

机械波演示器的对比

罗冬玲 梁志辉 张军朋

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2022-03-03)

摘要:机械波的形成与传播是高中物理必须掌握的一个重点也是难点,教学时演示机械波就显得至关重要了.目前已有的演示机械波的方法有几种,哪种演示效果最佳?哪些是模拟机械波,反映振动和波动的图像,但不能反映机械振动状态通过介质传播而形成机械波这一物理本质?哪些是演示真正的机械波?通过对比几种常见的机械波演示方法,分析各自的优缺点.

关键词:机械波演示 优缺点 对比

1 问题的提出

《普通高中物理课程标准(2017年版)》强调演示实验是师生共同探究物理问题的学习方式,也是体验性较强的学习方式,指出教师应该积极利用各种器材,积极创新实验方式,尽可能多开发可视性强、证据性强、能引起学生浓厚兴趣的演示实验^[1]。“机械波的形成与传播”是选择物理的学生必须掌握的重点知识,同时也是难点知识.课标对这一节的要求是:“学生通过观察,认识波的特征”.

在“机械波的形成与传播”这一节的教学中,不

少教师会利用一段普通绳子(没有弹性)演示绳波,作为新课导入演示实验,如图1所示,并以此作为后续建立绳波模型的情景,如图2所示.图1和图2均来自粤教版高中物理教材(2019版).

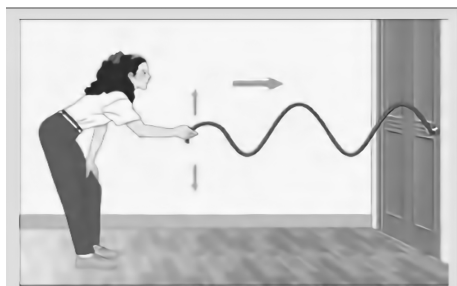


图1 绳波的演示

3 结束语

本装置基于DIS,通过探究强磁铁穿过线圈的感应电流产生情况和阻尼情况,将磁铁在铝管中下落慢的原理展现出来,帮助学生了解磁铁在铝管或铜管中下落变慢的原因.通过探究强磁铁穿过“闭合”与“不闭合”铝片的阻尼情况,帮助学生正确认识到磁铁在铝管中下落慢是因为安培力阻碍作用,在有缝隙铝管中下落变快是因为安培力阻碍变小而不是没有了,有缝隙铝管也产生涡流.装置是多功能的,能完成电磁感应的系列实验,便于教学,节约了实验费用.

参考文献

1 彭前程,黄恕伯.普通高中教科书(物理选择性必修第二册)[M].北京:人民教育出版社,2019.29,37

- 2 贺金元.自制电磁阻尼和电磁驱动演示装置[J].湖南中学物理,2010(2):66
- 3 刘佳乐,王永成.自制电磁阻尼演示仪[J].中学物理,2017,35(19):32
- 4 吴庆华.动手自制教具给课本插图装上活动的翅膀——以“涡流、电磁阻尼和电磁驱动”为例[J].物理教师,2019,40(1):58~59
- 5 徐婷婷.一款涡流电磁阻尼演示仪的自制与创新[J].中学物理,2019,37(21):48~49
- 6 王芳,李奇云,朱皆因,等.玩转自制教具 培养核心素养——以电磁阻尼的片段教学设计为例[J].物理教学探讨,2020,38(2):49~50
- 7 孙涛.基于DIS对“电磁阻尼演示实验”再探究[J].中小学实验与装备,2019,29(5):39~40
- 8 刘璐婷,李丰果.“楞次定律”实验创新与教学设计[J].物理通报,2019(11):80~84

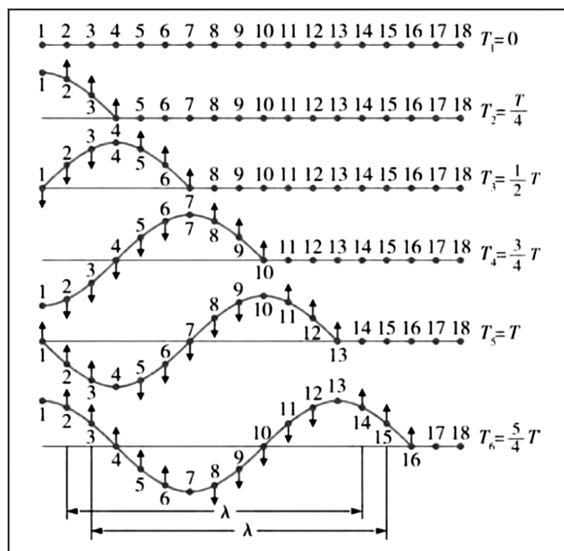


图2 绳波模型

这导致学生很容易产生疑问:绳子在振动过程中,由于形状发生弯曲,沿传播方向的长度就会变短,而教材中给出的绳波模型中,绳子沿传播方向的长度并没有因为绳子形状发生弯曲而变短.这样会导致学生对于“质点只在平衡位置附近振动”没有直观的认知,理解起来比较吃力;此外由于脉冲速度大以及反射波的干扰,用绳子演示横波现象并不明显.

常见的演示机械波的形成与传播的仪器还有实验室的传统手摇横纵波演示器.值得注意的是,这种仪器演示的不是真正的机械波,只能算是模拟机械波,而且存在一个致命的缺点,即停止摇动,波也会立刻停止.这容易导致学生形成“波源停止振动,波也不再传播”的错误概念.

因此,在教学中用一般的绳子和手摇式横纵波演示器来演示机械波经不起论证,不合适.那么,如何才能真正演示机械波的产生和传播特点,下面对现有机械波演示器作一对比.

2 机械波演示器的对比

梳理已有的机械波演示器,大致可以分为以下3类.

2.1 完全模拟横波和纵波的演示器

这类演示器一般是靠机械传动装置(凸轮结构)带动振子运动,产生横波、纵波波形图像.实验室常

见的手摇式横、纵波演示器便属于此类,如图3所示(网络图片).

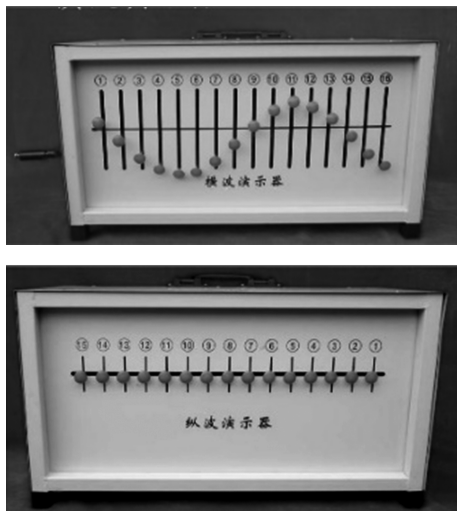


图3 手摇式横波、纵波演示器

手摇式横、纵波演示器虽然广泛存在各中学物理实验室中,但存在严重的不足:

- (1) 传统的手摇式横波、纵波演示器各个质点是独立的,内部结构不可视;
- (2) 不能同时演示模拟横波和纵波的波形图像,即在同一装置中,学生一次只能观察其中一种波形图像;
- (3) 停止摇动,波也会立刻停止,容易导致学生形成错误概念.

在此基础上,实验仪器厂家生产了可以同时观察横波和纵波波形图像的演示器,克服了一些手摇式横纵波演示器的不足,如图4所示(网络图片).



图4 22015 波动演示器

这类横波、纵波演示器操作简单,只需握住手柄,逆时针转动手柄,使所有振子归位,成均匀直线排列,然后顺时针转动手柄,就能同时看到横波和纵波的图像.

有些发表的有关自制横波、纵波演示器的文

章^[2],所谓自制的波动演示器本质上就是这种完全模拟的演示器,这表明有的教师对于机械波形成的本质原因还存在误区,对有些物理概念和物理规律的本质理解不到位。

还有一种利用数字集成电路演示横波、纵波图像的 CMOS 数字集成电路波动演示器,如图 5 所示(网络图片),按动开关,调节好周期,即可演示横波、纵波波形图像。

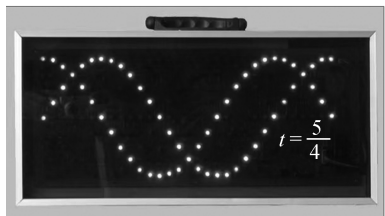


图 5 CMOS 数字集成电路波动演示器

此类机械波演示器,操作简单方便,振子定位准确,图像美观,但不管如何改进都存在致命缺点.靠凸轮结构机械传动带动振子运动或集成电路控制的波动演示器,没有实际的横波和纵波产生,只能反映振动和波动的图像,但并不能反映机械振动状态通过弹性力传播而形成机械波这一物理本质,即演示出来的现象并不是真正的机械波。

这类机械波演示器虽然演示的不是真正的机械波,但却存在于各高校和中学的物理实验室,很大的原因就是演示模拟设备虽然不能演示真实的机械波动现象,但通过向观察者展示设备的实际操作,能让高中生对理解抽象的振动和波动相关现象和知识有很大帮助。

2.2 演示真正机械波的单一演示器

2.2.1 利用弹性体扭曲形变演示横波

利用弹性体扭曲形变可演示真正的横波形成过程,如图 6(网络图片)所示。

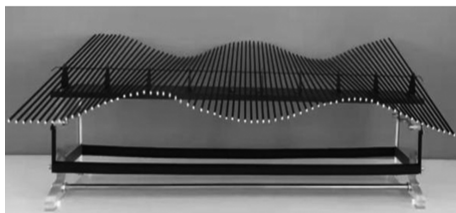


图 6 弹性体扭转形变横波演示器

将一端有小球的支架固定在松紧带上,使用前

先调节支架间的距离,使松紧带的松紧适宜.然后调节小球,使两边的小球都在同一直线上.演示时,拨动一端的小球使其上下振动,当第一个摆球摆动起来后,松紧带便会把驱动力传递到相邻的摆杆上,其余小球依次受到力的作用,顺序振动,形成横波。

弹簧体扭转形变横波演示器演示的是真正横波的形成过程.但此横波演示器不适用于实际授课,该装置与教材中提供的横波模型配合不一致,学生不易理解接受。

2.2.2 共振摆改装成横波演示器

利用弹性绳子带动相邻的弹簧振子依次开始做简谐振动,随着时间推移,在空间上形成横波,如图 7 所示.用弹性绳子把足够多的弹簧振子依次连接起来,使弹簧下端的小球水平排列成一条直线,控制好力度,用手使第一个振子做上下往复运动,第一个小球的振动通过弹性绳传播下去,形成一系列持续传播的横波^[3,4]。

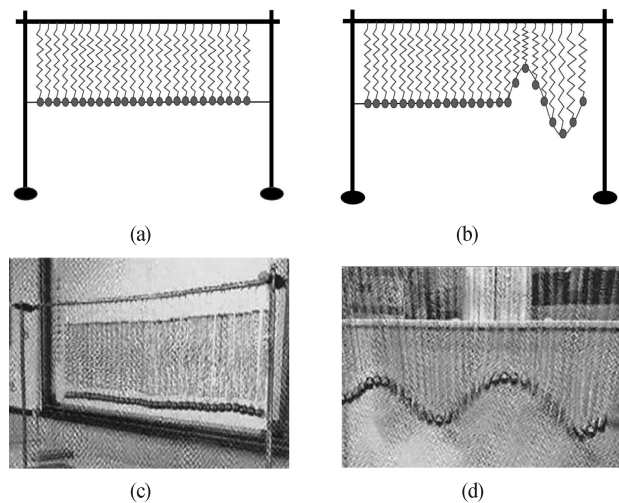


图 7 利用悬挂起来的弹簧演示纵波

这种横波演示器将摆球悬挂起来,避免了重力和摩擦力的影响,第一个做简谐振动的小球的运动状态在弹性绳的作用下,依次传播到相邻的小球,演示的是真正横波形成的过程.但要想现场实验效果明显,可视性强,演示器要制作得庞大,会导致不易携带。

将弹簧用细线悬挂起来,控制弹簧圈的疏密程度,用手轻轻拨动与弹簧一端相连的振子,也可以用直流减速电机带动曲柄连杆结构使振子水平往复振

动,便可以形成一系列纵波^[4],如图8(网络图片)所示。

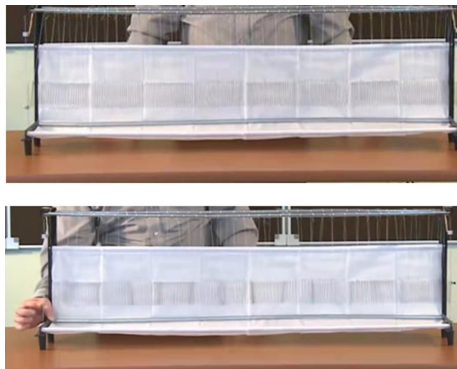


图8 弹簧式纵波演示器

悬挂式弹簧纵波演示器演示的是真正的纵波物理模型,相比教科书中,把弹簧直接放在地面上,把弹簧悬挂起来减小了摩擦力,振幅的衰减没那么厉害,但在实际使用中,由于长弹簧容易损坏,体积小,容易导致演示效果不佳。

2.3 演示真正横波和纵波的演示器

利用功放的振动或电机的带动,可以让与功放相连的绳子在水平方向形成横波,让与另一个功放相连的弹簧在竖直方向形成纵波^[5]。

调节功放的频率和橡皮筋的松紧可以改变横波的波长和振幅.通过调节弹簧的松紧和功放的转速可改变纵波的波长和振幅。



(a)



(b)

图9 利用功放振动的横、纵波演示器

这种机械波演示器存在以下优点:

- (1) 演示的是真正的横波和纵波模型;
- (2) 可同时演示横波与纵波,让学生对波的振动方向与传播方向的关系有直观的视觉对比;
- (3) 横、纵波的波长和振幅是可调节的;
- (4) 调节功放功率,可以观察共振现象。

可观察到稳定的波形,学生可直观观察到波的个数,进而更容易理解波长.当然也存在一定的缺点:

- (1) 需要一定的造价成本,制作复杂。
- (2) 仪器比较小,不利于后面的学生观察。

3 总结

综上所述,对于横波、纵波的演示,传统的手摇式横波、纵波演示器只能模拟机械波,演示的不是真正的机械波,存在致命缺陷.教师在选择演示实验时,应该思考所选择的实验能否反映物理概念和规律的本质,在此基础上考虑实验方案的优化.其余的演示真正机械波的演示器各自有自己的优缺点,教师可以根据需要进行选择和改进,例如利用功放振动的横波、纵波演示器虽然存在装置小,学生不易观察的缺点,但教师可以采取投屏或录像的形式展示在PPT中,这样每个学生都可以看清。

机械振动在弹性媒质中顺次传播形成机械波,新的波动演示器的设计制作应反映这一物理本质,应使学生通过演示实验直观地理解振动与波动的关系。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020
- 2 毛国祥.自制横波与纵波演示仪[J].中学物理教学参考,2003(3):48
- 3 柳冠凡,陈盈盈,上官金丝.自制横波演示器的创新设计与制作[J].物理教学,2016(38):25~27
- 4 代珍兵,潘学军.弹簧纵波演示仪的制作[J].物理教学探讨,2014(32):30~31,35
- 5 杜倩,代伟,蒋金华,等.横波纵波波动演示仪[J].物理实验,2018(38):61~63