

课程交叉融合下的大学物理教学研究

——以杨氏双缝干涉为例

张影

武警工程大学基础部, 陕西 西安

收稿日期: 2022年3月16日; 录用日期: 2022年4月17日; 发布日期: 2022年4月24日

摘要

课程交叉融合是院校教育发展的趋势, 物理课程具有理论性强、内容抽象等特点。本文以物理理论分析为基础, 利用MATLAB软件对抽象的物理现象进行数值模拟、图形可视化处理, 将理论、模拟相结合, 帮助学生直观地理解物理知识。“杨氏双缝干涉”一节需要研究各参数变化对干涉图样的影响, 利用MATLAB软件可以实现这一需求。

关键词

课程交叉融合, 杨氏双缝干涉, MATLAB

Research on College Physics Teaching under the Cross Integration of Courses

—Taking Young’s Double Slit Interference as an Example

Ying Zhang

Foundation Department, Engineering University of PAP, Xi’an Shaanxi

Received: Mar. 16th, 2022; accepted: Apr. 17th, 2022; published: Apr. 24th, 2022

Abstract

The cross integration of curriculum is the trend of the development of college education. Physics curriculum has the characteristics of strong theory and abstract content. Based on the analysis of physical theory, this paper uses MATLAB software to carry out numerical simulation and graphic visualization of abstract physical phenomena, and combines theory and simulation to help students intuitively understand physical knowledge. The section of “Young’s double slit interference”

needs to study the influence of various parameter changes on the interference pattern, which can be realized by using MATLAB software.

Keywords

Course Cross Fusion, Young's Double Slit Interference, MATLAB

Copyright © 2022 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

当今教育不仅强调教师的“教”、学生的“学”，还注重相关课程间的交叉融合，促进产、学、研相结合[1]。《大学物理》课程是理科生的一门必修课程，对于培养学生的探索精神和创新意识具有重要意义，然而本门课程理论性较强，内容抽象，学生学习兴趣缺乏[2]。随着计算机的快速发展与普及，计算机模拟仿真在物理研究中的地位越来越凸显，相较于传统的理论与实验室研究，它具有适用性强、环境要求简单、直观等优点[3]。

本文以杨氏双缝干涉实验为例，通过理论推导得到干涉图样光强的分布情况。然而，这样只能得到它的明暗纹位置，具体的干涉图样和光强大小无法直观地反映出来。我们发现，借助 MATLAB 语言编程对杨氏双缝干涉实验进行计算机仿真[4] [5]可以得出它的干涉图样，当改变各个参数进行研究，能够直观地分析各参数的变化对于干涉结果的影响，对于物理教学具有重要意义。

2. 传统大学物理教学中存在的问题

为了培养理工科实用性人才，各高校对基础课程课时量进行了缩减。在课时少，授课内容多的情况下，为了完成大学物理教学任务，教师形成了快节奏、满堂灌的现象。在这样的情况下，学生普遍反映所学物理概念复杂、知识点多、理解抽象、规律难掌握等问题。究其原因，包括以下几点：

一是教学模式具有局限性。传统教学模式以 PPT 为依托，结合板书，对基本的物理概念和解题思路进行讲解，然而很多物理知识与现实生活距离太远，学生无法感同身受，对物理概念理解不到位；此外，物理课程综合性太强，没有任何一门学科可以像物理一样把数学、几何、统计等知识综合调动起来，而大多数学生无法同时学好多门理科课程并将其进行综合运用。因此，这门课不仅让学生感到害怕，也让老师感到为难。

二是教学软件应用不到位。MATLAB, MATHEMATIC 等教学软件属于高效快捷的计算工具，尤其在科学研究领域应用广泛。MATLAB 软件功能强大，尤其在数值计算和图形可视化处理时展现了极强的优越性，是硕士研究生和博士研究生进行学术研究的必备软件。然而，大多数本科生对 MATLAB 软件一无所知，受时间和知识储备的限制，教师在大学物理教学中只能保持纯理论的公式推导，而不是理论分析与数值计算、图像可视化处理相结合的教学模式，学生只能通过抽象的逻辑分析去思考复杂的物理内容，而缺乏更形象具体的手段去研究问题，不少学生因此丧失了学习物理的兴趣[6]。为了改变这一现象，我们将 MATLAB 作为一个工具应用于物理教学和问题分析中。

3. MATLAB 软件在物理教学中的优势

MATLAB 是由 MATrix (矩阵)和 LABoratory (实验室)两个单词的前三个字母组成的，是一门功能强

大的高级计算机语言[7]。相较于传统教学模式，MATLAB将数值分析、矩阵运算、信号处理、图形功能和系统仿真融为一体，具有编程效率高、用户使用方便、强大的绘图功能等特点[8]。

MATLAB在物理教学中的突出特点是通过计算机所作图形来说明物理规律，许多细节问题可以通过做图展示出来。例如光学中的干涉、衍射图象可以通过MATLAB模拟出二维、三维图像，程序中参数的变化可以在图形中直观地表示出来，学生可以通过形象具体的手段去研究抽象复杂的物理内容，从而提高学生的学习兴趣。

4. MATLAB软件在物理教学中的应用，以杨氏双缝干涉为例

4.1. 立足教材，推导杨氏双缝干涉光强公式

图1为杨氏双缝干涉的实验装置图，由单色光源 S_0 发出的单色光经透镜变成平行光束，垂直入射到开有单狭缝 S 的板上。单缝后有一板开有双缝 S_1 、 S_2 ，两缝等宽，均平行于 S 缝，并且 $\overline{SS_1} = \overline{SS_2}$ 。上述条件可以保证双缝 S_1 、 S_2 发出的为相干光，当缝足够小时，在屏上就会出现一组明暗相间的条纹，即为干涉图样。

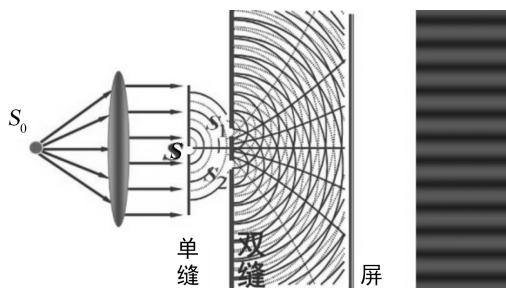


Figure 1. Young's double slit interference device diagram
图1. 杨氏双缝干涉装置图

根据光强与振幅之间的关系 $I \propto A^2$ ，可得干涉屏上光强分布公式为[9]：

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2} \quad (1)$$

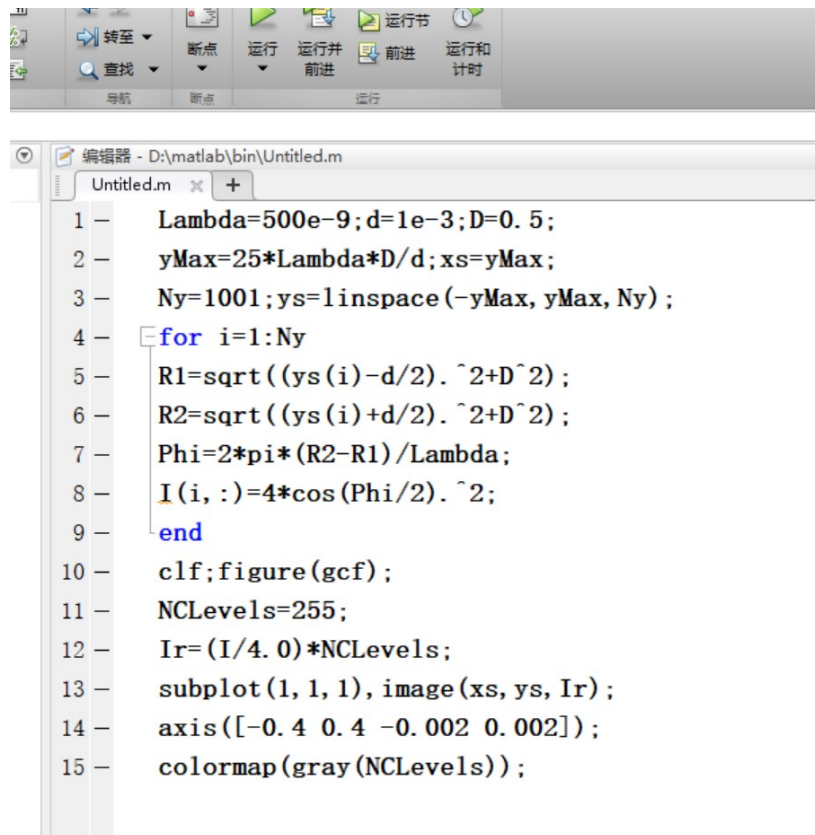
其中， I_0 是一条缝的光强， $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = \frac{2\pi d}{\lambda D}x$ 是两束光相遇的相位差。

由(1)式可知，干涉光强周期性变化，当 $\Delta\varphi = 2k\pi$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)时，干涉屏上对应的位置处光强取最大值；当 $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)时，干涉屏上对应的位置处光强为零；当 $2k\pi < \Delta\varphi < (2k+1)\pi$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)时，干涉屏上对应的位置光强取中间值。

根据(1)式可以看出干涉屏上的光强分布由相位差决定，而相位差又和入射光波长 λ ，双缝距离 d ，缝到屏的垂直距离 D ，以及干涉屏上 P 点的位置 x 有关，因此，可以通过改变以上三个参数，研究干涉图样的变化情况。

4.2. 基于课程交叉融合，分析杨氏双缝干涉图样

杨氏双缝干涉实验是光学章节的典型实验，理论上推导出的光强公式不具有直观性，学生很难体会到干涉图样光强分布及其随参数的变化情况。为了解决这一问题，利用MATLAB编程对杨氏双缝干涉图样的光强分布公式(1)进行模拟仿真，实现可视化研究。控制变量分别改变 λ ， d ， D ，研究干涉光强随干涉屏上的坐标 x 的变化，部分程序如图2所示。



```

1 - Lambda=500e-9;d=1e-3;D=0.5;
2 - yMax=25*Lambda*D/d;xs=yMax;
3 - Ny=1001;ys=linspace(-yMax,yMax,Ny);
4 - for i=1:Ny
5 -     R1=sqrt((ys(i)-d/2).^2+D^2);
6 -     R2=sqrt((ys(i)+d/2).^2+D^2);
7 -     Phi=2*pi*(R2-R1)/Lambda;
8 -     I(i,:)=4*cos(Phi/2).^2;
9 - end
10 - clf;figure(gcf);
11 - NLevels=255;
12 - Ir=(I/4.0)*NLevels;
13 - subplot(1,1,1),image(xs,ys,Ir);
14 - axis([-0.4 0.4 -0.002 0.002]);
15 - colormap(gray(NLevels));

```

Figure 2. Young's double slit interference simulation program
图 2. 杨氏双缝干涉模拟仿真程序

4.2.1. 干涉图样随波长的变化

设 $d = 1 \text{ mm}$, $D = 1 \text{ mm}$, 模拟出波长为 400 nm , 500 nm 下的干涉图样如图 3 所示, 其中 x 轴代表干涉图样的相对光强, y 轴代表干涉屏的坐标。

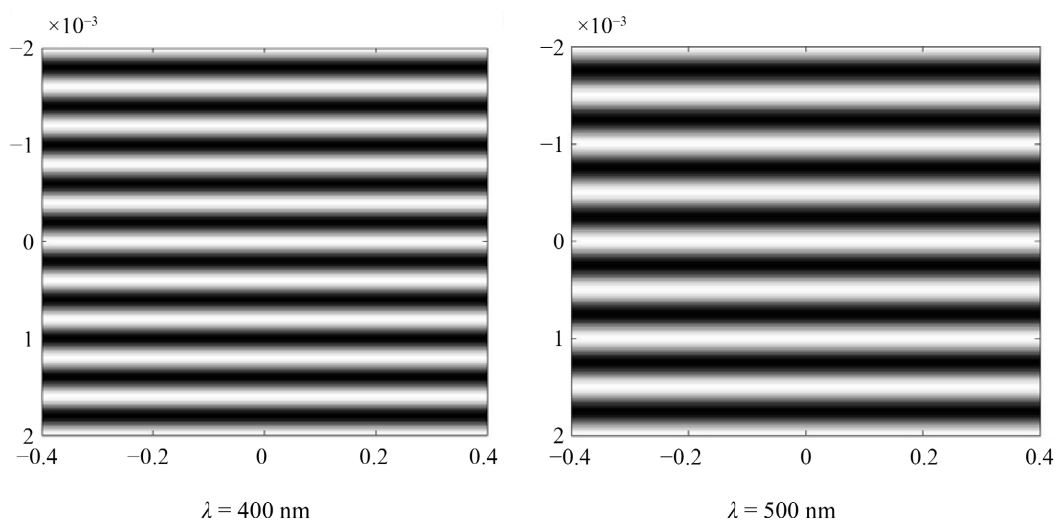


Figure 3. Interference patterns with wavelengths of 400 nm and 500 nm respectively
图 3. 波长分别为 400 nm , 500 nm 的干涉图样

从图 3 可以看出, 当条纹间距和缝宽一定时, 随着入射波长的增加, 相邻条纹间距变疏; 入射波长变短时, 相邻条纹间距变密。相邻条纹的间距为 $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$, 可以推导出, 条纹间距和波长成正比, 和缝宽成反比, 和屏到缝的垂直距离成正比。理论结果与模拟结果完全相符。

4.2.2. 干涉图样随双缝间距的变化

设 $\lambda = 500 \text{ nm}$, $D = 1 \text{ mm}$, 模拟出缝宽为 0.5 mm , 1 mm 下的干涉图样如图 4 所示, 其中 x 轴代表干涉图样的相对光强, y 轴代表干涉屏的坐标。

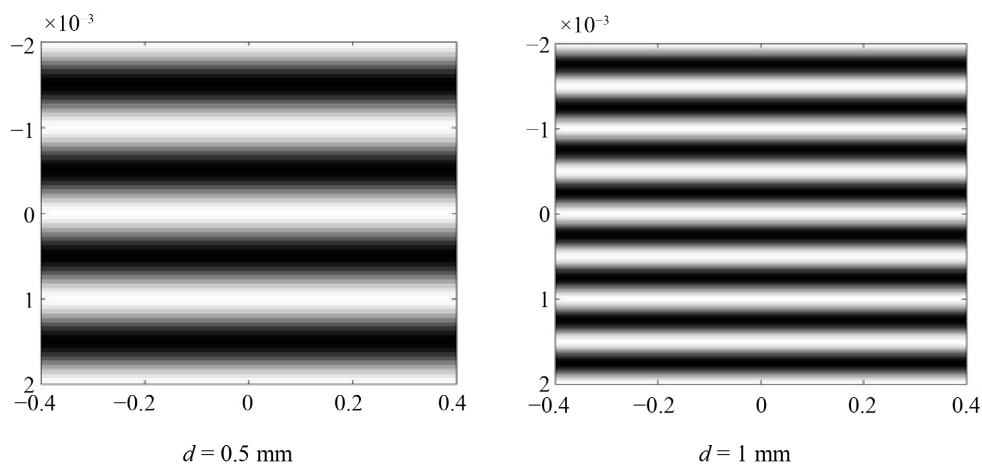


Figure 4. Interference pattern with slit width of 0.5 mm and 1 mm respectively

图 4. 缝宽分别为 0.5 mm , 1 mm 的干涉图样

从图 4 可以看出, 当入射光波长和屏到缝的垂直距离一定时, 随着缝宽的变大, 相邻条纹间距变密; 缝宽变小时, 相邻条纹间距变疏, 理论结果与模拟结果完全相符。

4.2.3. 干涉图样随缝到屏的垂直距离的变化

设 $\lambda = 500 \text{ nm}$, $d = 1 \text{ mm}$, 模拟出缝和屏的距离为 0.5 m , 1 m 下的干涉图样如图 5 所示, 其中 x 轴代表干涉图样的相对光强, y 轴代表干涉屏的坐标。

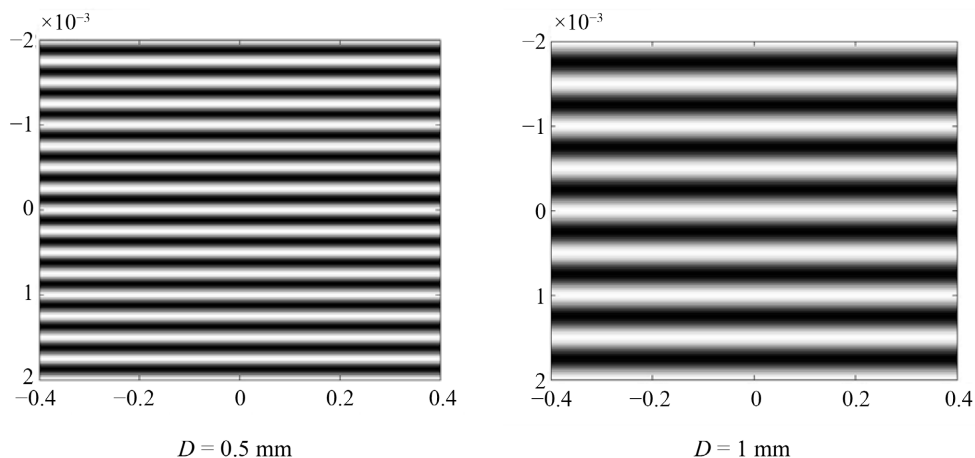


Figure 5. Interference pattern with the distance between seam and screen of 0.5 m and 1 m respectively

图 5. 缝和屏的距离分别为 0.5 m , 1 m 的干涉图样

从图 5 可以看出, 当波长和缝宽一定时, 随着缝和屏的距离变大, 相邻条纹间距变疏; 缝和屏的距离变小时, 相邻条纹间距变密, 理论结果与模拟结果完全相符。

5. 结语

本文通过对杨氏双缝干涉图样光强公式的推导, 利用 MATLAB 软件编程对该现象进行计算机仿真, 使得抽象的物理教学更加直观, 激发学生对物理学习的热情。随后利用控制变量法, 改变入射光波长 λ , 双缝距离 d , 缝到屏的垂直距离 D , 研究干涉图样的变化情况。结果表明: 干涉图样相邻条纹间距和波长成正比, 和缝宽成反比, 和屏到缝的垂直距离成正比。通过对比, 理论分析与数值模拟结果符合的非常好, 证明了该方法的可行性与简便性, 为后续其它光学现象的模拟仿真奠定了基础。

基金项目

2021 年武警工程大学基础研究基金项目“非线性光学调制在空间光通信领域的应用研究”(项目编号: WJY202116)。

参考文献

- [1] 宁长春, 次仁尼玛, 陈天禄, 等. 关于提升大学物理教学质量的一些思考[J]. 大学物理, 2019, 7(38): 43-48.
- [2] 王坤, 赵亚范, 田宝国, 曲亮生. “立德树人, 为战育人”格局下军队院校大学物理教学改革探索研究[J]. 教育进展, 2020, 10(4): 545-549. <https://doi.org/10.12677/AE.2020.104094>
- [3] 师青梅, 常宇. MATLAB 仿真技术在大学物理光学实验教学中的应用[J]. 中国电力教育, 2012, 238(15): 78-79.
- [4] 刘长菊, 丁豹, 谭玉彬, 等. 狭缝宽度对双缝后光场分布的影响[J]. 物理与工程, 2018, 28(6): 101.
- [5] 黄佳雯, 胡志娟, 何雨媛, 等. 杨氏双缝干涉实验的若干教学难点探究[J]. 物理通报, 2019(S1): 100-102, 105.
- [6] 陈乾. MATLAB 在大学物理中的应用[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2006.
- [7] 周群益, 侯兆阳, 刘让苏. MATLAB 可视化大学物理学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.
- [8] 何玉平. MATLAB 在大学物理中的应用[J]. 重庆文理学院学报(自然科学版), 2009, 28(5): 31-32.
- [9] 赵利军, 毕冬梅, 宫彦军. 基于 VC++6.0 的杨氏双缝干涉实验仿真[J]. 长春大学学报, 2020, 30(6): 28-29.