

# 光学实验、理论与编程衔接融合的课程教学实践 ——以光的干涉为例

刘文佩, 黄 芊, 骆鹤尹, 吴旭明\*, 张 希, 金 肖

岭南师范学院物理科学与技术学院, 广东 湛江

收稿日期: 2026年4月23日; 录用日期: 2026年5月22日; 发布日期: 2026年5月28日

## 摘 要

为提升大学光学课程的教学效果, 培养学生的探索精神与实践能力, 本文围绕光学教学中提出一种衔接融合进行理论、实验和编程模拟的多元化创新教学模式。以光的干涉内容为例子, 我们进行光的波长测量实验和理论教学后, 还可通过配合Python程序对干涉现象进行数值模拟构建可视化教学过程, 例如模拟不同波长与缝宽条件下的杨氏双缝干涉光强分布特征, 从而直观揭示关键物理参数对干涉行为的影响。该方法将抽象理论与可视化结果相结合, 有效加深学生对干涉原理的理解, 进一步锻炼了学生的理论和实践能力, 从而实现提升学生的计算思维与跨学科能力的教学目标。教学实践结果表明, 该教学模式在增强课堂互动性、提高学习兴趣及培养创新能力方面具有积极作用, 可为大学光学、物理光学及光学实验等相关课程的教学改革提供有益参考。

## 关键词

光的干涉, 多元化教学, 创新高效课堂

# Integrating Experiment, Theory, and Programming in Optics Education: A Teaching Practice

## —A Case Study on Light Interference

Wenpei Liu, Qian Huang, Heyin Luo, Xuming Wu\*, Xi Zhang, Xiao Jin

School of Physical Science and Technology, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: April 23, 2026; accepted: May 22, 2026; published: May 28, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 刘文佩, 黄芊, 骆鹤尹, 吴旭明, 张希, 金肖. 光学实验、理论与编程衔接融合的课程教学实践[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 1769-1778. DOI: 10.12677/ae.2026.1651051

## Abstract

To improve the teaching effectiveness of college optics courses and foster students' spirit of inquiry and practical abilities, this study proposes an innovative, diversified teaching model for optics that bridges theory, experiment, and programming simulation. Taking optical interference as a case study, following the experimental measurement of light wavelength and theoretical instruction, Python-based numerical simulations are incorporated to construct a visualized teaching process. For example, simulations of Young's double-slit interference intensity distributions under varying wavelengths and slit widths intuitively reveal how key physical parameters govern interference behavior. By combining abstract theory with visualized outcomes, this approach effectively deepens students' understanding of interference principles. Furthermore, it strengthens both theoretical and practical competencies, thereby fulfilling the pedagogical objective of cultivating computational thinking and interdisciplinary skills. Teaching practice demonstrates that this model significantly enhances classroom interactivity, stimulates learning interest, and nurtures innovative capacity. It thus offers valuable insights for teaching reform in related courses, including college optics, physical optics, and optics laboratory courses.

## Keywords

Light Interference, Diversified Teaching, Innovative and Efficient Classroom

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着科技进步和社会发展, 光学领域前沿技术不断突破, 并在电子信息、通信工程、先进制造、生物医学检测及新能源材料等领域得到广泛应用。光学作为物理学的重要基础分支, 被广泛纳入物理学、电子工程、通信工程、光电信息科学与工程等相关专业的人才培养体系中。高等光学课程教学不仅承担着传授基本概念、基本规律和基本实验方法的任务, 也肩负着培养学生创新实践能力、科学思维能力、数据分析能力和跨学科综合应用能力的重要责任[1][2]。因此, 在大学光学课程教学过程中, 如何突破单一理论讲授模式, 融入实验探究、数值模拟和程序设计等多元化教学方式, 已成为提升课程教学质量和培养创新型应用人才的重要课题[3]。本文以大学中的光的干涉为例, 探讨如何在光学理论课程中通过结合实验与 Python 编程, 提升光的干涉教学成效, 进一步优化课程内容, 提升教学质量, 期望能培养新时代创新综合型人才。

从教育理论角度来看, 建构主义学习理论认为, 学生并不是知识的被动接受者, 而是在已有认知经验基础上, 通过情境体验、问题探究、交流协作和反思总结主动建构知识意义。对于光学课程而言, 干涉、衍射、偏振等内容往往具有较强的抽象性, 仅依靠公式推导和静态图示, 学生难以形成对光场分布和物理过程的直观理解。因此, 在教学设计中创设真实或近真实的实验情境, 引导学生通过观察现象、分析规律和自主建模, 将有助于促进学生由“记忆公式”向“理解规律”和“应用模型”转变。由多年的教学经验可知, 学习是一个由具体体验、反思观察、抽象概括和主动实践构成的循环过程。如何将该理论应用于光学教学, 并想方设法将光学知识学习过程设计为“课堂理论讲授 - 实验现象观察 - 编程仿真分析 - 实验报告反思”的连续学习链条, 这是一个挑战性的教学难题。

近年来随着 Ai 等计算机程序飞速发展,将 Python、Matlab 等编程工具引入物理教学已成为计算物理教育研究的重要方向。已有研究表明,程序设计和数值模拟能够帮助学生将抽象物理规律转化为可计算、可视化和可交互的模型,从而增强学生对物理概念和数学表达式之间关系的理解[4]-[6]。尤其是在光学教学领域,光学现象的仿真演示、虚拟实验平台建设、实验数据处理或实验项目的程序设计等方面结合程序模拟尤为重要,开展这些研究为光学课程改革提供了有益借鉴。

目前,研究教学过程现状中,仍存在一些值得进一步深化的问题:一是部分光学研究过于强调程序演示功能,对理论教学、真实实验和数值模拟之间的衔接关注不足;二是部分光学教学实践停留在单一软件或单一案例层面,缺乏较完整的教学流程设计;三是对学生学习效果的评价多依赖结果展示,对学生在模型建立、参数分析、实验数据对比和反思总结过程中的表现关注不够[7]-[9]。

基于上述背景,本文以大学光学课程中的光的干涉教学为切入点,构建“传统光学课堂讲授-光学实验观察-编程仿真分析”三位一体的混合式教学模式。该模式并不是简单地将 Python 编程作为课堂演示工具,而是将理论推导、实验观察、程序建模、参数调控、结果对比和报告反思有机融合,使学生在真实实验与数值仿真的相互印证中理解光学规律。与已有研究相比,本文的特色主要体现在以下三个方面:第一,在流程设计上,形成由理论认知到实验体验、再到编程建模和反思总结的完整教学闭环;第二,在内容设计上,以杨氏双缝干涉实验为例子,课程可深入拓展至不同波长、不同双缝间距、白光干涉以及衍射和艾里光束等相关光学现象,增强教学内容的延展性;第三,在评价方式上,结合学生程序代码、仿真图像、实验报告和参数分析过程,对学生的理论理解、实验观察、计算建模和综合分析能力进行多维度考查。本文期望通过该教学模式的探索,为光学课程教学改革和计算物理教育实践提供参考。

## 2. 大学光学课程中教学过程面临的共性问题与解决对策

在当前大学光学课程教学过程中,由于光学知识较为抽象、数学表达较为复杂、实验现象具有明显的空间分布特征,加之学生数学基础、编程基础和实验能力存在差异,学生在学习过程中容易出现概念理解不深入、理论与实验脱节、数据处理效率较低等问题。因此,如何实现光学理论教学、实验教学与编程仿真之间的有效衔接,成为提升光学课程教学质量的重要问题[10][11]。以光的干涉章节为例,教学中的共性问题及相应解决对策如下:

存在的问题点	解决对策
1. 部分光学课程仍以理论讲授为主,教学方式相对单一。教师通常侧重于干涉条件、光程差、相位差和光强分布公式的推导,而对学生的主动参与、问题探究和可视化理解关注不足。对于杨氏双缝干涉等内容,学生虽然能够记忆相关公式,但对波的叠加过程、参数变化对条纹分布的影响以及公式背后的物理图像理解不够深入。	1. 在理论教学环节中引入编程仿真思想,将抽象公式转化为可视化图像。例如,在讲授杨氏双缝干涉光强分布公式后,引导学生利用 Python 绘制光强分布曲线和干涉条纹图样,使学生能够通过图像变化理解波长、双缝间距、屏幕距离等参数对干涉结果的影响。通过这种方式,理论教学不再局限于公式推导,而是进一步转化为可观察、可调节和可分析的动态学习过程。
2. 理论课程与实验课程之间存在不同步现象。受课程安排、实验仪器数量和实验室开放时间等因素限制,部分高校难以及时安排与理论内容相对应的实验项目,导致学生在理论学习阶段缺乏实验情境支撑,而在实验操作中又可能因理论储备不足而难以理解实验现象。	2. 构建“理论讲授-实验观察-编程仿真”相衔接的教学流程。在理论课讲授相关公式和物理规律后,通过光学实验帮助学生观察真实干涉现象,再利用 Python 对实验现象进行数值模拟和图像复现。即使实验课程因客观条件无法完全同步开展,编程仿真也可以作为理论与实验之间的桥梁,为学生提供接近实验现象的可视化学习情境,从而缓解理论教学与实验教学之间的脱节问题。
3. 学生在光学实验数据处理和结果分析方面效率较	3. 将 Python 等 AI 模拟程序引入实验数据处理与结果分析

低。传统实验报告中,学生往往需要花费较多时间进行手工计算、绘图和误差分析。在此过程中,部分学生可能出现计算错误、绘图不规范、结果分析不充分等问题。同时,由于缺少对实验参数的动态调节和可视化比较,学生对不同波长、不同双缝间距、不同光源条件下干涉图样的变化规律认识不够直观,容易停留在“完成实验”和“得到数据”的层面,而未能深入理解实验现象背后的物理机制。

4. 传统教学评价方式较为单一,难以全面反映学生在理论理解、实验操作、数据分析和创新探究等方面的综合能力。以往评价往往侧重于实验报告的最终结果,而对学生建模过程、程序实现过程、参数分析过程和反思总结过程关注不足。

环节。学生可以利用程序完成数据读取、曲线绘制、参数调节、误差分析和结果对比等任务,从而减少重复性计算,提高实验报告完成效率。

更重要的是,学生可以通过改变程序中的物理参数,主动探究实验条件变化对干涉图样的影响,进而从“被动处理数据”转向“主动分析规律”。

4. 在教学实践中引入多维度评价方式,将学生的课堂参与情况、实验操作表现、Python 程序代码、仿真图像、实验数据分析和实验报告质量纳入综合评价范围。通过这种评价方式,不仅可以考查学生是否掌握了光学理论知识,还可以进一步考查其是否能够将理论公式转化为程序模型,是否能够利用仿真结果解释实验现象,是否具备一定的科学计算能力和自主探究能力。

### 3. 光学课程中衔接融合的多元化实践案例与方法

#### 3.1. 以光的干涉教学为例

为定性直观地理解所提出的教学方法与教学理念,我们将以光学课程中有关光的干涉这一节内容为例进行说明。在授课过程中可以将传统光学理论教学、实验和编程三者相结合,进行多元化教学。课堂中老师讲授光学知识的相关理论原理以及实验介绍。在课程讲授完毕后,课后让学生自行学习 Python 语言,通过光学实验所观察到的实验现象和实验数据再结合光学课程中学习的原理知识进行光学现象模拟仿真。

#### 3.2. 以部分光的干涉实验为例进行光学实验理论学习及教学安排

学生根据实验要求和自身时间安排,合理规划实验进度。按照实验指南的步骤逐一进行,注意控制变量,准确记录每一步的操作细节和观察到的现象。使用正确的测量工具和技术收集实验数据,将收集到的数据进行分类、整理和初步处理,利用图表(如折线图、柱状图、散点图等)直观展示实验结果,便于分析和比较。结合理论知识,分析实验结果是否符合预期,探讨可能的原因和影响因素。基于数据分析,总结实验发现,提出科学结论或假设验证的结果。

基于此学生不仅能够巩固和深化对光学理论知识的理解,还能培养实验操作技能、数据分析能力和科学思维能力,为将来从事科学研究和技术创新打下坚实的基础。学生学习完光学理论知识后进行实验,并最终撰写实验报告的过程,是一个将理论知识应用于实践、加深理解和培养科学素养的重要环节,具体实践流程可看图 1。我们在若干个班级中开展了初步教学实践,教学过程中以光的干涉、衍射实验为例,按照“传统光学课堂讲授-光学实验观察-编程仿真分析”三位一体的教学模式组织教学。首先,教师在课堂上讲解基本原理、光强分布公式以及相关物理参数的意义;随后,学生通过实验观察干涉条纹等光学现象,引导学生结合利用 Python 编写程序,对实验现象进行数值模拟,并将模拟结果与实验观察现象进行对比分析。具体实践案例如下:

##### (1) 使用 Python 模拟杨氏双缝干涉实验现象

在传统光学教学中,杨氏双缝干涉实验是理解光的波动性和相干叠加原理的重要实验之一。根据杨氏双缝干涉光强分布公式,可以建立相应的数学模型,并利用 Python 对不同实验参数下的干涉图样进行数值模拟。通过改变入射光波长、双缝间距以及光源类型等参数,学生能够直观观察干涉条纹间距、

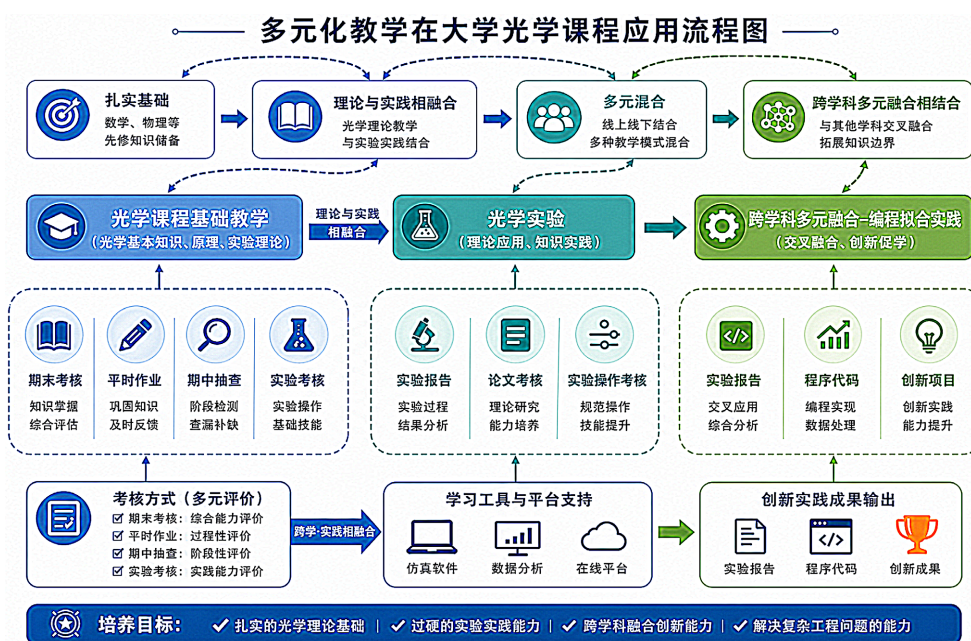


Figure 1. Flowchart of the application process of diversified teaching in university optics course  
图 1. 多元化教学在大学光学课程应用流程图

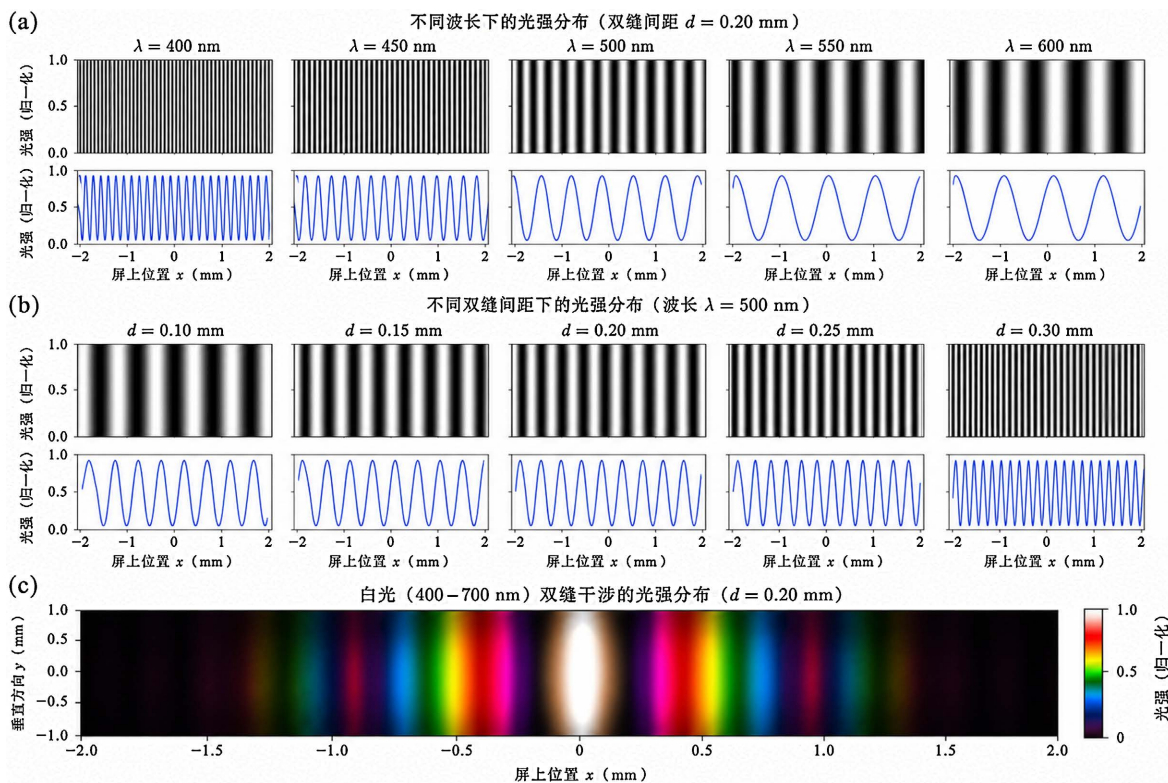


Figure 2. Python fitting graphs of light intensity under different wavelengths and different double-slit spacings, as well as the characteristics of light intensity distribution for white light. Here, (a) represents the Python fitting graph of light intensity under different wavelengths, (b) represents the Python fitting graph of light intensity under different double-slit spacings, and (c) represents the characteristics of light intensity distribution for white light

图 2. 不同波长、不同双缝间距下的光强 Python 拟合图和白光的光强分布特点，其中(a)为不同波长下的光强 Python 拟合图，(b)为不同双缝间距下的光强 Python 拟合图，(c)为白光的光强分布特点。

亮暗分布以及光强变化规律，从而加深对干涉现象物理本质的理解。我们可以根据式  $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$  建立杨氏双缝干涉现象，还可通过 Python 进行实验现象拟合，模拟结果图如图 2 所示。由图可知，随着入射光波长和双缝间距的改变，干涉条纹的间距和分布规律也会发生相应变化。通过参数化模拟，学生能够更加直观地理解公式中各物理量对干涉图样的影响。

(2) 使用 Python 模拟衍射实验现象

除杨氏双缝干涉实验外，衍射现象同样是波动光学教学中的重要内容。传统课堂教学中，学生往往需要通过公式推理解不同光学元件对光场的调制作用，但对实际衍射图样的形成过程缺乏直观认识。借助 Python 编程，可以将抽象的透射率函数、相位调制函数以及傅里叶变换过程转化为可视化图像，使学生更清晰地理解光栅结构与衍射图样之间的关系。如图 3(a)为一维二元振幅光栅的设计，本例中的衍射光学元件为一维二元振幅光栅，透射率设定为  $T = 1$  和  $T = 0$ ，通过对入射光波振幅进行调制的衍射光栅(振幅光栅)，可以为学生清晰地展示出黑白光栅形貌。此外，还可以模拟出一维正弦相位光栅(图 3(b))，展示出该类光栅主要对入射光波相位进行的周期性调制作用，其相位透过率为空间坐标的正弦函数；模拟二维黑白格光栅(图 3(c))，可用于展示二维周期结构对入射光场的调制作用；模拟菲涅尔波带片(图 3(d))等与光的衍射现象，说明其明暗相间的环带结构能够使入射光在特定位置发生聚焦，体现出衍射光学元件在光束调控中的重要作用。通过上述实例，学生不仅能够观察不同光学元件的空间结构，还可以进一步分析其对应的衍射光强分布特征。这种“理论公式 - 程序建模 - 图像呈现”的教学方式，有助于提升

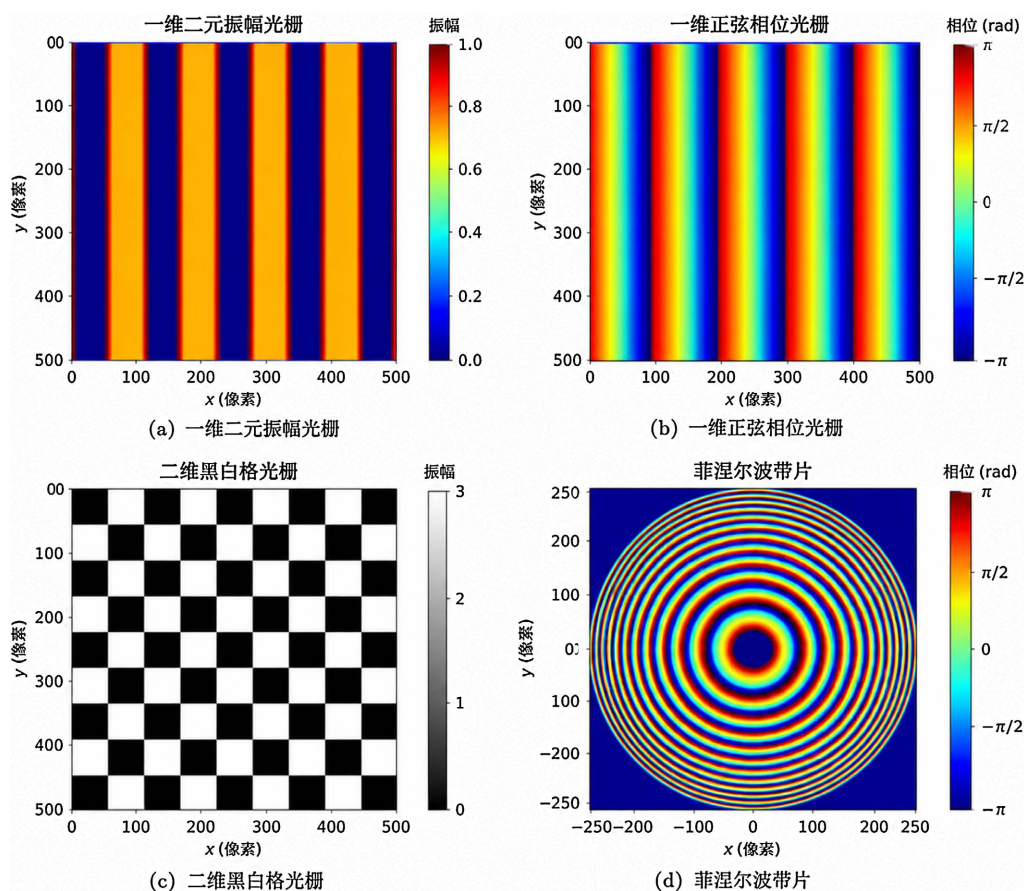
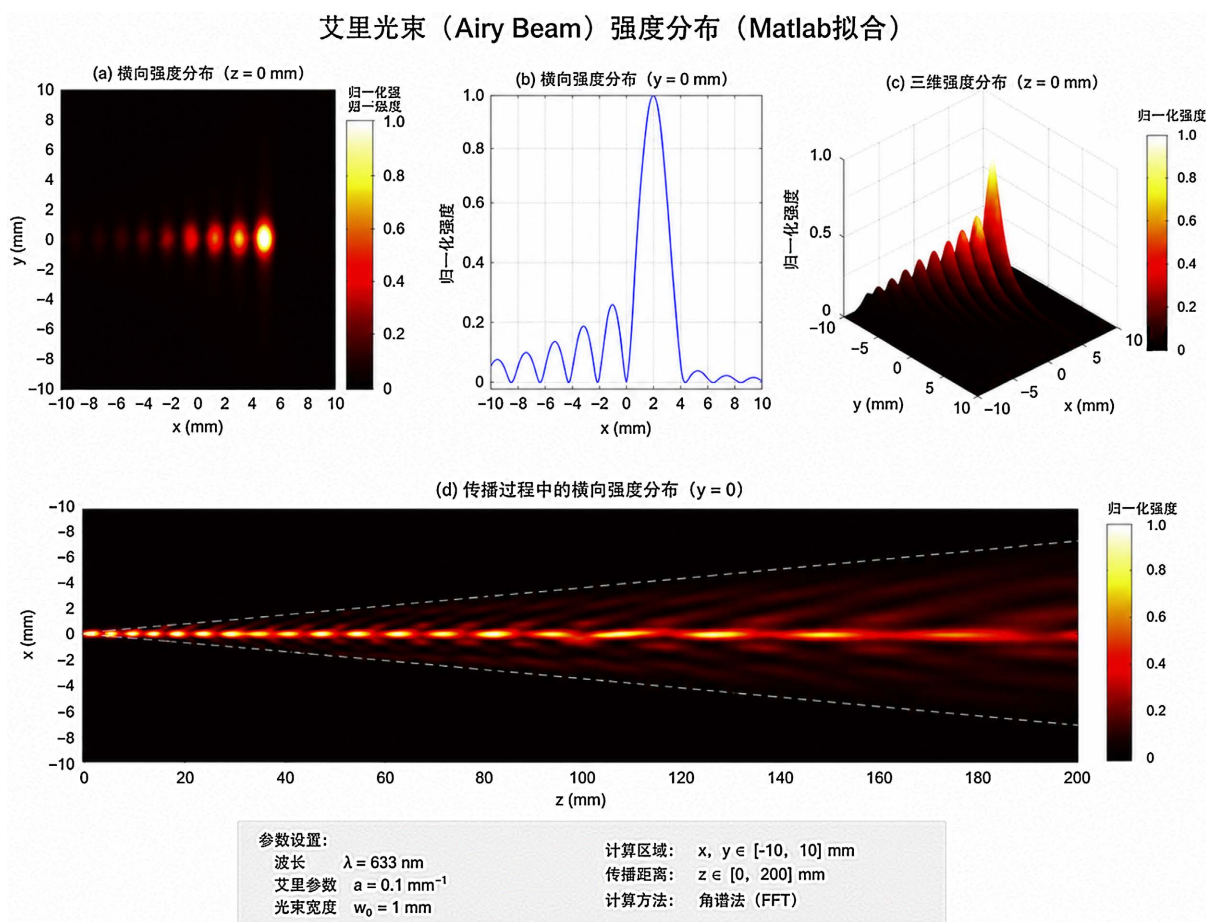


Figure 3. Python fitting graphs of one-dimensional binary amplitude grating, one-dimensional sinusoidal phase grating, two-dimensional black-and-white grid grating and Fresnel waveplate  
 图 3. 一维二元振幅光栅、一维正弦相位光栅、二维黑白格光栅和菲涅尔波带片 Python 拟合图

学生对波动光学中抽象概念的理解能力。

### (3) 使用 Matlab 对艾里光束现象拟合

艾里光束是一类具有特殊传播性质的光束，其典型特征包括无衍射传播、自加速以及一定条件下的自恢复特性。在现代光学研究中，艾里光束在光束调控、光学微操控以及光通信等领域具有一定应用价值。由于其传播过程和光强分布较为复杂，仅依靠课堂讲授不易使学生形成直观认识。因此，可借助 Matlab 对艾里光束的传播特性进行数值模拟。根据艾里光束的数学表达式及其传播规律，可以编写相应程序，对其横向光强分布和传播演化过程进行计算与可视化，最终得到如图 4 所示的模拟结果。



**Figure 4.** Matlab-generated plot of the intensity distribution of the Airy beam

**图 4.** Matlab 拟合艾里光束强度分布图

通过 Matlab 模拟，学生可以直观观察艾里光束在传播过程中主瓣的偏转趋势及旁瓣的分布特征，从而加深对特殊光束传播行为的理解。该实例表明，编程仿真不仅适用于基础光学实验教学，也可进一步拓展至较前沿的现代光学内容，有助于拓宽学生的学术视野。

从上述三个案例的编程报告内容和学生实验牛顿环干涉报告(图 5)可以得知，学生已在一定程度上掌握了 Python 编程的基本方法，能够结合杨氏双缝干涉实验原理和实验现象，对相关物理过程进行分析，并成功利用 Python 对实验结果进行仿真模拟。在模拟过程中，学生不仅完成了基本杨氏双缝干涉以及干涉现象的再现，还能深入探究了不同入射波长、不同双缝间距以及白光入射条件下的干涉特征，并绘制出相应的光强分布图。由此可见，将编程仿真融入光学实验教学，能够有效促进学生对实验原理的理解，

四、实验原始数据及记录 (根据实验内容, 列出相应的数据表格, 并写出物理量的单位和名称)

1. 暗环直径测量数据记录表

$m-n=10$

暗纹级数	m	20	18	16	14	12
暗纹位置(mm)	左 $X_m$	28.600	28.462	28.311	28.144	27.978
	右 $X_m$	21.685	21.837	21.992	22.153	22.319
暗纹直径(mm)	$D_m$	6.915	6.625	6.319	5.991	5.659
暗环级数	n	10	8	6	4	2
暗纹位置(mm)	左 $X_n$	27.795	27.606	27.394	27.156	27.000
	右 $X_n$	22.507	22.707	22.926	23.152	23.508
暗环直径(mm)	$D_n$	5.288	4.899	4.468	4.004	3.492
$R$ (mm)		842.282	843.816	847.053	842.628	841.262
$\bar{R}$ (mm)		843.373				

2. 劈尖干涉测量数据记录表

暗纹级次k	0	4	8	12	16
位置 $X_k$ /mm	21.390	22.139	22.855	23.548	24.252
暗纹级次k+20	20	24	28	32	36
位置 $X_{k+20}$ /mm	24.899	25.518	26.227	26.876	27.511
20个纹距20L: $X_{k+20}-X_k$ /mm	3.509	3.379	3.372	3.328	3.279
$\overline{20L}$ /mm	3.373	$\bar{L}$ /mm	0.169		

列表数据可得以下 $r^2-j$ 曲线图

由 $r^2=j\lambda R$ 可知,  $r^2-j$ 曲线的斜率 $k=\lambda R$ 。

由图可知,  $r^2=0.4964j+2.0327$ , 则有斜率 $k=0.4964\text{mm}^2$ , 则有 $R=\frac{k}{\lambda}=\frac{0.4964}{5.893 \times 10^{-7}} \approx 843.373\text{mm}$ 。

结果分析:  
本实验同一暗环直径多次测量值的差异较小, 测量具有较好的重复性, 实验操作及所得结果数据可靠, 且由计算法作图法所得曲率半径十分接近, 实验误差小。

二、劈尖干涉  
由表2可知,  $L_1=\frac{3.509}{20} \approx 0.1754\text{mm}$ ,  $L_2=\frac{3.379}{20} \approx 0.1689\text{mm}$ ,  $L_3=\frac{3.372}{20} \approx 0.1686\text{mm}$ ,  $L_4=\frac{3.328}{20} \approx 0.1664\text{mm}$ ,  $L_5=\frac{3.279}{20} \approx 0.1639\text{mm}$ , 则条纹间距的平均值 $\bar{L}=\frac{L_1+L_2+L_3+L_4+L_5}{5} \approx 0.169\text{mm}$ 。

则其不确定度 $U(L)=U(\Delta L)=\frac{1}{5} \sqrt{(\Delta L_1)^2+(\Delta L_2)^2+(\Delta L_3)^2+(\Delta L_4)^2+(\Delta L_5)^2} \approx 1.87 \times 10^{-4}\text{mm}$ 。

由 $\theta=\frac{\Delta L}{L} \approx \frac{1.87 \times 10^{-4}}{0.169} \approx 0.0011\text{rad} \approx 6.982'$ , 且劈尖角的不确定度 $U(\theta)=\frac{U(L)}{L} \approx \frac{1.87 \times 10^{-4}}{0.169} \approx 0.0011$ 。

误差分析:  
1. 仪器误差: 读数显微镜的精度限制, 显微镜的视差也可能导致读数不准确; 牛顿环装置的误差, 平凸透镜的曲率半径也可能存在测量误差。  
2. 环境误差: 温度变化会引起空气薄膜的厚度改变, 从而影响到干涉条纹的位置和形状; 振动干扰: 振动可能使装置发生微小位移, 影响到干涉条纹的变化。  
3. 人为误差: 读取环数时, 在数环数时产生误差, 数少/数多; 转动读数鼓轮时产生的误差, 读数误差等。

七、思考及讨论  
1. 在测量牛顿环直径时, 如果读数显微镜的十字叉丝没有对准暗环中心, 会给实验结果带来什么误差?  
答: 会导致测量值偏大, 影响到曲率半径和波长的计算准确性。  
2. 为什么牛顿环产生的干涉条纹是一组同心圆环?  
答: 干涉时, 薄膜等厚线是相等的, 产生的干涉现象也相同, 而牛顿环的薄膜等厚线在空间上是一个圆环, 圆心在凸面的平面与玻璃板上, 所以干涉条纹是一组同心圆。  
3. 牛顿环产生的干涉属于薄膜干涉, 在牛顿环中薄膜在什么位置?  
答: 牛顿环的薄膜是介于牛顿环下表面(凸面)与下面的平面玻璃之间的一层空气薄膜。

五、实验内容及操作步骤(按实际操作过程概括主要步骤)

1. 牛顿环干涉仪透镜曲率半径。  
1. 将管内灯泡, 调平牛顿环装置上的三个螺钉, 使牛顿环中心大致在装置中心呈圆环形, 注意不要拧得过紧。  
2. 布置装置, 点亮钠光灯, 调平玻璃板使其与水平面约成 $45^\circ$ 且与光源等高并调平其高度使干涉条纹清晰。  
3. 调节目镜使看到刻板上的十字叉丝, 将读数显微镜对准牛顿环的中心, 上下移动目镜筒对干涉条纹调焦, 找到干涉圆环使看到的环纹尽可能清晰, 将叉丝调至一根与移动方向垂直, 移动时这根叉丝始终与环纹相切。  
4. 测干涉圆环的直径,  $m-n$ 取10, 具体作法如下:

- ① 按逆时针转动移动读数显微镜筒, 从牛顿环中心向北向在数暗环的环数到25环, 反向转动读数显微镜筒到20环, 从中心右侧的位置开始记录显微镜水平位置的读数, 记为 $x_0$ , 继续向左读, 使叉丝依次与18、16、14、12、10、8、6、4、2暗环相切, 记录相应位置, 继续向左读数, 经过牛顿环的中心, 使叉丝依次与第2、4、6、8、10、12、14、16、18、20环内切, 记录相应的位置。
- ② 计算干涉圆环直径, 用逐差法求 $R$ , 计算 $R$ 的标准偏差, 作 $r^2-j$ 函数曲线求 $R$ , 比较两种方法, 取 $R$ 值 $D_n-D_0$ , 代入 $R$ 求初限误差, 计算总的误差 $\Delta R=5.93\text{mm}$ 。

二、劈尖干涉

1. 将劈尖装置放在载物台上, 用钠光灯照明, 调节反射镜使光线垂直照射;
2. 直接观察并调节劈尖, 让条纹清晰, 平行等间距;
3. 调读数显微镜, 先目镜调焦, 再物镜调焦, 使叉丝与条纹移动方向垂直。
4. 移动显微镜测条纹间距, 从一条条纹开始记录位置, 依次向左/向右每4条记录一次位置, 记录到第20条, 计算出 $L$ 值。

六、实验数据处理及结果分析(请写出详细推导过程, 所有运算按有效数字的运算规则进行; 根据实验要求, 计算中精确度百分误差, 用正确形式给出最终结果并进行误差分析)

由表1可知,  $\Delta_1=D_{20}-D_0=6.915-5.288 \approx 1.627\text{mm}$ ,  $\Delta_2=D_{18}-D_2=6.625-4.899 \approx 1.726\text{mm}$ ,  $\Delta_3=D_{16}-D_4=6.319-4.468 \approx 1.851\text{mm}$ ,  $\Delta_4=D_{14}-D_6=5.991-4.004 \approx 1.987\text{mm}$ ,  $\Delta_5=D_{12}-D_8=5.659-3.492 \approx 2.167\text{mm}$ , 则 $\bar{\Delta}=\frac{\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3+\Delta_4+\Delta_5}{5} \approx 1.868\text{mm}$ 。

则由 $R=\frac{D_m^2-D_n^2}{4(m-n)\lambda} = \frac{1.868}{4 \times 10 \times 5.893 \times 10^{-7}} \approx 843.373\text{mm}$ , 此处为简化计算, 不考虑 $\Delta R$ , 不计算 $R$ 的不确定度。

则 $U(R)=U(\Delta R)=1.14 \times \frac{\bar{\Delta}}{5 \times 4} = \frac{1.14 \times 1.868}{20} \approx 0.027\text{mm}$ 。

相对误差 $E_R = \frac{U(R)}{R} \times 100\% = \frac{0.027}{843.373} \times 100\% \approx 0.014\%$ 。

故由计算法所得的测量结果为 $R = (843.373 \pm 0.027)\text{mm}$ ,  $E_R = 0.014\%$ 。

作图法: 由 $r^2=(R\lambda j)$ 可得以下表格。

j	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$r^2/\text{mm}^2$	3.048	4.008	4.991	6.000	6.991	8.006	8.973	9.982	10.973	11.954

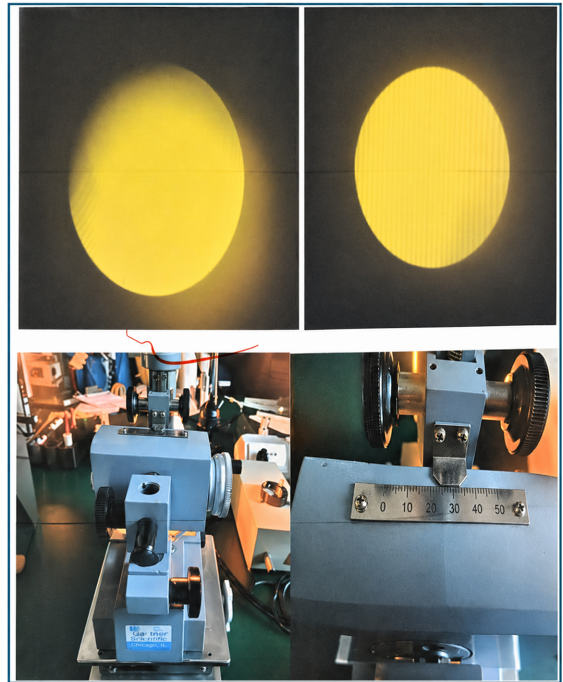


Figure 5. Student's report on Newton's rings experiment  
图 5. 学生的牛顿环实验报告

增强其参数分析能力、科学计算能力和自主探究能力，从而提升光学实验课程的教学效果。

#### 4. 多元化教学模式开展落实的成效

这种将理论教学、实践操作与编程应用相结合的教学模式，在光学课程教学中展现出了独特的优势和创新性。使用编程语言，能够高效地处理大量实验数据。通过编写脚本或程序，可以自动完成数据的读取、清洗、分析和可视化等步骤，从而大大提高数据处理的效率。将光学实验与编程相结合的多元化光学课程教学，是一种比较创新的教学模式设计，既融合了理论与实践，又通过实际操作和编程模拟两种方式在基于传统光学课堂授课模式下加深学生对光学原理的理解和应用能力。

该教学模式通过理论教学、实践操作和编程应用三个环节的有机结合，显著提升了学生的学习兴趣和学习效果。学生在掌握光学知识的同时，还培养了实践能力、创新意识和科研素养。此教学模式不但适用于光学课程教学，在其他理工科课程的教学中也借鉴应用，动手能力是理工类学科不可缺少的部分，同时多元化光学课程教学提供了一种全新的教学理念和方法论，这有助于培养具有创新精神和实践能力的复合型人才。通过亲自进行仿真模拟，学生对光学实验的原理、现象和影响因素有了更深入的理解，这种理解不仅限于理论层面，还包括其在实际操作和观察结果方面的能力。在将实验结果用编程仿真拟合出来的过程中，学生的编程能力得到了锻炼和提升。学生学会了如何使用编程来处理数据、绘制图形以及建立模型来模拟物理现象，尤其是在光的干涉实验中(如图5)，学生自主学习后，能成功进行了牛顿环干涉测透镜曲率半径实验的探测。通过改变波长、双缝间距等参数来研究不同条件下的杨氏双缝干涉实验，学生还掌握了科学研究的基本方法，包括设定假设、设计实验、收集和分析数据等步骤。在对原始实验的拓展研究(如白光下的杨氏双缝干涉实验等)，学生的创新能力得到了很好的激发。而这个学习过程也让学生体会到了物理学与计算机科学之间的紧密联系，为学生提供了一个跨学科学习的机会。这种跨学科的思维方式对于培养复合型人才具有重要意义。

#### 5. 结语

多元化教学在光学教学中的应用具有显著的优势和效果，尤其是结合 Python 编程进行拟合光学现象，既顺应信息化时代发展趋势，又能培养学生科学创新思维和综合能力素养。这种创新性教学模式不仅能够提升学生的自主学习能力和学习兴趣，提高学生实践能力，还能够促进教师与学生的专业成长和教学质量的提升。在后续进程中，我们将继续深化多元化教学模式的探索和实践，进一步完善课程体系和评价机制来适应不断变化的教育需求和科技发展，以期在光学教学中取得更加显著的成果。综上所述，结合光学实验与 Python 编程的多元化光学课程教学是一种有效的教学方法，值得在教育领域进一步推广和应用。

#### 基金项目

岭南师范学院高等教育教学研究和改革项目 - 厚理工类“物理学专业光学、大学物理光学和光学实验课程协同优化的多元混合教学培养模式改革探索”(岭师教务[2022] 57 号)。岭南师范学院一流课程建设项目《光学》；广东省教育厅教改项目“一核四维”互动式教学活化“光学”课程思政的研究与实践，粤教高函 202129 号。

#### 参考文献

- [1] 张柏桐, 孔鹏. Python 在大学物理中的应用——以光学单缝衍射为例[J]. 物理通报, 2023(2): 10-14.
- [2] 姚子健, 孔维宾, 陈传杰. 光学课程融合式案例教学方法的研究与应用[J]. 高师理科学刊, 2024, 44(9): 88-90+105.

- [3] 张文妙韵, 陈昭喜. 基于 Python 的光学实验仿真和在医用物理学教学中的应用[J]. 现代计算机, 2021(10): 134-136.
- [4] 黄振梅. 多元化教学模式在初中音乐美育中的创新应用[J]. 中学课程辅导, 2025(31): 105-107.
- [5] 张婷. 多元化教学策略在大学“流行病学与统计方法”课程中的应用[J]. 大学, 2025(29): 73-76.
- [6] 俞琳. 高校光学实验课程教学方式的多元化探索[J]. 科教文汇(上旬刊), 2018(34): 42-44.
- [7] 尹伟权. 运用多元化教学模式提高物理教学质量[J]. 新课程(上), 2013(2): 20-21.
- [8] 李小芳, 张宇涵, 郭宇翔. 基于 Python 的杨氏双缝干涉和衍射的仿真模拟[J]. 大学物理实验, 2024, 37(5): 113-117.
- [9] 邢玉恒, 吴新星, 邱文娟, 等. 大学物理实验中光学系统成像的 Matlab 仿真模拟[J]. 物理与工程, 2024, 34(6): 193-201.
- [10] 张兴坊, 梁兰菊. 基于 MATLAB App Designer 的光学干涉实验仿真平台的设计与教学应用[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(6): 8-13.
- [11] 刘人瑄, 叶荣. 基于 Matlab 仿真实验的可视化光学教学探索——以杨氏双缝干涉的教学为例[J]. 知识窗(教师版), 2023(8): 45-47.