)	1316.57	弱
汞I(24)	788.44	弱	汞I(24)	1385.51	弱
汞I(25)	814.44	弱	汞I(25)	1457.26	弱



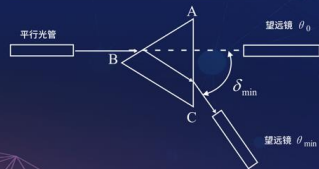
2. 挂图

棱镜偏向角特性

实验简介

1672年牛顿首先利用三棱镜的色散效应将太阳光分解为彩色光带。而棱镜光谱仪就是根据色散原理做成的。众所周知，不同波长的光线入射到同一棱镜时，具有不同的偏向角，其原因是虽然不同波长的光线入射角相同但折射率不同，因而折射光线的位置也不同。本实验介绍了一种利用分光计测量最小偏向角和棱镜玻璃折射率的方法。

最小偏向角测量实验原理示意图

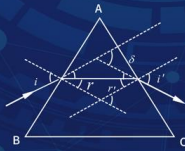


背景知识

夫琅和费是第一位用衍射光栅测量波长的科学家，被誉为光谱学的创始人。夫琅和费利用自己的技能和光栅得以编排太阳光谱里576条狭窄的、用的“夫琅和费线”。夫琅和费线光谱中最早的标准标识，对这些谱线的解释一直是其后45年中的一个重要问题。

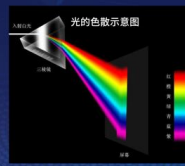


折射率测量原理



$$\text{折射率为: } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{\angle A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\angle A}{2}}$$

光的色散

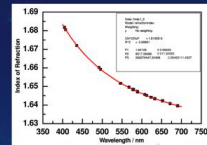


棱镜光谱仪

棱镜光谱仪是利用棱镜的色散作用，将非单色光按波长分开的装置。其结构的主要部分为棱镜前的平行光管、棱镜和棱镜后的望远镜。棱镜前的平行光管，是由一会聚透镜和放在它第一焦面的狭缝所组成。当非单色光照射狭缝后，经平行光管产生非单色的平行光束。这些非单色平行光束通过棱镜后，不同波长的平行光束经过折射后，方向不同。再经过棱镜后的望远镜，不同方向（即不同波长）的平行光束，会聚到望远镜后焦面上的不同地方，形成一系列离散的、不同波长的狭缝像，这像是光谱。若光谱仪中的望远镜后，再装上一目镜，用以直接观测光谱，此种光谱仪称为分光镜。若在望远镜的后焦面上，放一狭缝，将某种波长的光分离出来，则称为单色仪。若在望远镜的后焦面上，放一暗盒，把不同波长的狭缝像拍摄下来，则称为棱镜摄谱仪。

色散曲线

光波在物质中的传播速度（或折射率n）随频率（或波长）而呈现的现象称为色散。色散曲线（dispersion curve）即物质材料的折射率n与波长之间的依赖关系曲线。



玻璃材料的色散曲线

3. 照片（授课现场）

