

多功能简谐运动演示仪

徐忠岳 / 浙江省舟山市东海中学

特点

◆ 设计巧妙。本仪器利用激光模组、精细的步进电机调速系统和简便灵敏的联动装置有效地实现了直线运动、摆动和圆周运动之间的同步跟踪和对比，操作简便，效果明显。

◆ 数理结合。它将物理规律与数学知识巧妙地结合起来，在学生已经学过正弦函数曲线和单位圆知识的基础上，通过实验得出弹簧振子和单摆的运动学方程也是正弦函数，这反过来也是对数学知识的巩固和验证。

◆ 传承超越。本仪器在定性分析方面比沙漏、水漏等传统的简谐运动图像演示装置更为简洁，在定量分析方面比基于传感或数码技术的简谐运动规律演示实验更为形象。

◆ 一器多能。本仪器在利用磁迹描绘出振动图像的基础上，利用线状激光跟踪法进一步证明了弹簧振子和单摆的振动图像是正弦曲线。它不仅可以演示水平、倾斜和竖直弹簧振子的运动规律，还可以用来演示单摆的运动规律。

本项目成品见图 1。

制作方法

磁板

在画板边缘粘一个水准泡，把

磁板从磁性书写板中取出并将其粘在画板上。由于隔了一层画板，书写板原配的磁条不能有效地擦除磁迹，可取一颗纽扣大小的钕铁硼磁铁，把它吸附在钢锯条上即可取代原配的磁条。

框架

用高密度板制作一个长宽高分别为 40 cm、30 cm、30 cm 的 L 形框架。在其上安装水准泡、刻度尺和胶头螺丝。制作 4 个高 5 cm 的带槽的木导轨，用来夹紧和移动气垫导轨。在 2 个木导轨旁边固定 2 个长 15 cm 的铝槽，作为移动磁板的轨道。取一根长 120 cm 直径 10 mm 的铁棒，在铁棒的一端制作一段长为 18 mm 的外螺纹；在底座上制作一个 M10 的内螺纹作为安装孔；演示单摆和竖直弹簧振子时，把铁棒用螺帽固定在安装孔上作为支柱。把步进电机安装在离底座 22 cm 高处，在电机轴上用螺帽固定 1 个直径为 6 cm 的有机玻璃圆盘，电动机的轴心代表坐标原点。从汽车反光贴上剪取一个小圆片，把它贴在圆盘边缘作为标记。用反光贴作为本实验的标记物，无论在明亮还是昏暗的教室内，都可以获得良好的视觉效果。

调速系统

本装置调速系统采用步进电机是出于以下 2 个原因。其一，步进电机的转速由电流的频率决定，便于实现速度的定量调节。其二，步进电机能实现瞬间的启动与停止，这是异步电机做不到的。

如图 2 所示，用步进电机调速模块、接线端子、触动开关等制作一个步进电机调速器。调速系统也可以购买成品步进电机控制器和与之匹配的驱动器组装而成。

水平和倾斜弹簧振子

在电池盒的中间打一个直径比激光模组稍小的圆孔，把激光模组放在电池盒的中间插槽上并将其头部塞入圆孔；把激光源安装在弹簧振子的滑块上；调整激光模组，使

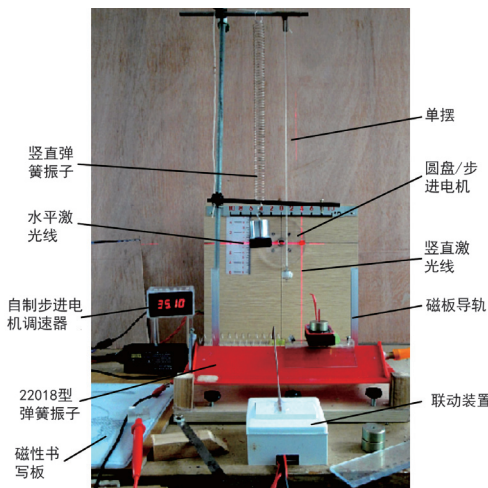


图 1 多功能简谐运动演示仪实物

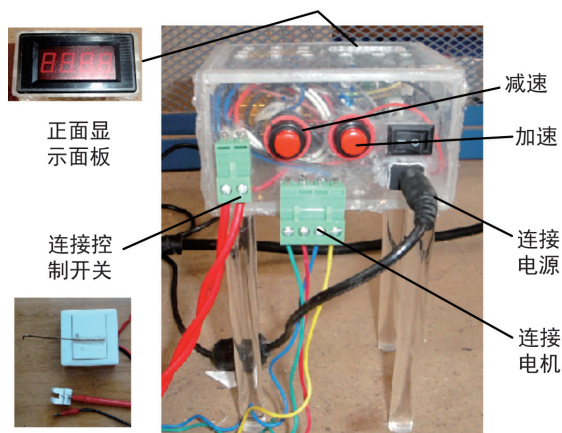


图2 步进电机调速器

光线呈竖直状。将磁性笔头塞进直径为1mm的红色单股铜芯线的绝缘层内，再把铜芯线折成所需的形状后用胶水固定在电池盒的盖板上。制作一个楔形的木块，将它垫在仪器底座的某一侧即可形成一个倾斜的弹簧振子。

② 竖直弹簧振子

用上述方法再做一个激光源，并使激光线呈水平状。把激光源粘在一个质量为200g的钩码下面，把它们悬挂在弹簧下面组成一个振动周期大约为2秒的竖直弹簧振子。

③ 单摆

在摆球上塞入挂钩和磁性笔头。取2根铁棒，焊接成“7”字形的支架，在支架上钻2个相距10cm的小孔用来悬挂摆线，在其中1个小孔中插入1枚铁钉，用来调节摆长并固定摆线。在铁柱上固定1根水平的杆子。调节杆子的高度，使之与框架的顶部齐平。把磁板搁在杆子和框架上，这样当摆球摆动时拖动磁板，磁板上就会显示出摆球的运动轨迹。

◎ 用途与使用方法

◆ 描绘弹簧振子的振动图像。调节调平螺丝，使弹簧振子处于水平状态。把磁板插入竖直导轨中，

接通气垫导轨的气源，待气流稳定后，打开激光源。移动气垫导轨，使激光线指示的平衡位置恰好对准零刻度。向上匀速拉动磁板，磁板上将出现形如正弦曲线的图像。

◆ 探究弹簧振子的运动学方程。调节步进电机转速，使其转动周期与弹簧振子的周期相同。

移去磁板，拨动转盘使红色标记处于最右端。用联动开关的连杆向右



图3 跟踪单摆

推动弹簧振子的滑块，使竖直激光线恰好打中红色标记。按下联动开关，连杆向上翘起并与滑块分离，此时转盘与弹簧振子同时开始运动。

◆ 演示竖直弹簧振子。把竖直弹簧振子挂在支架上，打开激光源开关，调节弹簧振子的悬挂高度使其平衡位置刚好在坐标原点。调节步进电机转速，使其转动周期与弹簧振子的周期相同。拨动转盘使红色标记处于最低点，用铲形表笔

向下压振子，使水平激光线恰好打中标记。迅速向上移开铲形表笔，转盘与弹簧振子同时开始运动。

◆ 描绘单摆的振动图像。调节摆球的高度使磁性笔头与磁板之间的距离在1~2mm之间。摆动单摆，待振幅约为10cm时，匀速拖动磁板，磁板上即能显示出摆球的振动图像。

◆ 探究单摆的运动学方程。调节单摆的摆长，使摆动周期与水平弹簧振子的运动周期相同，且单摆的平衡位置也位于零刻度。如图3所示，取1把长塑料尺，把摆球和滑块一起向右拨开约6cm，并使激光线正好打中摆球。迅速向左撤去尺子，此时摆球和弹簧振子同时开始运动。

该项目获得第28届全国青少年科技创新大赛科技辅导员创新成果科技制作类一等奖。

专家评语

该项目选题新颖，具有实质性创新，对传统方法有突破。项目原理科学，概念清晰，构思巧妙，设计合理，作品教育性强。作品效果显著，制作规范，具有示范推广作用。希望该项目在制作工艺方面作出改进和提升。■