

物理实验



多功能平抛运动演示仪*

彭钟樊 代伟 邹勤 王玉涵 王丹

(西华师范大学物理与空间科学学院 四川南充 637002)

(收稿日期:2018-06-21)

摘要:平抛运动是一种典型的曲线运动,是高中《物理·必修2》重点知识.为了克服已有仪器的不足,自制的平抛运动演示仪能直观显示出做平抛运动物体的实际运动轨迹;并且借助线性激光器和环形磁铁可在刻度板上精确地找到平抛轨迹的坐标点,描出轨迹曲线;通过对图像数据的分析可定量分析得出平抛运动竖直分运动是自由落体运动的运动规律.该仪器还可演示光的全反射,一物多用,值得推广.

关键词:平抛运动 匀速直线运动 自由落体运动 全反射 自制演示仪

1 引言

平抛运动是一种典型的曲线运动,是普通高中《物理·必修2》的重点知识.将物体以一定的初速度沿水平方向抛出,不考虑空气阻力,物体只在重力作用下所做的运动,叫做平抛运动.在中学物理教学过程中,为了能精确描绘出平抛运动的运动轨迹,自制了“平抛运动演示仪”,该仪器打破传统的演示方法,可以直接得到连续的平抛运动轨迹,同时在仪器上可直观地找到轨迹上任意一点的坐标,并且通过对坐标的数据分析可定量验证平抛运动竖直分运动是自由落体运动.仪器演示效果好,操作也方便.

2 原有平抛运动演示实验及不足之处

2.1 原有平抛运动演示实验及不足

在教科版高中《物理·必修2》第一章第3节“对平抛运动的实验探究”中,教材提供的实验演示装置如图1所示,演示时用小锤轻击弹性金属片,A球向水平方向飞出,同时B球被松开.由于A球获得水平初速度且只在重力作用下运动,所以A球做平抛运动,B球只在重力作用下自由落下,所以B球做自

由落体运动.之后观察两球运动路线,比较它们落地时间来判断平抛运动在竖直方向做自由落体运动.

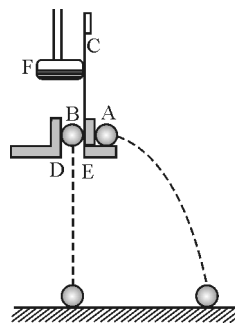


图1 教材提供的演示装置

但此演示实验存在明显的不足:一是由于整个实验演示过程时间很短,学生很难用肉眼观察到小球的运动情况,只能听两小球最后落地的声音来做出判断,但这样精小细微的判断对于中学生来讲比较困难;二是只能通过小球运动情况,定性地说明竖直分运动是自由落体运动,理由不充分;三是无法直接描绘出平抛运动轨迹图.

2.2 已改进的平抛运动演示仪的不足

在文献[1]中作者针对原有平抛运动演示仪的不足进行了改进,如图2所示.

* 四川省研究生教育改革创新项目,编号:川学位[2014]1号.

作者简介:彭钟樊(1995-),女,在读硕士研究生,主要从事学科教育研究.

通讯作者:代伟(1964-),男,主要从事大学物理实验教学与研究.

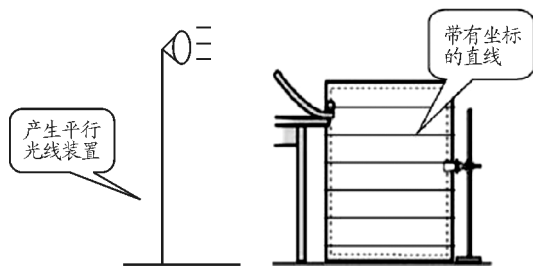


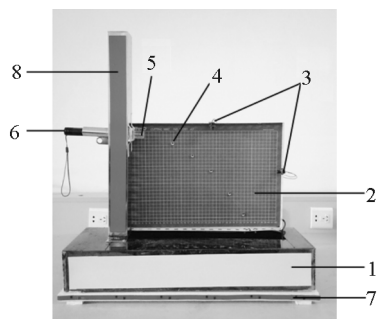
图2 文献[1]中已改进的装置

在竖直板上粘有竖直方向等间距的水平直线坐标,并在竖直板的正前方放有产生平行光线的装置.实验时,做平抛运动的小球在平行光照射下产生的影子经过竖直方向等间距的直线坐标,通过对小球的影子在直线坐标某刻度上的多次确认,最终描绘出小球位置.该演示仪能描绘出小球做平抛运动的轨迹,但不足之处有3点:一是通过小球的投影描绘平抛运动轨迹时无法确定小球的球心,因而得出的轨迹图并不准确;二是小球的运动时间短,要通过多次运动才能描绘轨迹上的一点,费时费力,对于学生而言时间过短,也不能轻易操作;三是无法呈现出持续的实物平抛图像,不便于直接观察.

3 自制平抛运动演示仪

原有一些研究平抛运动实验教具中,都是以刚性小球为实验对象,建立质点模型来研究运动.自制平抛运动演示仪将以持续不断的水流呈现出平抛运动特点,与质点模型有所不同.但在研究过程中,可将连续的水流看成若干部分,每一部分均视为质点,即为若干质点依次连续做平抛运动,最终可呈现出一条实际抛物轨迹.

自制的平抛运动演示仪如图3所示.



1.水槽 2.坐标板 3.线性激光器 4.环形磁铁 5.出水有机玻璃管 6.激光笔 7.底座 8.长方体盛水槽

图3 平抛运动分析演示仪

在仪器的底座上安放有一水槽,水槽里放有一个潜水泵,水泵的型号为HG-380,电压范围在220~240V,频率为50Hz,额定功率为15W,最大抽水高度为1.6m,每小时最大水流量为800L.在水槽上竖直安装着一坐标板,规格为27cm×42cm,坐标板相邻两边上各安装有一个可自由滑动的红色线性激光器进行轨迹描点.为了将线性激光器描出的轨迹点保留下来,在仪器坐标板上放有环形磁铁,环形磁铁是一前一后安在坐标板上,这样就可使磁铁在坐标板上自由移动了,多放几组,演示时将环形磁铁的中心对准轨迹点就可把水平抛物的轨迹点保留下来,描绘出平抛运动轨迹.在水槽左上方还竖直安装着一长方体盛水槽,其内部结构如图4所示,进出水管都用乳胶管,在溢水乳胶管的上部套一段塑料管,通过上下推拉溢水乳胶管就可以改变塑料管的高度进而调节水流抛出的初速度.长方体盛水槽上部的右边安放有一钻孔有机玻璃出水管,左边安放激光笔,把盛水槽钻孔,让激光笔光束能穿过长方体盛水槽后从出水有机玻璃管中心通过就可演示光的全反射.

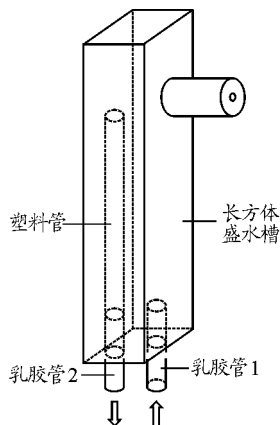


图4 盛水槽内部结构图

4 用自制平抛运动演示仪演示平抛运动

4.1 自制平抛运动演示仪的使用

把潜水泵与进水乳胶管1接上,接通电源,水通过进水乳胶管1被抽到长方体盛水槽内,调节溢水塑料管的高度,当水流从出水乳胶管2溢出时,水就从出水有机玻璃管以一恒定初速度水平射出,该水流除了受到重力以外不受其他力,因此水流做平抛运动.只要水泵一直抽水就有水流持续不断地射出,

这时便可以直观地看到平抛运动的轨迹,如图5所示.若要改变做平抛水流的初速度,可以通过上下推拉出水乳胶管2实现,向上推则平抛水流的初速度增大、射程增大,向下拉则平抛水流的初速度减小、射程减小.溢水高度调节方便.

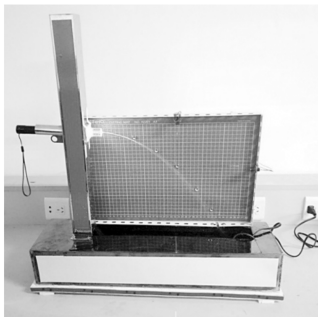


图5 水流轨迹实物图

4.2 平抛运动轨迹描绘

为了描绘出水流的平抛运动轨迹,仪器先通过两个红色线性激光器找到水流平抛运动轨迹上的某一点,然后将可自由移动的环形磁铁移到该处,在圆环中心描点就可精确地找到该点的坐标.也可在坐标板的背面放一坐标纸,在坐标纸上把该点描出,因为环形磁铁是在坐标板上前后两颗成对安放.重复上述步骤,轨迹上任一点的坐标都可读出,如图6所示.

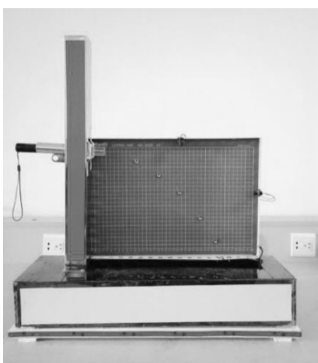


图6 水流轨迹描绘图

4.3 定量分析平抛运动竖直分运动是自由落体运动

将水流的轨迹从射出点起描绘在坐标板上,以轨迹起点为原点建立直角坐标系,此时可以读出轨迹上任一点的坐标.从轨迹起点依次取出水平间隔相等的多个点,并依次读出这些点到 x 轴的距离 s_1, s_2, s_3, \dots ,若在误差范围内满足 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1^2 : 2^2 :$

$3^2 : \dots$ 这一关系,说明水流在竖直方向上做自由落体运动.此结论由初速度为零的匀加速直线运动在前 $1T$ 内、前 $2T$ 内、前 $3T$ 内 \dots 的位移之比为 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$ 演变而来.

5 自制平抛运动演示仪的优点

(1) 以往的平抛运动演示仪多采用小球作为平抛物,此时平抛运动轨迹应是小球质心运动轨迹,但小球有大小、体积,其质心并不好描绘.比如让小球做平抛运动,使用放有复写纸且可上下活动的托板来确定质心位置或通过先盯住一点的横坐标或纵坐标,再读出另一个坐标来确定质心位置.这两种方式过程不但繁琐,浪费时间与精力,而且平抛运动时间很短,并不容易确定点的坐标,所以确定的质心位置误差极大.而本文自制的平抛运动演示仪是以水流作为平抛物,并且水流很细小,通过两个红色线性激光器的相交光线去找水流上的某一点很好定位,再通过移动环形磁铁就可以极其精确地找到点的位置,方便快捷.

(2) 以往平抛运动演示仪部件较多且繁琐,若要得到平抛运动轨迹图,一般先确定几个点的位置,然后用平滑曲线连接得到轨迹图,这会使学生产生疑惑:为什么使用平滑曲线连接后就会是轨迹图?而本文自制的演示仪会有持续不断的水流做平抛运动,所以平抛运动的轨迹就以水流的流动轨迹显现给学生,避免了因时间短不好观察等缺点,这样使得最终描绘的轨迹有理有据、清晰明了.

(3) 仪器结构紧凑,材料简单易得,易被学生掌握.仪器既可演示、分析平抛运动,便于理论推导得出平抛运动的运动规律,又可演示光的全反射,如图6,打开激光笔后沿水流轨迹方向能看到光路弯曲现象.一物多用,值得推广.

参考文献

- 1 袁铃.简易平抛运动实验的改进.科教文汇(下旬刊),2012(11):126~127
- 2 段晨靓,代伟,李青,等.自制“多功能持续性平抛运动演示仪”.实验教学与仪器,2016(4)
- 3 乔密海.平抛运动实验的改进.物理实验,2008(4)
- 4 顾家桐,桑芝芳.平抛运动演示装置的自制与创新.中学物理,2016