

MATLAB 在工科物理教学中的应用

陈普春

信息技术对当今社会的发展产生了深远的影响,它不仅大大提高了社会生产力的发展速度,而且对社会生活方式与社会结构都产生了深层的影响,加快了人类进入信息化社会的步伐。信息、知识成为社会中的基本资源,信息产业成为社会中的核心产业之一,信息技术渗透到社会生活与工作的方方面面,无处不在,无孔不入。信息素养成为信息社会每个公民必须具备的一种基本素养,信息的获取、分析、加工、利用的能力与传统的“读、写、算”方面的知识一样重要,是信息社会对新型人材培养所提出的最基本要求。如何在传统的物理教学中,引入信息技术内容,用信息技术赋予传统内容以新的内涵,有效实现物理学科与信息技术的整合,是迫切需要物理教育工作者致力于解决的一大难题。近几年来,不少物理工作者在这方面进行了卓有成效的探索,并取得了丰硕的成果。

MATLAB 语言是物理学科与 信息技术整合的最佳选择

为适应社会信息化要求,在传统物理教学中引入与信息可视化技术相关的教学内容,通过模拟仿真等信息技术手段,使抽象难懂的物理知识变得形象生动,将教师和学生从繁琐重复的数学演算中解脱出来,以便将更多的时间用于对物理概念和思想的理解,使教学效率提高,加深学生对所学物理知识的理解,激发他们学习物理的兴趣,是现代物理教育改革的必然趋势,也是物理教育现代化的必由之路。

MATLAB 是近几年来在国内外广泛流行的一种可视化科学计算软件,它不但具有语法结构简单、数值计算高效、图形功能完备和图像处理方便的特点,还具有开发符号计算、文字处理、可视化建模仿真和实时控制的能力,该软件已发展成为适合多学科、多部门要求的新一代科技应用软件。下面,就 MATLAB 的主要技术特点及如何按照信息化、现代化的要求,改革传统物理中振动、波动及光学部分教学内容的一些具体做法进行探讨。

MATLAB 的主要技术特点

首先, MATLAB 具有界面友好、编程效率高、易

学易用适于交流的特点: MATLAB 的基本单位为矩阵。它的语法结构简单,数据类型单一,命令表达式与数学、工程计算中常用的形式类似,这使 MATLAB 用户在短时间内就能很快掌握其主要内容和基本操作。MATLAB 语言以解释方式工作,编程贴近人的思维特点,对每条语句进行解释后即运行,键入算式即得结果,无需编译,对错误可立即做出反应,大大减少了编程和调试的工作,使得用 MATLAB 编写程序有如是在便笺上列公式和求解。MATLAB 不仅能免去大量重复性的基本数学运算,而且其编译和执行速度都远远超过采用 C 语言和 FORTRAN 语言设计的程序。可以说, MATLAB 在科学计算与工程应用方面的编程效率远远高于其他高级语言。

其次, MATLAB 具有强大的数值计算、作图和数据可视化功能:为了满足复杂科学计算任务的需要, MATLAB 汇集了大量常用的科学和工程计算算法。此外, MATLAB 在数据分析和数据可视化方面也远远优于其他同类软件, MATLAB 能将数据以图形的方式显示出来,使数据间的关系清晰明了。MATLAB 具有灵活的二维与三维绘图功能,在程序的运行过程中,可以方便地用图形、图像、动画等多媒体技术直接表述数值计算结果,可以选择不同的坐标系,也可以设置颜色、线型、视角等,还可以在图中加上比例尺、标题等标记。

最后, MATLAB 具有极强的可扩展性: MATLAB 软件包括 MATLAB 主程序和日益增多的工具箱。工具箱是 MATLAB 用来解决各个领域特定问题的函数库,它是开放式的,可以应用,也可以根据自己的需要进行修改和扩展。MATLAB 工具箱为用户提供了丰富而实用的资源,工具箱的内容非常广泛,涵盖了科学研究的很多门类。这些工具箱的作者都是相关领域的顶级专家,从而确定了 MATLAB 的权威性。如今,已有涉及数学、自动控制、通信、信号处理、图像处理、模糊逻辑、神经网络、小波分析、最优化、经济、地理等 30 多个具有专门功能的 MATLAB 工具箱。各种工具箱中的函数可以互相调用,也可以由用户更改。MATLAB 支持用户对其函数进行二次开发,用户的应用程序可以作为新的函数添加到

现代物理知识

相应的工具箱中。应用 MATLAB 的各种工具箱可以在很大程度上减少用户编程时的复杂度。

如何使用 MATLAB 语言对物理信息进行可视化研究

物理难教难学、课时减少内容增多,已成为工科物理教学迫在眉睫需要着力解决的现实问题。信息技术的发展和普及为突破这些难题提供了充分的可能性。在工科物理教学中,教师常常面临着把大量公式反映的物理图景以可视化方式展现出来的艰巨任务。在黑板上手绘,费时、费力,难以提高单位课堂时间的利用率。把绘制出的结果制成幻灯片,用投影的方式直接展现在学生面前,学生又很难追寻其绘出的具体过程,并且对其中的物理意义也理解不深。如何把信息技术与物理教学有机地结合起来,改变传统落后的教与学观念以及相应的学习目标、方法和评价手段?如何在传授知识的同时,大力发展学习能力、信息处理能力、独立解决问题能力?如何方便地把物理教学与信息处理技术有机地结合起来,让学生透过可视化的计算结果,了解信息技术的一些基本术语和概念,为学生未来的信息技术学习开一个窗口?如何使学生在课后阅读绘图程序和改变模型参数的模拟实践中,直观地观察到各参数对结果的影响,从而使他们更加容易地理解计算模型的物理意义?所有这些,都是物理教育工作者思考并力图解决的难题。

物理学科是在实验基础上发展起来的,物理教学需要大量演示实验的支撑。过去,我们常常是在演示实验后直接进行抽象和概括。相对于演示实验的发生,学生的观察具有滞后性和波动性,并且实验现象往往很快消失或者不清晰,容易造成大量学生的观察困难,难以形成鲜明丰富的表象。如果在演示实验的基础上,用计算机模拟实验现象的物理过程,强化学生的表象,促进学生识别实验现象发生及变化的条件,然后再进行抽象概括,形成概念规律或找出物理现象的共同特征,教学效果势必会更好。MATLAB 的问世,为计算机模拟物理实验现象提供了强有力的武器。

在振动合成部分的教学,同方向、同频率简谐振动合成了拍现象,而垂直方向、频率成简单整数比的简谐振动合成的却是李萨如图。在用音叉、振动合成综合演示实验仪所作的演示实验基础上,为了加深学生对拍现象形成机理的理解,我们用编制出

的 MATLAB 绘图程序绘出了如下的拍现象形成过程示意图:

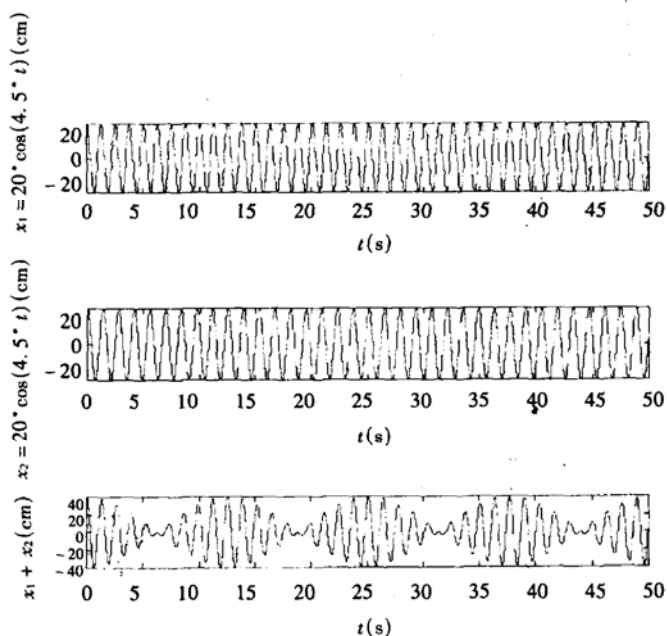


图 1 拍现象形成过程示意图

从上图,我们不难看出,当两个同方向、振动频率有微小差别的简谐振动在某固定点相遇时,我们将观察到合振动时而加强、时而减弱的拍现象。不仅如此,我们从图中的刻度,还可以大致估计出拍的周期为 12.5 秒左右,与理论计算结果:

$$T = 1 / (\nu_2 - \nu_1) = 12.6 \text{ 秒}$$

吻合得非常好。

拍现象非常普遍,在声学、电子学、通讯技术等有着十分广泛的应用。可以利用拍现象测量频率很高的波的频率,外差式、超外差式收音机、差频振荡器等也都利用了拍的原理。通过仔细观察演示实验,亲自上机用 MATLAB 进行计算机模拟,学生对拍现象的成因可以形成比较深刻的印象。

李萨如图可以用于测量信号的频率,为了加深学生对李萨如图形成过程的理解,便于他们实际上机练习,作者设计出了供其参考的 MATLAB 绘图程序,绘制出了如下的李萨如图。

通过课堂的模拟显示和课后的上机实践,学生饶有兴趣地发现:李萨如图的轨迹确实与简谐分振动的振动频率比、位相差有关系;在模拟出的图上,他们也很容易验证公式 $\omega_x: \omega_y = n_x: n_y$ 的正确性。不仅如此,学生还可以利用 MATLAB 工具箱提供的 comet 函数模拟显示李莎茹图形的动态形成过程,

从这一系列的计算机模拟实践中, 学生可以加强对位相差概念的理解, 从而为随后的信息类课程的进一步学习奠定坚实的基础。

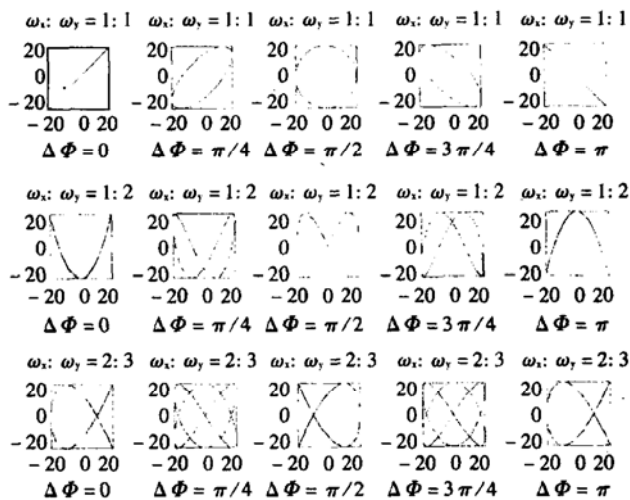


图2 频率成简单整数比的互相垂直的简谐振动合成的李萨如图

不但 MATLAB 的 plot 函数给我们绘制二维数据曲线带来了很大的方便, MATLAB 的一系列图像绘制函数更为我们绘制二维和三维图像创造了巨大的便利。从绘制出的图像中, 我们可以对像素、图像格式、三色原理等信息技术概念和彩色图像的绘制过程有个初步的了解。

在讲到波的干涉时, 我们可以用相干水波实验演示干涉波的形成过程。由于该过程是动态的, 学生不易把握, 再加上缺乏有效的手段, 过去, 工科物理的教学内容在此与中学学习内容重复过多, 学生普遍缺乏学习兴趣。如果在演示实验后, 能及时地辅之以计算机模拟的某时刻的水波干涉图, 对干涉加强或减弱点的分布特点, 学生势必会有更清楚的认识。而且, 在此过程中使用的彩色图像显示技术也会激发起学生的浓厚好奇心和强烈的学习愿望。为此, 我们用编制出的 MATLAB 程序绘制出了平面(图3)和立体(图4)的水波干涉模拟图:

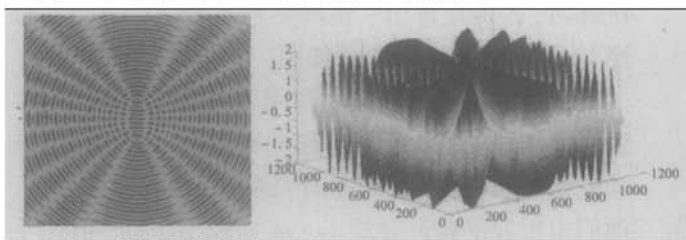


图3 模拟的某时刻水波干涉平面图

图4 模拟的某时刻水波干涉立体图

水波干涉的计算机模拟实践, 跳出了原来波动

部分教学中只由老师演示和讲授的框框, 避免了许多与中学教学内容的不必要重复, 使学生也主动参与了进来, 极大地调动了学生学习的积极性, 为他们以后的相关学习打下了牢固的基础。

此外, 围绕着学生难于理解的特殊干涉现象——驻波, 我们也用 MATLAB 绘制出了帮助学生加深理解的各典型时刻的驻波波形曲线模拟图(图5)。在弦线驻波演示实验后, 我们使用了该图。结果, 学生很容易就理解了驻波的几个特点。依据相邻波幅(波节)的间距为原来各行波的波长一半的理论结果, 从图中波幅(波节)的刻度, 学生可以大致估计出各分波的波长为 30 米左右。

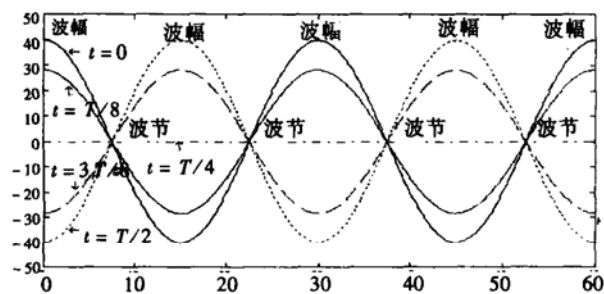


图5 由两列相干行波: $y_1 = 20\cos\left(10 \cdot \pi \cdot t - \frac{\pi}{15} \cdot x\right)$ 和 $y_2 = 20\cos\left(10 \cdot \pi \cdot t + \frac{\pi}{15} \cdot x\right)$ 在相遇区域形成的 $t = 0, \frac{T}{8}, \frac{T}{4}, \frac{3T}{8}, \frac{T}{2}$ 时刻的驻波波形图

不仅如此, 在光的干涉、衍射现象的教学中, 我们也可以借助于 MATLAB 可视化工具形象地模拟各种条纹的形成过程, 以加深对相关理论的理解。

在光的衍射部分教学中, 我们制作出了圆孔衍射、光栅衍射条纹光强的立体空间分布和平面分布的计算机模拟数字图像(图6、图7)。从这些衍射条纹的计算机模拟中, 学生将加深对衍射条纹与付里叶变换关系的理解, 同时对光学凸透镜的付里叶变换功能也会有深刻的认识。实际上, 在普通物理光学部分的教学, 用这种方式, 我们可以很自然地地为后续的信息类课程的进一步学习做好铺垫。

目前, 我国教育界正在进行信息技术与课程的整合, 这就要求在教学过程中教师将信息技术作为一种先进的教学工具, 学生将信息技术作为一种先进的认知工具。信息技术为学生的学习创设了良好的问题情景, 同时, 也为学习的进行提供了灵活多样的学习形式, 这对于激发学生的学习兴趣和学

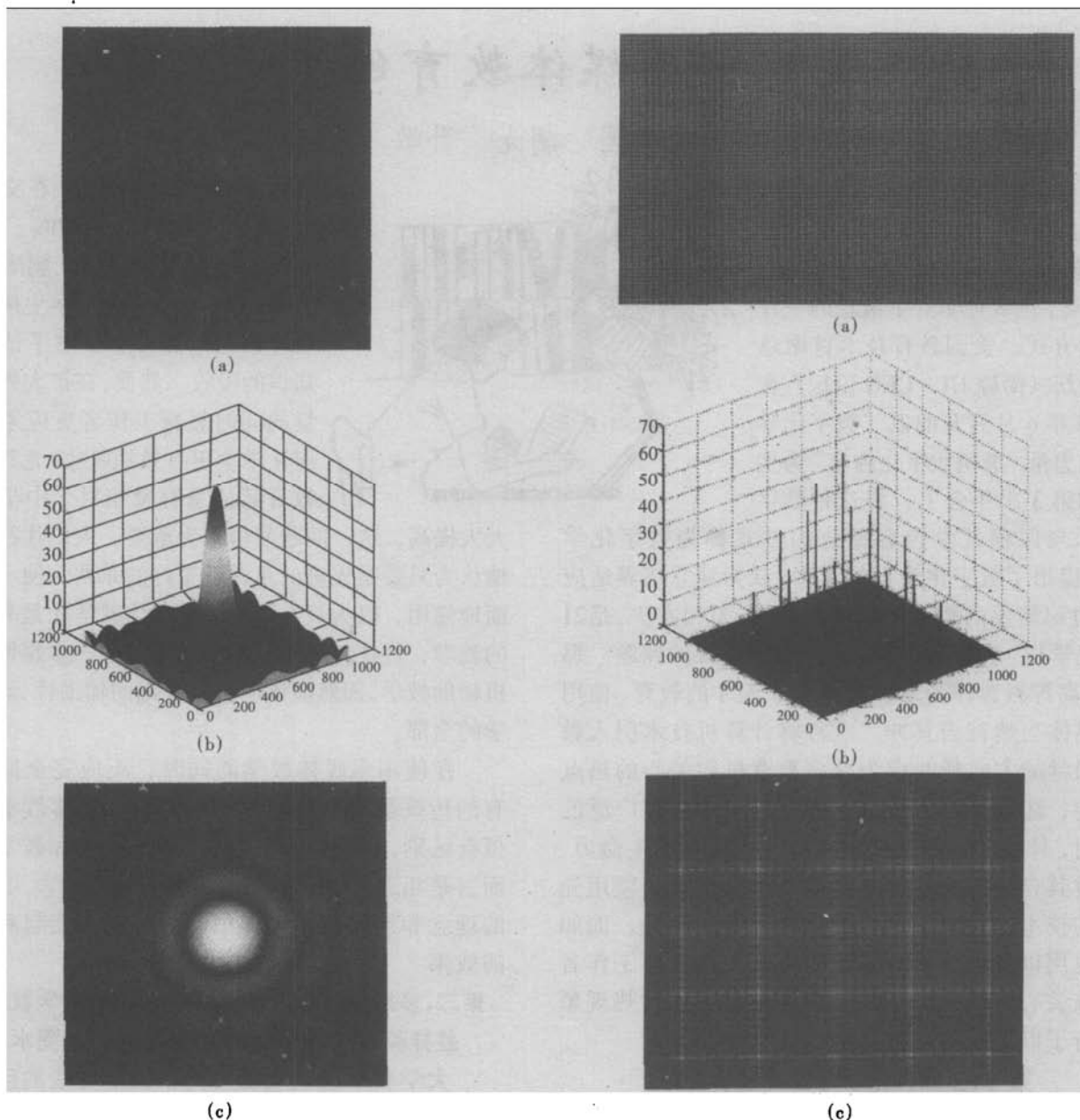


图6 (a)模拟的单个圆孔(中心亮点);(b)圆孔衍射条纹的光强度立体分布图,(c)圆孔衍射条纹的计算机模拟图像

图7 (a)计算机模拟光栅的图像,(b)计算机模拟的光栅衍射条纹光强空间分布图,(c)光栅衍射条纹平面分布的计算机模拟图像

动性,具有十分重要的作用。

在有效整合了信息技术的物理学习中,学生不仅可以牢固掌握物理学的知识,同时,还可以培养起多种能力,如计算机的使用能力,信息的主动获取、分析、使用的能力,独立分析、解决问题的能力。正是为了顺应工科物理教育现代化的需要,本文迈出了把 MATLAB 数值计算及模拟仿真工具引入工科物理教学的第一步,并对部分物理图景,实施了计算机模拟仿真。这样做,不但可以用充满现代气息的信息技术知识充实丰满物理课堂,使学生领悟当今时代是一个多学科交叉渗透的时代;同时,还能在物

理教学中较好地突出物理思想、物理方法,使时间放大,运动的过程细化,达到辅助学生理解和思考的目的。

综上所述,把具有科学计算及可视化功能的 MATLAB 语言引入工科物理教学,对于提高工科物理教学的教学质量,具有十分重要的作用。在工科物理教学中融合信息技术的内容,是信息化时代的需要,物理教育工作者应进一步加大这方面的教学改革步伐,积极应对经济全球化、数字化的挑战。

(四川成都西南石油学院电子信息工程系 610500)