

MATLAB GUI 在高中物理机械波教学中的运用

田 洁

(上海市敬业中学 上海 200010)

(收稿日期:2017-09-14)

摘要:利用 MATLAB 编程建立驻波和水波干涉的 GUI 仿真人机交互界面,用户通过输入不同的物理参数和简单的指令操作,便可将驻波和机械波干涉的实验过程和现象动态的展示出来. 仿真结果获得的实验现象更准确、更直观,有利于加深学生对驻波和机械波干涉现象理解,从而提高课堂教学效率.

关键词:MATLAB GUI 驻波 干涉

MATLAB 作为科学计算软件,具备强大的数值计算、模拟仿真、数学建模、图形绘制、信号处理等功能. 其广泛应用于高校、科研和工程计算等领域. 由于其具有物理理论和数据科学性,因此真正体现现象的物理本质与思想. 将信息化教学工具

MATLAB 应用于中学物理教学中,可把复杂抽象的物理概念、规律、公式以生动直观图像展现在学生面前,化抽象为具体,提高学生学习物理的兴趣^[1~3]. 文中运用 MATLAB 建立 GUI 驻波和机械波干涉的仿真操作界面,便于用户,显示图形,理解

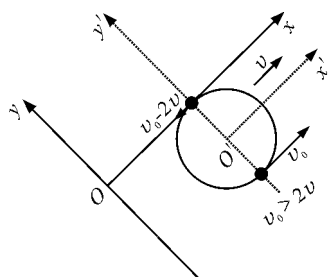


图 17 $v_0 > 2v$ 时运动分析

$$\text{由 } f''(x) = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(v - v_0) \frac{qB}{m} \left[(v - v_0) - v \cos \frac{qB}{m} t \right]}{v_x^3} \quad (51)$$

容易得到,若 $v_x > 0$ 时

$$f''(x) = \frac{d^2 y}{dx^2} > 0 \quad (52)$$

曲线轨迹向上凹;

在拐点的右侧,

$$f''(x) = \frac{d^2 y}{dx^2} < 0 \quad (53)$$

曲线轨迹向下凹,与仿真物理实验轨迹吻合.

最后可以随便赋予小球任意速度,理论和仿真实验均表明无更多可能轨迹. 下面将 5 种实验尝试情况下的 5 个相同小球赋值以上讨论的 5 个不同速

度,一起运行试验得到所有可能的轨迹如图 18 所示.

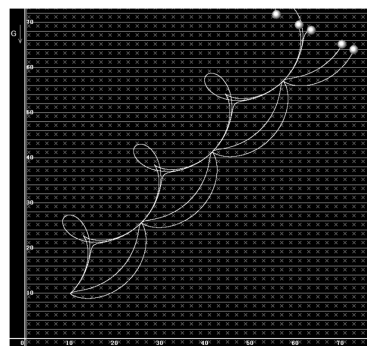


图 18 5 种实验尝试情况下运行结果

4 结束语

在有些复杂的物理问题研究中,人脑的想象空间是非常有限的,借助“仿真物理实验”,先对未知领域进行尝试,获得感性的认知,然后借助理论研究寻找形成原因,这种方法可以帮助解决一些疑难问题,对于物理问题的研究未尝不是一个行之有效的策略.

参考文献

- 1 黄尚鹏. 一带电小球在复合场中的运动轨迹探讨. 物理教师, 2011(11)

规律.

1 驻波实验的仿真

驻波是高中物理中学习的一种特殊的干涉现象,驻波是由两列沿相反方向传播的振幅相同、频率相同的波叠加时形成,演示驻波实验^[4]采用电磁打点计时器的振针固定弦线一端,弦线另一端绕过定滑轮悬挂重物,弦线中间用尖劈支起.形成同频率、同振幅、传播方向相反的入射波和反射波.本校物理教师在此基础上对实验装置进行了改进,一根线两端与两个打点计时器相连,打点计时器再分别频率调节器相连,通过改变打点计时器频率产生驻波,两种方法得到相同的实验结果,如图1所示.



图1 弦线的振动

弦线上始终静止不动的点称为波节,弦线上振幅最大的点称为波腹.但是实验结果获得的图像中同一点有两个波腹,学生很难以理解.且在任何时间内波形看不出变化,不利于观察一个周期内驻波波形的变化.通过建立仿真模块、改变参数就可动态、直观的显示,使学生可以清晰地认识实验效果,更好地理解物理现象与物理规律.下面结合实验仿真分析驻波.

$$\text{入射波函数} \quad y_1 = A_1 \cos(\omega_1 t - kx)$$

$$\text{反射波函数} \quad y_2 = A_1 \cos(\omega_2 t - kx)$$

其中参数波数 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$,入射波振幅 A_1 ,反射波

振幅 A_2 ,入射波角频率 ω_1 ,反射波角频率 ω_2 ,用MATLAB编程可以仿真出在不同参数下驻波仿真实验.图2为驻波仿真实验界面,在界面上手动设置改变波的参数,点击绘图,则该模块将演示从0~20距离,入射波、反射波以及其合成波的动态连续的变化情况.如图3所示是同频率同振幅入射波和反射波叠加图形,横坐标上的圆圈表示的是合成波与横坐标的交点.

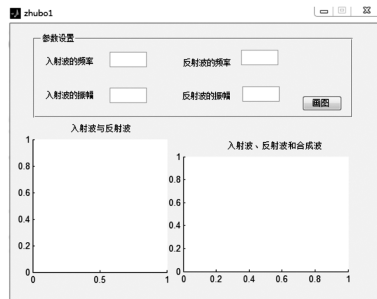


图2 驻波仿真实验界面

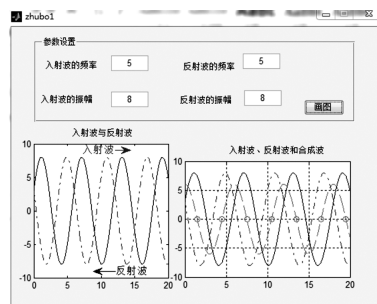


图3 不同时刻,同频率、同振幅的两列波叠加

在这个仿真模块中,通过MATLAB模拟利用打点计时器的原理和使用来形成驻波图形的过程,在任何时刻合成波都是一条,仿真实验效果更明显、更直观.不仅可以动态、连续、直观地观察驻波的形成过程,还可以修改入射波和反射波参数来对比比较波形变化.设置不同频率同振幅、同频率不同振幅、不同频率不同振幅以及同频率同振幅4种情况下的入射波和反射波叠加,观察在前3种情况下两列波叠加合成波的波形在水平方向发生了移动,图3显示的是第4种情况下的结果,合成波的波形虽然随时间而变化,但不向任何方向移动.可以得出形成驻波的条件是传播方向相反、振幅相同、频率相同.

2 水波的干涉实验仿真

频率相同的两列波(或多列波)相遇时,会发生干涉现象.设相距 $2a$ 的两波源 S_1 和 S_2 的角频率分别为 ω_1 和 ω_2 ,波长都为 λ ,两列波在空间任一点 P 相遇时的振动分别为^[5]

$$y_1(r_1, t) = \frac{A_1}{r_1} \cos(\omega_1 t - kr_1)$$

$$y_2(r_2, t) = \frac{A_2}{r_2} \cos(\omega_2 t - kr_2)$$

上式中, A_1 和 A_2 是两列波在点 P 的振幅, r_1

和 r_2 是两波源到点 P 的距离, 由波的叠加原理可得点 P 的合振动为

$$y = y_1 + y_2 = A \cos(\omega t - kr)$$

式中, A 和 φ 分别为合振动的振幅和相位, 波的强度正比于振幅的平方.

中学物理采用发波水槽使两个振头周期性的触动水面, 产生振幅相同、频率可调的两列水波叠加演示干涉现象, 实验效果受振头上下调节不一致、光源照射不均, 频率不稳定等因素影响, 实验效果不理想, 且不少学生思考振幅不同的两列波叠加图样有什么特点, 因此根据上述理论编程, 建立水波干涉实验仿真模块, 如图 4 所示.

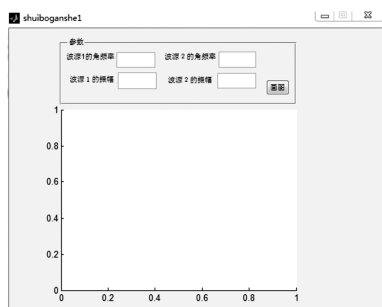


图 4 水波干涉仿真模块

输入实验参数, 观察不同参数下水波干涉过程的动画. 图 5 频率不等的情况下, 相互叠加的各点振幅随时间变化, 没有始终增强或减弱的区域. 图 6 是频率相同的两列波叠加, 某些区域的振动始终加强, 某些区域减弱, 加强区和减弱区相互交错隔开. 观察图 7, 在频率相等的情况下, 两列波振幅相差大时, 干涉现象不明显; 振幅相差不大时干涉现象明显, 当振幅相等, 干涉现象最明显分辨率最大, 因此印证了教材所说的产生干涉的必要条件之一是两列波的频率必须相等.

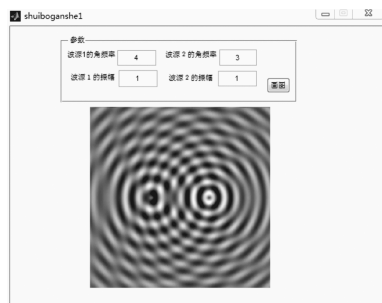


图 5 频率不等、振幅相等的干涉图形

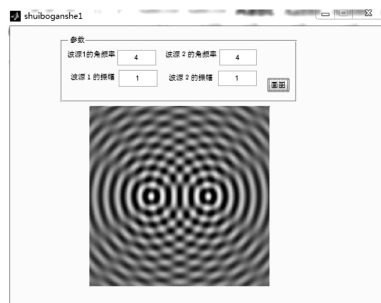


图 6 频率振幅均等的干涉图形

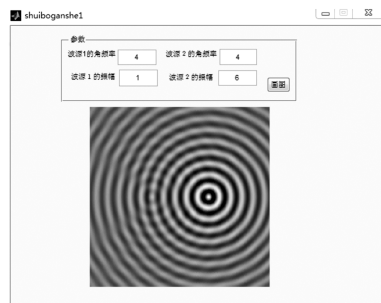


图 7 频率相等、振幅不等的干涉图形

3 结束语

利用 MATLAB 软件模拟中学物理中的机械波干涉现象, 将模拟的界面设计成实验参数可调的用户平台, 可以很容易改变实验参数来获得不同实验条件下, 有利于不同实验结果的相互参照对比. 不但可以不受实验仪器的限制, 而且效果比实验更形象直观, 便于学生学习理解. GUI 程序编写完毕后可将平台程序封装打包成独立运行的 exe 程序, 便于在脱离 MATLAB 的环境下运行. 通过引入 MATLAB 进行可视化教学, 可丰富教学手段, 加深学生对所学内容的理解, 激发学生的学习兴趣, 调动学习积极性.

参考文献

- 1 周小奋. Matlab 在中学物理教学中的应用初探. 物理通报, 2011, 40(10): 68 ~ 71
- 2 吴丰. 基于 MATLAB 的布朗运动数值模拟. 广西物理, 2013, 34(2): 39 ~ 41
- 3 朱国强. MATLAB 软件在物理教学中的应用. 物理通报, 2014(4): 8 ~ 12
- 4 张大同、范小辉、张伟平等. 物理. 高中上册. 上海: 华东师范大学出版社, 2008. 310 ~ 311
- 5 罗志荣, 卢成健, 高英俊. 机械波的衍射和干涉现象的 MATLAB 数值模拟. 大学物理实验, 2014, 27(4): 91 ~ 93