

DIS 电磁定位板的研发与实验应用(I)

冯容士 李 鼎 赵 进 (上海市中小学数字化实验系统研发中心 上海 200072)

概 述 DIS 电磁定位板是一种新型的二维运动实验工具。本文追溯其研发过程,对其工作原理及结构作了剖析,并对该定位板支持的不同实验做了较为详细的说明。

关键词 电磁定位板 二维运动实验

文章编号 1002-0748(2017)7-0026

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

在中学物理中有很多实验涉及对二维运动的研究,如平抛运动、运动合成等。研究二维运动,传统上使用频闪摄影和电火花描迹等方法。这些方法的原理相对简单,但对实验设备、操作方法都有一定的要求,使用起来并不方便。近年来,也有人使用数字化方法解决了二维运动研究问题,但大多采用基于影像的数字分析技术。实验中的限定过多,分析结果的呈现也滞后于实验过程。

一、从 DIS 二维运动实验器到 DIS 电磁定位板

上海市中小学数字化实验系统研发中心(以下简称“中心”)在十年前就开始尝试利用传感、测量技术研究二维运动,并取得了一些成果。中心曾在本刊分两期(2012 年 1、2 期)发表了利用超声波和红外线对运动物体进行实时定位的 DIS 二维运动实验器(见图 1)的论文,该实验器于 2009 年荣获全国自制教具评选一等奖。鉴于该成果填补了国内外在使用传感技术进行二维运动实验研究方面的空白,故自问世之后在全国各地的很多大中学校获得了较为广泛的应用。

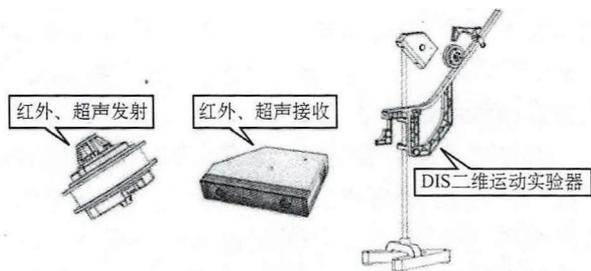


图 1

但随着应用的深入,该版本的二维运动实验器

逐步暴露出来了因结构、器件和材料等方面原因导致的稳定性不好和精度不高等问题,迫使研发中心开始重新寻找更为理想的二维运动实验研究手段。

本着对完美的追求,研发中心在 2013 年之后开始探索研究使用电磁感应来对运动物体进行定位的技术,并在一年之后实现了本文所述的由定位板和信号源组成的“电磁定位板”。该定位板既保留了对二维运动物体的实时定位功能,又在稳定性和精度方面超越了原“二维运动实验系统”,更好地满足了教学要求,并在近期多次国家级教学比赛中证明了自身的价值。

二、DIS 电磁定位板的结构和工作原理

1. DIS 电磁定位板的结构

如图 2 所示,DIS 电磁定位板由定位板和信号源组成。

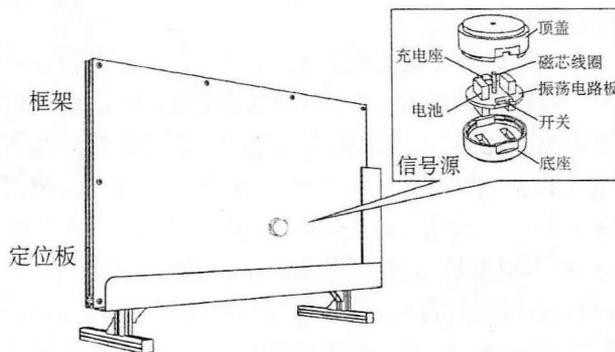


图 2

(1) 定位板

定位板(包含网格状线圈阵列、数据采集器和 USB 接口)由槽型框架支撑。

(2) 信号源

信号源为圆柱体(外径 30 mm,厚 20 mm),由塑料外壳(顶盖+底座)、3.7 V 可充电锂电池、振荡电路、磁芯线圈构成,外壳上设有开关和充电接口。信号源能够通过振荡电路连续发射 200 kHz 的电磁波,可被用作抛体运动及其他二维运动实验的研究对象。

2. DIS 电磁定位板的工作原理

DIS 电磁定位板的工作原理如下。

当信号源靠近定位板运动时,板内的线圈阵列会产生感生电动势。测量电路通过检测感生电动势信号峰值,可建立信号峰值与产生该信号峰值的线圈的对应关系,从而在水平和垂直方向上确定信号源的位置。通过 USB 接口将上述定位结果上传至计算机,即可由计算机上运行的软件实时描绘出信号源的运动轨迹。

具体参数如下:

定位范围: 578 mm×330 mm;采样频率: 最高 200 Hz/s;定位精度: <1 mm。

按照上述工作原理,只要将 DIS 电磁定位板进行垂直或水平定位并连接计算机,打开信号源的电源开关,使其在规定的距离之内靠近电磁定位板运动,即获得信号源与电磁定位板之间的相对位置,并对其运动规律进行研究。

三、DIS 电磁定位板在实验中的应用

注意: 在下述实验实例中,根据实验要求,配置有相应的附件,信号源则根据具体实验要求安置,但其顶盖面必须正对电磁定位板(以下各类实验类同)。

1. 抛体运动

抛体运动——平抛和斜抛运动,可以看作是两个分运动的合运动,一个是水平方向的匀速直线运动,另一个是竖直方向的自由落体运动(或竖直上抛运动),用电磁定位板可以对抛体运动做直观深入的研究。

(1) 平抛运动(见图 3)

把配置的弹射器附件固定在框架左侧的凹槽

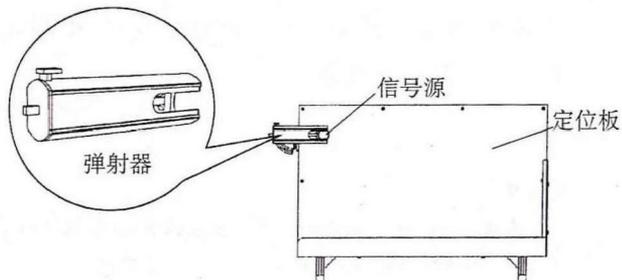


图 3

内,用于弹射信号源,使之做平抛运动。弹射器有三个挡位以对应不同的射程。

① 将定位板与计算机连接,打开专用软件(见图 4),开启信号源的电源开关,调整弹射器为水平状态;

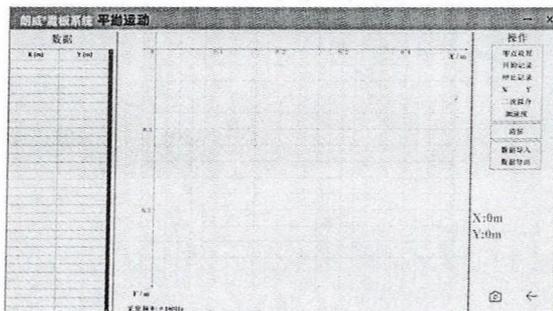


图 4

② 信号源放置在弹射器的前端,点击软件“零点设置”按钮;

③ 选择弹射器的挡位。点击软件“开始记录”。弹出信号源使之做平抛运动,可得到软件采集的数据及轨迹(见图 5);

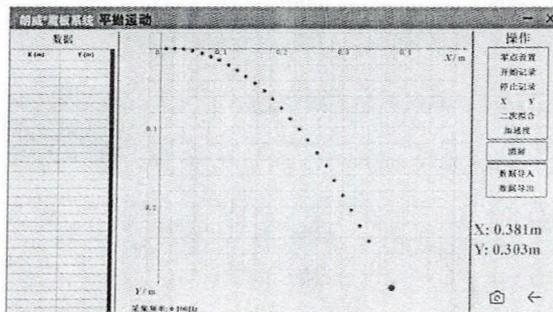


图 5

④ 点击软件“二次拟合”,从拟合图线可见,抛体的运动轨迹符合二次方关系(见图 6);

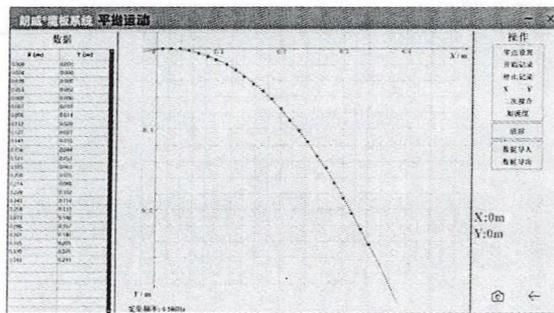


图 6

⑤ 点击软件上的“X”、“Y”按钮,可得到各数据点在 X 轴和 Y 轴上的投影(见图 7)。由 X 轴上各投影点的间距相同,可知水平方向为匀速运动;由 Y

轴上各投影点的间距逐渐增大,可知竖直方向为匀加速运动;而平抛运动就是在水平方向上匀速直线运动与垂直方向上匀加速运动的合成。

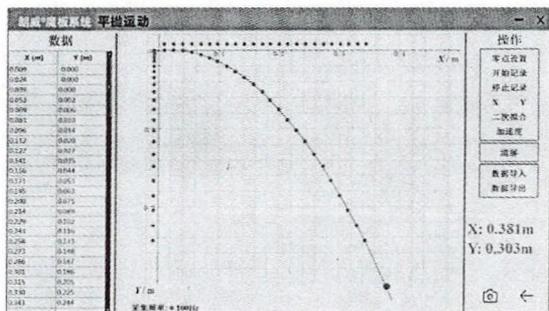


图 7

⑥ 点击软件上的“加速度”按钮,可得出水平和竖直方向上的速度—时间曲线(见图 8)。水平方向上的速度—时间曲线为一条平行于 X 轴的直线,说明在水平方向上是匀速运动,其加速度接近于零;而竖直方向的速度—时间曲线同样为直线,但与 X 轴呈现一个夹角,说明在垂直方向上是加速运动,其加速度即为该直线的斜率;其加速度值接近于当地的重力加速度值。

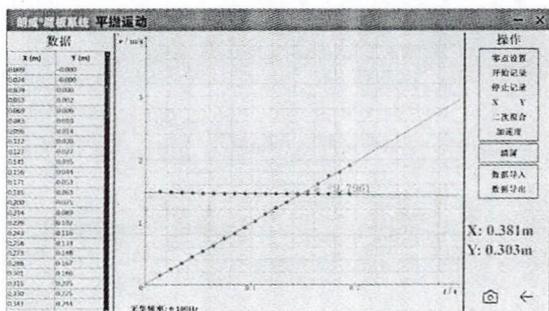


图 8

(2) 斜抛运动(见图 9)

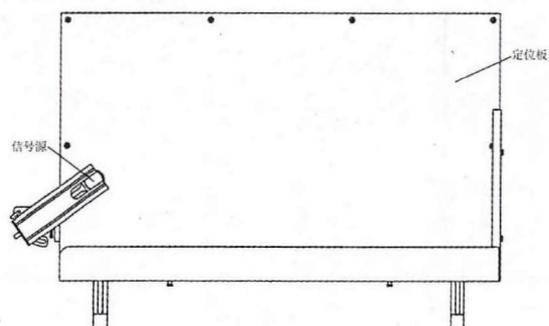


图 9

把弹射器组件固定在框架左侧槽内下端,调整组件位置,使其与定位板水平方向成一定角度。

- ① 将定位板与计算机连接,打开专用软件,开启信号源的电源开关;
- ② 调整弹射装置为设定的斜抛角度;
- ③ 信号源放置在弹射器的前端,点击软件“零点设置”按钮;
- ④ 选择弹射器的挡位。点击软件“开始记录”。弹出信号源使之做斜抛运动,可得到软件采集的数据及轨迹(见图 10);

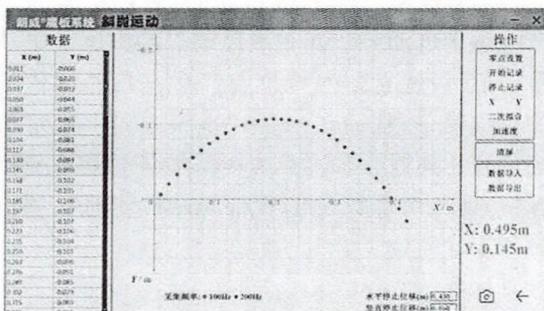


图 10

⑤ 点击软件“二次拟合”,从拟合图线可见,抛体的运动轨迹符合二次方关系;

⑥ 点击软件上的“X”、“Y”按钮,可得到各数据点在 X 轴和 Y 轴上的投影(见图 11)。由 X 轴上各投影点的间距相同,可知水平方向为匀速运动;由 Y 轴上各投影点的间距,可知竖直方向为竖直上抛运动;而斜抛运动就是在水平方向的匀速直线运动与垂直方向的竖直上抛运动的合成。

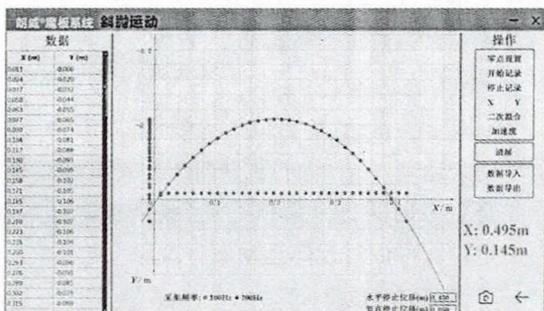


图 11

⑦ 从斜抛运动的轨迹(实验数据)还可得到在斜抛运动中的射高和射程。

(待续)

参考文献

[1] 上海市教育委员会. 上海市中学物理课程标准(试行稿)[M]. 上海: 上海教育出版社, 2004

[2] 张越, 冯容士. 高级中学·中学物理实验手册·高中(试验本)[M]. 上海: 上海教育出版社, 2015