

用 Excel 测试李萨如图形实验得出的新结论

吉 莉 刘景旺 孙光东

两个相互垂直的简谐振动,当它们的频率比是简单的整数比时,合成振动的轨迹是稳定的闭合曲线叫做李萨如图形。

设有两个互相垂直的简谐振动,分别在 x 、 y 轴上运动,它们的简谐振动方程为:

$$x = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$y = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$

其合成振动的轨迹即李萨如图形的形状由两分振动的频率比、振幅比、初相位决定。

振幅比相同、初相位不变,但由于频率比不同,图形是不同的;频率比相同、初相位不变,由于振幅比不同图形也不同;频率比相同、振幅比相同,但由于初相位不同,图形也不相同。对于前两种情况比较好理解,但对于后一种情况,说法不一致,在有些旧的教材中,李萨如图形没有标出初相位,只标出初相位差 $\Delta\varphi$,有的实验教材中指出图形的形状取决于初相位差,这些都是不准确的,即使新的教材指出了李萨如图形与初相位 φ_1 、 φ_2 也有关,但几乎没有教材在这一方面做深入研究,为了加深对李萨如图形规律的正确理解,笔者利用计算机模拟绘制了几种频率比相同、振幅比相同,初相位差相同而初相位不同的李萨如图形,从中强调指出当两个分振动的初相位差相同而初相位不同时,李萨如图形并不相同,有的图形即使相同,但起点和绕行方向也有不相同之处。

李萨如图形的演示方法常用的有旋转矢量法作图、振动合成仪作图、示波器观察。用旋转矢量法作图,虽然各种频率比、振幅比、不同初相位的图形都能画出,但是太慢不方便。用振动合成仪作图,可以看到与初相位的关系,但由于仪器结构的限制,只能做出几种频率比、振幅比为 1:1 的图形。用示波器演示李萨如图形,可以看到各种频率比、振幅比的图形,但是不能了解与初相位的关系,因为示波器演示的李萨如图形是动态的,两个信号源的频率和初相位的漂移都会使图形不能稳定,观察不到合成图形的起点和绕行方向。本文介绍一种利用现代化教学



手段即计算机来演示李萨如图形的方法和技巧,以便起到抛砖引玉的作用,使计算机在物理教学中得到更加广泛的应用,从而使物理教学的手段和方法灵活、多样。

利用计算机演示李萨如图形,能方便、快速地做出各种频率比、振幅比、不同初相位的两个相互垂直方向上的简谐振动的合成图形,

并能确定出图形的起点和绕行方向,它能准确、直观、形象地显示李萨如图形。

启动 Excel 应用程序

当进入 Windows 操作系统后,鼠标单击左下角的“开始”按钮,在“开始”菜单中指向“程序”项,在子菜单中寻找“Microsoft Excel”选项后单击,Excel 即开始启动。

输入数据

进入 Excel 窗口后,A、B、C……是列号,1、2、3……是行号,每个行列交叉处即为一单元格,可用相应的列、行号来表示如 A1、B2……,将数据输入到各单元格中。

输入 t 、 x 、 y 值时利用 Excel 的单元格引用和公式复制的“相对引用”的方法方便、快捷。即单击输入 t 的第一个数的单元格(如 B1),显示一个粗边框,在窗口上端“=”号右侧编辑栏上输入数值如“0”,然后单击“√”号或按回车键;单击同行相邻单元格,在编辑栏上单击并输入“=B1+0.5”(“0.5”代表 t 取的数据间隔也可取其他值),单击“√”号,C1 单元格上数据即输入完成;单击 C1 单元格,鼠标指向粗边框右下角,呈现一个黑色“+”号,单击该“+”号横向拖曳于要输入数据的其他单元格,其他单元格数据输入完毕。

输入 x 值时在要输入值的第一个单元格上(如 B2)单击激活,单击编辑栏,输入“=”号及振幅值,之后在常用工具栏上单击“粘贴函数”按钮(鼠标指针指向各按钮一会儿即显示该按钮作用的名称)或在“插入”菜单中选“fx 函数”对话框,在其中的“函数分类”选项上单击“常用函数”,在“函数名”选项上单击“cos”,再单击“确定”,弹出一个折叠对话框,单击

“Number”文本框右带“红

箭头”的折叠对话框按钮则露出工作表，单击 B1 单元格，即选中 t 值（实际是用 B1 代替显示的），注意：不要输入 t 本身的数值，然后再单击折叠对话框按钮，在“Number”文本框中输入余弦函数自变量中的其他项，即完成“ $\omega t + \varphi$ ”的输入，再单击“确定”按钮，则 B2 单元格中存放了 x 的值（编辑栏上显示其公式）。一旦第一个数据输入后，单击该单元格仿照前面介绍的方法，即鼠标指针指向粗边框右下角，单击该“+”号横向拖曳，则 x 中的其他单元格数据输入完成。这种输入数据的方法又叫做公式复制的“相对引用”方法。

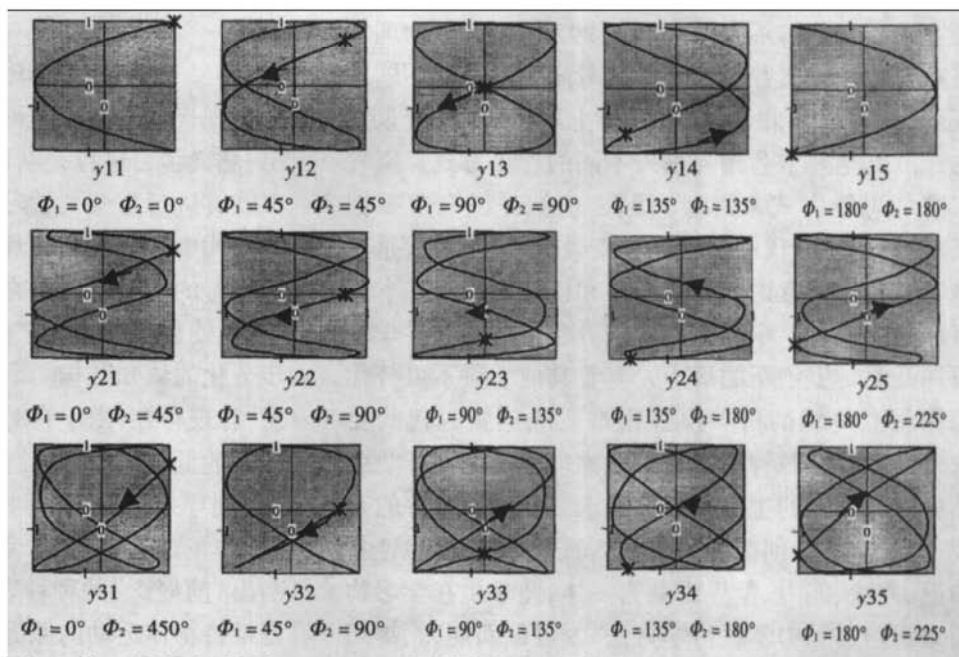
操作中体会到，使用该方法拖动完成多个数据输入特别方便、快速，利用此方法可以从前一个单元格中的数据复制其后任意多个数据，可以随时添加和删除数据。仿照输入 x 值的方法将 y 的数据值填充好。

绘制图形

单击并拖动选中的 x 行左侧的行号到 y 行号，若选中不连续的两行或几行时，可按住“Ctrl”键的同时单击行号，单击“常用”工具栏上的“图标向导”按钮打开一个对话框，在其中的“标准类型”标签中查找“图表类型”，单击“xy 散点图”，在“子图表类型”中选择“无数据点平滑线散点图”，利用“可以按下不放可查看示例”查看图形，确定数据点个数使其构成封闭曲线，然后单击“完成”按钮，图表即可显示在屏幕上。利用此方法可绘制各种情形的李萨如图形。本文给出几种情况下输入的部分数据和李萨如图形以供参考。利用 Excel 的功能还可以对图形进一步编辑、修饰，使其更加形象、美观，也可以在 Power-

部分数据表

$t(s)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5...
x_{11}	1	0.54	-0.42	-0.99	-0.65	0.284	0.96	0.754			
y_{11}	1	0.878	0.54	0.071	-0.42	-0.8	-0.99	-0.94			
x_{12}	0.707	-0.21	-0.94	-0.8	0.073	0.879	0.877	0.069	-0.8	-0.94	-0.21...
y_{12}	0.707	0.282	-0.21	-0.66	-0.94	-0.99	-0.8	-0.41	0.073	0.542	0.879...
x_{13}	1E-06	-0.84	-0.91	-0.14	0.757	0.959	0.279	-0.66	-0.99	-0.41	0.544...
y_{13}	1E-06	-0.48	-0.84	-1	-0.91	-0.6	-0.14	0.351	0.757	0.978	0.959...
x_{14}	-0.71	-0.98	-0.35	0.6	0.997	0.477	-0.48	-1	-0.6	0.353	0.978...
y_{14}	-0.71	-0.96	-0.98	-0.76	-0.35	0.143	0.6	0.91	0.997	0.84	0.477...
x_{15}	-1	-0.54	0.416	0.99	0.654	-0.28	-0.96	-0.75	0.145	0.911	0.839...
y_{15}	-1	-0.88	-0.54	-0.07	0.416	0.801	0.99	0.936	0.654	0.211	-0.28...
$y_{11} \sim y_{15}$	$\omega_1: \omega_2 = 2: 1$ $\varphi_2 - \varphi_1 = 0^\circ$			$y_{21} \sim y_{25}$			$\omega_1: \omega_2 = 3: 1$ $\varphi_2 - \varphi_1 = 45^\circ$		$y_{31} \sim y_{35}$		$\omega_1: \omega_2 = 3: 2$ $\varphi_2 - \varphi_1 = 45^\circ$



point 中制成幻灯片放映。

将鼠标指针指向李萨如图形中曲线并沿着曲线移动既显示各点坐标值，按照各点坐标值输入的顺序就可找出起点和确定绕行方向。单击一次起点位置后再单击一次，然后右键单击起点，在弹出的快捷菜单上单击“数据点格式”，对起点进行标记，用绘图工具添加箭头。

通过上述方法，可以很方便地演示出各种的振幅比、频率比以及不同初相位的李萨如图形，本文主要为了证明李萨如图形与相位的关系，为方便起见，两个分振动的振幅均取相同的值。实验结果表明对李萨如图形形状起决定作用的是分振动的初相位，而不是初相位差，准确地说，在频率和振幅一定的前提下是如此。

(河北华北航天工业学院 065000)