

基于 Matlab 的大学物理实验模拟

徐弼军,胡 炜,李祖樟
(浙江科技学院 理学院,杭州 310023)

摘 要:为使物理实验教学内容形象、生动而同时兼具科学性,基于 Matlab 的可视化功能,对物理实验现象采用计算机模拟,在实验课程中加入 Matlab 图像和动画,对物理实验教学启到了一定的促进作用,在教学中应用效果明显。
关键词: Matlab 语言;物理实验;计算机模拟
中图分类号: O411 .3; O242 .1 文献标识码: A 文章编号: 1671-8798(2008)02-0087-03

Computer simulation of physics experiment based on Matlab

XU Bi-jun, HU Wei, LI Zu-zhang
(School of Science, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In order to make physics experiment teaching visual, dramatic and scientific, computer simulation is used to physics experiment phenomenon based on Matlab languages . The images and motivations are introduced in teaching of physics experiment, which improves the teaching of physics experiment, and the application effect is obvious .
Key words: Matlab language; physics experiment; computer simulation

1980 年前后 Cleve Molar 教授在讲授线性代数课程时,觉得用其他高级语言编程很不方便,即着手开发一种专门作矩阵运算的数学软件。1984 年该软件由 Math works 公司正式推出,取名 Matlab (Matrix Laboratory, Matlab),经过 20 余年的不断完善,Matlab 现已成为集数值分析、符号运算、图形处理、系统仿真等功能于一体的科学与工程计算软件平台。Matlab 的最大特点在于功能强大而界面友好,其丰富的库函数和各种专用工具箱,将使用者从繁琐的底层编程中解放出来,使他们有更多的时间和精力去探究科学问题本身;它对科学计算结果迅捷而准确的可视化能力,有助于使用者化抽象思

维为形象思维,从而更好地洞察含义、理解概念、发现规律。目前,Matlab 已成为工程界最流行的软件工具,在大学理工实验课程教学中的应用亦渐成热点^[1]。
在构建物理模型的前提下,利用 Matlab 的计算、声音、图像、动画等功能来模拟物理现象,诠释物理规律,演示运动过程,并由此构建学生自主探索问题和解决问题的平台。利用它开展大学物理计算机模拟实验,一方面使抽象的问题形象化,加深学生对物理现象和规律的理解,提高教学效率,另一方面则有利于激发学生的学习兴趣,发展学生的想象力,开发学生的创造力^[2]。

收稿日期: 2008-04-24
基金项目: 浙江科技学院教学研究项目 (2005-B11)
作者简介: 徐弼军(1979—),男,浙江兰溪人,工程师,主要从事光学研究与物理实验教学。

1 基于 Matlab 的牛顿环干涉条纹的模拟

牛顿环是由于光的等厚干涉而产生的,是一些明暗相间的同心圆环。牛顿环可以用来测量透镜的曲率半径,在加工光学零件时,用于检查平面或曲面的面型准确度,在实际中有重要意义。

如图 1 所示,在一块平板玻璃与一块曲率半径很大的凸透镜之间就形成一层厚度由中心接触点向外渐增的空气膜,当以平行单色光垂直入射时,入射光在空气膜上、下两表面发生反射,形成两束相干光。分析可知,其光程差为

$$\Delta = r^2 / R + \lambda / 2$$

式中 r 为空气膜等厚线的半径,光强分布为

$$I = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{x^2 + y^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \right) \quad [3-4]$$

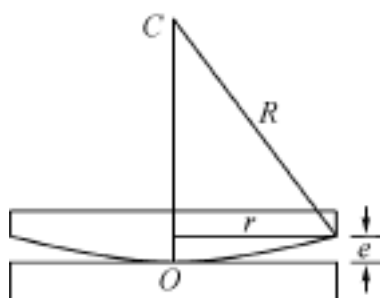


图 1 牛顿环装置

Fig. 1 A setup to observe Newton's rings

在 Matlab 软件中输入以下程序

```
Length = 5893e - 7;
R = 0.9e + 3;
range = 4; n = 500; ny = linspace(-range, range, n);
nx = ny;
[X, Y] = meshgrid(nx, ny);
flag = (X.^2 + Y.^2) >= range^2;
h = image(nx, ny, 255);
axis equal; axis([-range range -range range]);
I = 4 * cos(pi * Length * ((X.^2 + Y.^2) / R + Length / 2)).^2;
B = (I / 4.0) * 255;
B(flag) = NaN;
set(h, 'xdata', nx, 'ydata', ny, 'cdata', B);
mesh(X, Y, B)
figure(2)
pcolor(X, Y, B)
load('niuDunHuan', 'mycmap')
set(figure(2), 'Colormap', mycmap)
axis equal;
```

```
axis square;
shading interp
figure(3)
x = -4:0.05;
I1 = 4 * cos(pi * Length * ((x.^2) / R + Length / 2)).^2;
plot(x, I1, 'k')
运行程序后可得模拟结果,如图 2 所示。
```

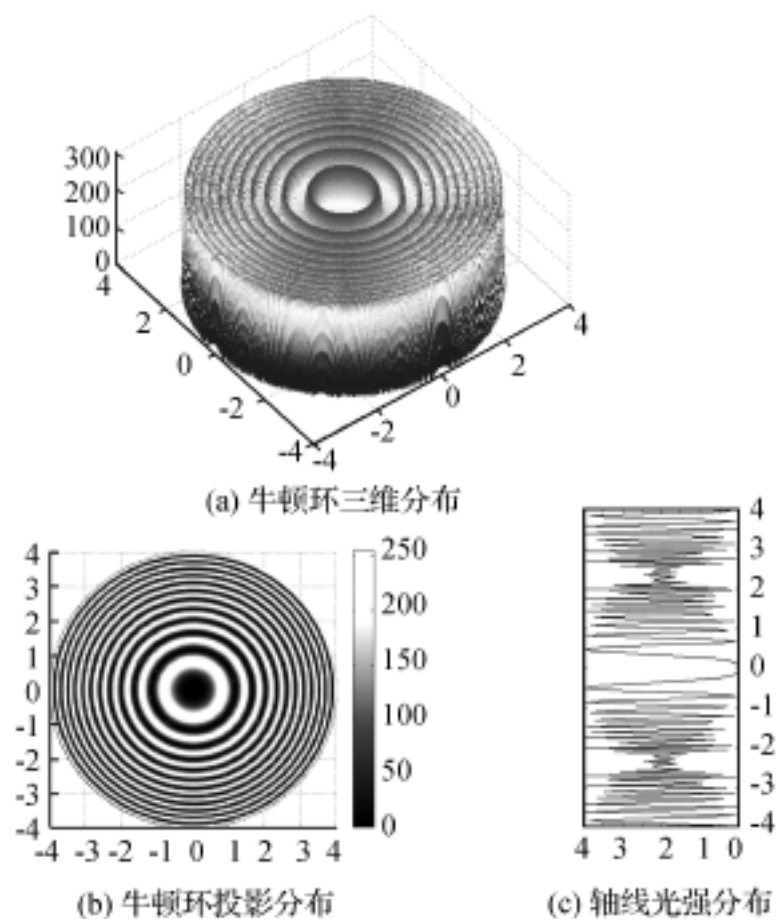


图 2 牛顿环分布图及轴线光强分布

Fig. 2 Distribution of Newton's rings and axis light intensity

2 基于 Matlab 的双缝干涉现象的模拟

托马斯·杨在 1801 年首次用实验方法观察到光的干涉图案,为光的波动说的建立奠定了实验基础。在杨氏双缝干涉实验中,单色光通过 2 个窄缝射向接收屏,形成同频、同相 2 束光,由于到观察屏各点的距离(光程)不同引起相位差,它们在观察屏上叠加,形成明暗相间的干涉条纹。2 个相干光源 $S_1(d/2, 0, -D)$ 和 $S_2(-d/2, 0, -D)$ 形成的单色光到观察屏上产生的干涉条纹的具体原因是:

$$r_1^2 = D^2 + y^2 + (x - d/2)^2$$

$$r_2^2 = D^2 + y^2 + (x + d/2)^2$$

$$r_2^2 - r_1^2 = 2xd$$

因此,相 S_2 和 S_1 到达观察点 P 的光程差为:

$$\Delta = r_2 - r_1 = \frac{2xd}{r_2 + r_1}$$

位差 $\Delta = 2 /$

设两束光振幅相同均为 A_0 , 则夹角为 θ 的两个向量的幅度为

$$A = 2A_0 \cos \frac{\theta}{2}$$

按波动光学定义, 光强正比于振幅的平方

$$A_1 = A_2 = A_0, \text{ 则 } I_1 = I_2 = I_0$$

$$\text{故有 } I = 4I_0 \cos^2 \frac{\theta}{2} \quad [5]$$

在 Matlab 软件中输入以下程序:

```
length = 5893e - 7;
d = 1.4e - 3;
D = 0.6;
xmax = 5 * length * D / d; ys = xmax;
nx = 100;
xs = linspace(-xmax, xmax, nx);
for i = 1:nx
    r12 = xs(i) * d / D;
    n1 = 10; dl = linspace(-0.1, 0.1, n1);
    length1 = length * (1 + dl); p1 = 2 * pi *
    r12 / length1;
    I(i, :) = sum(4 * cos(p1 / 2) ^ 2) / n1;
end
b = (I / 4) * 255;
subplot(1, 2, 1); image(ys, xs, b);
colormap(gray(255));
subplot(1, 2, 2), plot(I(:, :), xs);
```

运行程序后可得模拟结果(图 3), 可以看出明暗相间的干涉条纹, 且光的非单色性导致干涉现象减弱。

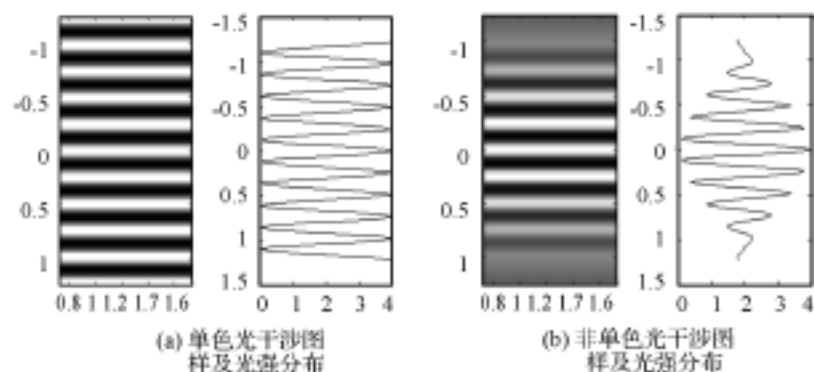


图 3 两种光的干涉图样及光强分布

Fig 3 Interference pattern and light intensity distribution for two lights

3 基于 Matlab 的光栅衍射光强及磁场中带电粒子运动轨迹的模拟

基于上述两种模拟原理, 同理运用 Matlab 可将单缝衍射、多缝衍射的光栅衍射光强分布进行模拟^[6]。运用 Matlab 可对带电粒子在电磁场中运动图

像进行模拟^[7]。运行程序后可得光强分布的模拟结果和带电粒子运动的轨迹, 分别如图 4、图 5 所示。

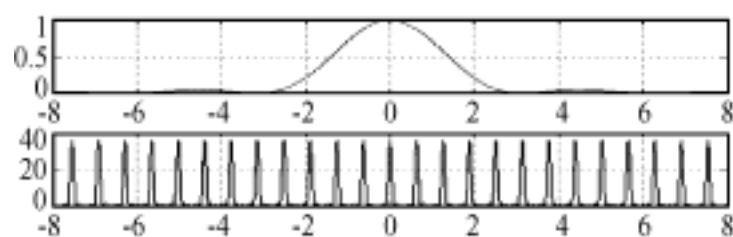


图 4 光栅衍射的相对光强分布

Fig 4 Relative light intensity distribution of diffraction grating

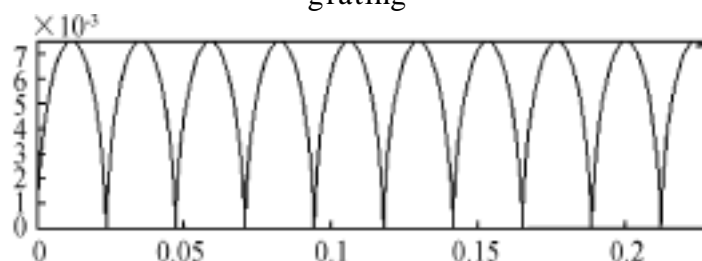


图 5 带电粒子在磁场中运动的轨迹

Fig 5 The track of Charged particle in magnetic field movement

4 结 语

基于 Matlab 计算机物理模拟方法实现的物理图像和物理过程, 教学意图明确, 操作简单, 人机交互性强, 交互参数调节方便, 响应速度快, 具有很高的容错能力。在物理实验教学中, 以 Matlab 为实验演示平台, 对物理实验现象进行模拟, 作为演示配合物理理论的讲授, 能使学生对物理现象和规律的理解, 提高教学效率。Matlab 绘图和动画功能, 能将计算结果或外部文件数据以二维、三维图形呈现, 而且提供了方便的图形导出功能, 其图形可以 jpg、tif 等多种格式导出^[8-9], 在物理实验教学中开发利用, 可作为物理实验 CAI 课件的素材图。

在物理实验教学过程中, 教师可利用 Matlab 绘图和动画功能, 选择其中合适的部分用在自己的讲解和演示文稿及多媒体课件中, 以便说明讲解的结构, 形象地演示物理教学中某些难以理解的内容; 或用模拟的图表、动画等展示动态的变化过程和理论模型等, 帮助学生了解和理解所学的知识。形象而生动, 非常便于学生接受。

在信息技术、计算机辅助教学迅速发展的时代, 上述工作显示了比较大的发展空间和潜力, 已经广泛地引起了学生的各方面兴趣, 正在成为学生自我学习的平台, 已显示出在提高学生素质、提高学生学习质量以及在教学方法和教学内容改革等方面所具有的优势。

(下转第 92 页)