

# 基于 Matlab GUI 的物理演示实验设计

张光斌 王冰雪

(陕西师范大学物理学与信息技术学院 陕西 西安 710119)

(收稿日期:2016-12-26)

**摘要:**以中学物理实验中的布朗运动、光的干涉以及波的合成与叠加为例,运用 Matlab 语言在图形可视化、图形用户界面设计(GUI)等方面的优势,通过模拟仿真及动态演示,将复杂、抽象的物理过程直观地体现在教学过程中,使教学效果更加突出明显,内容更加形象生动,达到提高课堂教学效率的目的。

**关键词:**中学物理实验设计 Matlab GUI 布朗运动 光的干涉 波的叠加

## 1 引言

物理实验在物理学的发展过程中占据着重要的地位.生活中的一些物理现象可以帮助学生探究自然的规律,构建物理学基础知识,并有利于培养学生的形象思维能力.一般探究性实验可以使学生通过实验探究物理学规律,加深对物理知识的理解;开放性实验可以充分发挥学生的想象力,通过设计不同的实验过程,培养学生的发散性思维和创新性能力.

彻.例如,对于“LC 电磁振荡电路”的振荡过程分析,笔者应用电子计算机的动画功能,展现了随着电容充放电的进行,LC 回路中的电场能和磁场能之间的周期性变化,振荡电路的大小和方向变化的全过程,安全逼真,激发学生学习兴趣,使学生在过程中保持精力高度集中,思维高度活跃,求知欲高度旺盛的状态.对于可见度小,不易观察,且只能水平演示、观察的内容,例如水波的干涉、衍射现象,用发波水槽借助投影仪演示,既起放大作用,又使其有动感,使学生看到清晰的干涉条纹,对学生脑子里形成正确概念有极大的帮助.但是还有部分同学对波的叠加原理难以理解,又缺乏想象力,为此笔者又用计算机模拟制作了一条直线上两传播方向相反的两列波的叠加,可十分形象直观地表现波的叠加,学生也容易理解,并取得了良好的效果.利用多媒体进行物理实验教学,不但为教和学增添了信息的传输和接收通道,而且为教学创设了良好的情境,师生们置身

但是在实际的教学过程中,我们往往会遇到一些对实验设施要求高、实验现象不够明显甚至观察不到的问题,从而给学生对物理知识的学习和理解造成一定的影响.随着计算机技术的发展,利用计算机软件模拟和仿真一些抽象的物理实验现象成为解决这一问题的重要手段<sup>[1~3]</sup>. Matlab 语言在数值仿真、实验数据处理、图像可视化等具有独特的优势,已经有很多学者将其应用于大学数学、物理和电子类课程的教学.本文利用 Matlab GUI(Graphical User

于“情”、“景”中,以“物”思“理”,又以“理”认“物”,这对物理的各种题型的实验教学有着积极的意义,对提高物理课的素质教育有着广泛的前景.

总之,演示实验在物理教学中有不可替代的作用.教师只有明确了演示实验的重要性,掌握了正确的方法,才能使学生的观察和思维活动紧密地结合起来,用观察促进思维活动的展开,又用思维指导观察活动的进行,逐步掌握物理概念和规律,发展观察和思维能力,才能使我们的物理教学达到“事半功倍”的效果.

## 参考文献

- 1 许国梁.中学物理教学法(2版).北京:高等教育出版社,1993
- 2 阎金铎,田世昆.中学物理教学概论(2版).北京:高等教育出版社,2003
- 3 安忠,刘炳昇.中学物理实验与教学研究.北京:高等教育出版社,1986

Interfaces) 在图形演示方面的独特优势,开发了几个可用于中学物理演示实验的图形用户界面,该实验演示界面可以将复杂、抽象的物理过程和现象,直观地展现在学生的面前,使学生对知识点有全新的认识,从而提高学生的认知和理解能力.

## 2 Matlab GUI 概述

Matlab 是 MathWorks<sup>[3]</sup> 公司于 1984 年推出的一套具有科学计算、符号运算和图像处理等多种功能的高性能软件,其应用领域主要包括数值计算、数据处理、统计分析、工程等各个方面,在各大公司、科研机构 and 高校得到了普遍应用. Matlab GUI 是一种交互式的软件开发工具,利用其在软件开发方面的强大功能,结合实际应用背景,可以开发出具有不同应用的工具箱<sup>[4]</sup>.

### 2.1 GUI 简介

GUI 是由窗口、光标、按键、菜单、文字说明等对象构成的一个具有开发功能的图形用户界面,如图 1 所示.

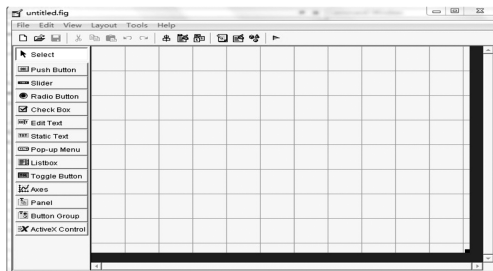


图 1 Matlab GUI 界面设计模板

用户可以通过 Matlab 的句柄操作,选择、激活这些图形对象,使计算机产生某种动作或变化,实现参数变化、数值计算、图形显示等. 一般创建 Matlab 图形用户界面必须具有以下 3 个基本元素.

#### (1) 组件

在 Matlab GUI 中的每一个项目(如按钮、标签、面板、编辑框等)都是一个图形化组件. 组件可分为 3 类:图形化控件(如按钮、编辑框、列表、滚动条等)、静态元素(如窗口和文本字符串)、菜单和坐标系.

图形化控件和静态元素由函数 `uicontrol` 创建,菜单由函数 `uimenu` 和 `uicontextmenu` 创建,坐标

系经常用于显示图形化数据,由函数 `axes` 创建.

#### (2) 图形用户界面

GUI 的每一个组件都必须安排在图形用户界面中. 在画数据图像时,图像窗口通常会被自动创建. 但还可以用函数 `figure` 来创建空图像窗口,空图像窗口经常用于放置各种类型的组件.

#### (3) 编写组件回调程序

图形用户界面上的组件是可以被用户用鼠标单击或者用键盘输入一些信息来进行控制. 在 Matlab GUI 中,是通过编写每一个组件的回调程序来实现对每一个组件的控制,从而在用鼠标点击时,组件可以完成相应的功能.

## 2.2 GUI 设计原则与步骤

### (1) GUI 的设计原则

一般而言,一个较好的 GUI 应遵循以下原则:

1) 简单性. 是指在设计 GUI 界面时,应力求简洁、直观、清晰地体现出界面的功能和特征,删除一些可有可无的设计.

2) 一致性. 是指界面的风格尽量一致.

3) 习惯性. 是指用户在设计界面时,应尽量使用人们熟悉和经常使用的符号和标志,设计出友好的用户界面.

### (2) GUI 的一般设计步骤

GUI 的设计主要包括界面设计和程序实现,一般制作步骤如下.

**步骤 1:** 分析界面所要实现的主要功能,明确设计任务;

**步骤 2:** 从使用者和功能实现的角度出发,构思草图,并上机实现;

**步骤 3:** 编写对象的相应实现程序,对其要实现的功能进行逐项检查.

## 3 基于 Matlab GUI 的物理演示实验设计

下面以 3 个典型的物理实验为例<sup>[5,6]</sup>,设计 Matlab GUI 界面,并通过编写回调程序来实现对物理实验现象的演示.

### 3.1 用 Matlab GUI 演示分子的布朗运动

#### 3.1.1 实验原理

1827 年英国植物学家布朗用显微镜观察悬浮在液体中的花粉时发现, 悬浮在液体中的小颗粒总不断地做无规则运动, 后来把悬浮微粒的这种无规则运动叫做布朗运动. 在液体中, 悬浮颗粒受到来自各个方向的液体分子不断撞击, 当颗粒足够小时, 受到来自各个方向液体分子的撞击是不平衡的. 在某一瞬间, 微粒在某个方向受到的撞击作用强, 致使微粒沿着这个方向运动. 在下一瞬间, 微粒在另一方向受到的撞击强, 致使悬浮微粒又朝着另一个方向运动. 这样, 就导致了悬浮微粒的无规则的布朗运动<sup>[6]</sup>.

### 3.1.2 布朗运动的 GUI 窗口设计

(1) 建立 1 个坐标轴对象, 用于显示布朗运动的动态模拟;

(2) 建立 3 个按钮, 分别用于开始、结束布朗运动和关闭窗口;

(3) 建立 1 个静态文本标签, 用于显示实验名称.

创建好 GUI 界面并调整好各控件的大概位置后, 设置这些控件的属性, 布朗运动的仿真实验结果如图 2 所示.

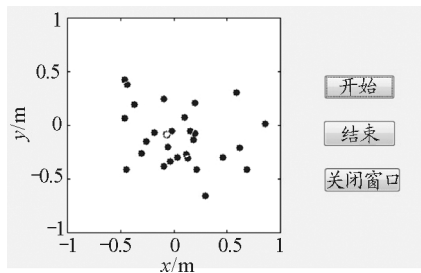


图 2 布朗运动演示实验界面

图 2 中, 可以通过点击“开始”按钮来显示分子的布朗运动, 通过点击“结束”按钮结束程序.

## 3.2 用 Matlab GUI 演示光的双缝干涉

### 3.2.1 实验原理

如图 3 所示, 当某一单色光通过两个窄缝射向屏幕时, 位置不同的两个相同频率相同相位的相干光源  $S_1$  和  $S_2$  在相遇时形成光的叠加. 由于到达屏幕各点的距离不同, 引起相位差, 在某些区域始终加强, 在另一些区域始终减弱, 造成了光的干涉现象.

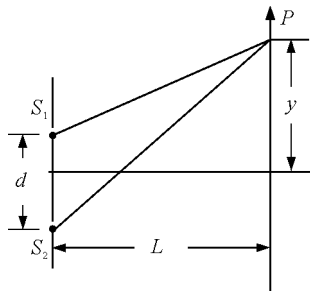


图 3 双缝干涉示意图

两个相干光源到屏幕上任意点的距离为

$$L_1 = \sqrt{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2 + L^2}$$

$$L_2 = \sqrt{\left(y + \frac{d}{2}\right)^2 + L^2}$$

其中,  $L_1$  为  $S_1$  到屏幕上一点  $P$  的距离,  $L_2$  为  $S_2$  到屏幕上  $P$  点的距离, 则光程差为

$$\Delta L = L_1 - L_2$$

相位差为

$$\Delta\phi = \frac{2\pi\Delta L}{\lambda}$$

式中  $\lambda$  为单色光的波长. 则两个振幅  $A_0$  合成后的振幅和光强分别为

$$A = 2A_0 \cos \frac{\Delta\phi}{2} \quad (1)$$

$$B = 4A_0^2 \cos^2 \frac{\Delta\phi}{2}$$

### 3.2.2 光的双缝干涉实验界面设计

根据光的双缝干涉的实验原理, 按照以下的步骤设计实验的 GUI 界面.

(1) 建立 2 个坐标轴对象, 用于显示双缝干涉的图样条纹和光强分布;

(2) 建立 3 个按钮, 用于绘制图样、清空图样和结束程序;

(3) 建立 1 个静态文本标签, 用于显示实验名称;

(4) 建立 3 个可编辑文本框, 分别用来输入波长、双缝之间的距离  $d$  和光栅到屏幕的距离  $L$ ;

(5) 建立 3 个静态文本标签, 用来标注相应控件的提示.

创建好 GUI 界面并调整好各控件的大概位置后, 设置这些控件的属性, 并通过编写回调程序对控

件进行操作,双缝干涉的仿真实验结果如图4所示.实验中,可用改变波长、缝的距离和光栅到屏幕的距离,观察不同的光双峰干涉图像.

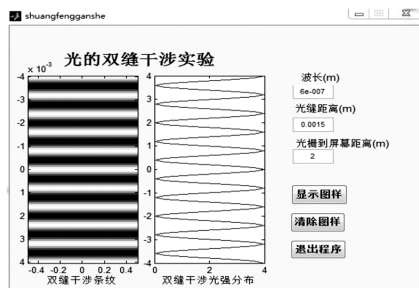


图4 光的双缝干涉实验仿真界面

### 3.3 波形图的绘制及波的叠加

#### 3.3.1 波的叠加原理

不同波源产生的几列波在同一种介质中传播时,每列波都会保持各自的特性(频率、波长、振幅、传播方向等),每一列波并不因其他波的存在而改变其传播规律.在几列波相遇的区域内,任何一个质点的振动都等于各列波单独传播时在该位置所引起的振动之和,这叫做“波的叠加原理”.

设有以下两列简谐波,其方程分别为

$$\begin{aligned} y_1 &= a_1 \cos(\omega_1 t + \theta_1) \\ y_2 &= a_2 \cos(\omega_2 t + \theta_2) \end{aligned} \quad (2)$$

根据波叠加原理,叠加后的方程为

$$\begin{aligned} y &= y_1 + y_2 = \\ &a_1 \cos(\omega_1 t + \theta_1) + a_2 \cos(\omega_2 t + \theta_2) \end{aligned} \quad (3)$$

#### 3.3.2 波的叠加 GUI 实验界面设计

(1) 建立3个坐标轴对象,用于显示已知波的图像和叠加后波的图像;

(2) 建立3个按钮,用于绘制图像、清空图像和结束程序;

(3) 建立6个可编辑文本框,用来输入对应变量;

(4) 建立6个静态文本标签,用来标注相应控件的提示.

(5) 建立1个静态文本标签,用于显示实验名称;

(6) 建立2个面板,分别用于显示已知波形的相关参数.

创建好 GUI 界面并调整好各控件的大概位置后,设置这些控件的属性,仿真实验结果如图5所示.该图像用户界面可用分别输入两个波的振幅、频率和相位,实现对不同频率、不同幅度和相位的两个波叠加后波形的观察.

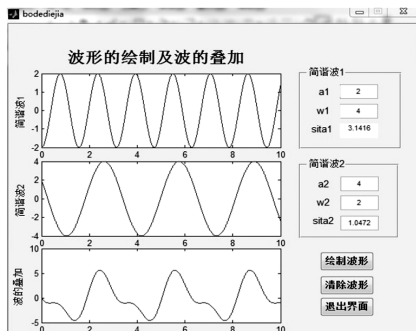


图5 波的叠加实验仿真结果

## 4 结论

本文利用 Matlab 软件对中学物理实验中常见的布朗运动、波的干涉、波的叠加进行了 GUI 界面设计,利用图形用户界面设计可以更容易地改变实验参数,应用图像显示可以很方便地显示在不同条件下的实验现象和实验结论.

因此,基于 Matlab 语言的物理实验模拟方法具有教学意图明确、成本低廉、操作简单、人机交互性强、交互参数调节方便、响应速度快等特点.在教学中适当地引入 Matlab 物理实验辅助教学,可以使教学内容更加生动形象,有助于学生对物理概念的深入理解,提高课堂的教学效果.

## 参考文献

- 李斌,谭鹏,陈国杰,等. MATLAB GUI 在大学物理实验教学中的应用. 实验科学与技术, 2013, 11(3): 35 ~ 37
- 于建,姚宇凤. 基于 Matlab GUI 的“信号与系统”课程教学仿真系统开发. 河北民族师范学院学报, 2016, 36(2): 105 ~ 109
- 崔祥霞,杨兆华,陈君. 基于 MATLAB 的光学衍射与干涉实验仿真. 泰山学院学报, 2009, 31(3): 109 ~ 113
- 陈奎光,毛涛涛,王正林,等. 精通 MATLAB GUI 设计. 北京: 电子工业出版社, 2008
- 范中和. 大学物理学下册. (第二版). 西安: 陕西师范大学出版社, 2008
- 肖明,肖飞,主编. 普通物理实验教程. 北京: 科学出版社, 2011