

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2015.06.004

Mathematica 在“平抛运动”教学中的应用

寻银锭, 詹杰

(湖南科技大学 物理与电子科学学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要: Mathematica 能对物理问题建立数学模型, 精确、动态地仿真模拟实验。应用 Mathematica 软件制作平抛运动虚拟实验, 在课堂上仿真平抛运动过程, 通过调节参数, 实时动态地模拟平抛运动的运动情况, 可根据学生的实际情况增删内容, 将抽象的物理过程和物理知识生动地展示出来, 有助于学生加深对物理知识的理解, 更好地调动学生学习的积极性和主动性。

关键词: 平抛运动; 仿真教学; Mathematica; 虚拟实验

中图分类号: G632.41

文献标志码: A

文章编号: 1674-5884(2015)06-0013-04

Mathematica 是一款集数值计算、符号计算、仿真模拟、图形处理等多种功能于一身的应用软件, 能够完成繁杂的符号运算、高精度的数值计算及数学图形的绘制甚至动画制作等多种操作, 是利用现代信息技术进行物理教学的有力工具^[1]。Mathematica 能对物理问题建立数学模型, 能精确、动态地仿真模拟实验。在物理课堂教学中, 可以借助 Mathematica 软件的仿真模拟功能, 将一些抽象的物理过程和物理知识生动地展示出来, 从而有助于学生对物理知识的理解, 提高物理课堂教学的效率。

1 平抛运动实验教学现状

平抛物体的运动是高中物理中的一个重点教学内容。作为学生接触的第一种曲线运动, 平抛运动过程中物体的受力分析、运动方向的变化以及运动轨迹都极易使学生产生困惑。虽然教师讲解时可以辅以演示实验帮助说明平抛物体运动的特点和原理, 但是演示实验的瞬时性和不可再现性, 往往不利于演示目标的实现。因而, 平抛运动成为高中物理教学中的一个难点^[2]。人教版《物理·必修2》教材中提供了多种实验方案^[3]。在实际教学过程中, 按教材介绍的实验方法进行操作时, 存在以下不足之处。

方案一: 利用实验室的斜面小槽等器材装配如图1所示的装置。钢球从斜槽上滚下, 冲过水平槽飞出后做平抛运动。每次都使沾墨的钢球在斜槽上同一位置滚下, 描出小球经过的位置。通过多次实验, 在竖直白纸上记录钢球所经过的多个位置, 以得到钢球做平抛运动的轨迹^[4]。但方案一实验器材的组装和调试既费时又费力, 轨迹点的定位操作难度大, 准确率且效果不理想^[3]。

方案二: 如图2所示, 倒置的饮料瓶内装着水(实验时水不能低于A细管), 瓶塞内插着两根两端开口的细管, 其中一根弯成水平, 且水平端加接一段更细的硬细管作为喷嘴。水从喷嘴中射出, 在空中形成弯曲的细水柱, 它显示了平抛运动的轨迹, 将它描在背后的纸上就能进行相应的分析处理^[4]。方案二是一个器材易得、便于操作、可行性较高的实验方案。但操作的时候常担心随着水位下降, 水流速度降低, 影响实验所得轨迹的准确性和稳定性, 不利于得到平抛运动轨迹^[5]。

方案三: 用数码照相机或数码摄影机记录平抛运动的轨迹。方案三虽然具有科学准确的特点, 但不少学校因条件有限, 仅有一两套数字化实验器材, 不能满足学生分组实验的要求。同时, 学生对于实验原理也不易理解^[3]。

目前, 采用计算机辅助物理教学的方式有多种, 购买商品化的 PPT, 采用 Authorware、Flash 等软件自

收稿日期: 20150312

基金项目: 湖南教育厅科研项目(14C0442)

作者简介: 寻银锭(1988-), 女, 湖南浏阳人, 硕士生, 主要从事物理学科教学。

已制作等,这些方式各有特点,但也存在一些问题,购买商品化的软件不一定符合教学班的实际情况,有些界面做得很炫,吸引了学生的注意力,削弱了教学效果,也无法根据教师的想法变化。针对以上情况,我们提出应用 Mathematica 制作带强交互性的平抛运动虚拟实验以方便该课程教学。

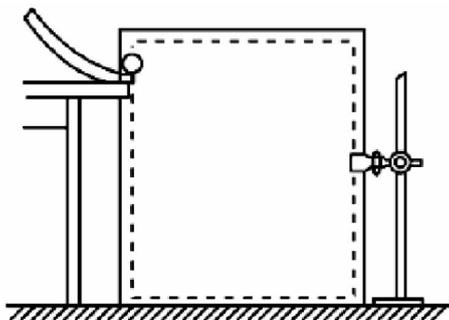


图1 平抛运动实验方案一装置

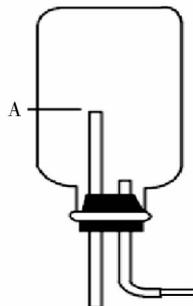


图2 平抛运动实验方案二装置

2 平抛运动模型的制作

2.1 平抛运动知识点的分解

平抛运动,是指物体以一定的初速度水平方向抛出,如果物体仅受重力作用时所做的运动,可分解为水平方向的匀速直线运动以及竖直方向的自由落体运动的合运动。

2.2 模型设计

为了学生更好地理解平抛运动,这个物理模型里同时模拟了自由落体运动和平抛运动。红色的小球做自由落体运动,绿色的小球做平抛运动。红色的小球初速度为零,只受重力作用,竖直加速度为 g 。绿色的小球有水平初速度 V_0 ,只受重力作用,因此竖直加速度也为 g 。

在平抛运动中两个控制变量,初速度 $V_0: \{V_0, 1, V_0max\}$,运动时间 $tmax: \{tmax, 0, tfinal\}$,另外为更好地展示运动情况也可以把时间间隔 $dt: \{dt, 0.1, 1\}$ 设置为控制变量。在应用 Mathematica 的模型制作中,我们应用了一个简单的命令 `Manipulate[expr, {u, umin, umax}]`,创造出丰富的交互应用,其中 `expr` 为任图形的表达式, `{u, umin, umax}` 用于生成一个操作尺(滑尺),控制变量 u 从 $umin$ 到 $umax$ 变化。

`Disk[{x, y}, r]` 是 Mathematica 中的一个二维图形命令,用来表示以点为 x, y 中心, r 为半径的圆,我们采用这个命令来表示运动的小球。半径 r 设置为 1.5 , x, y 分别为含有 t 的表达式或者含有 t 的自定义函数。自由落体运动的红色小球和平抛运动的绿色小球在竖直方向的运动方程都是 $h = gt^2/2$,自定义函数为 `y[t_] := -4.9 * t^2` (注: g 取 9.8 m/s^2)。在水平方向,自由落体运动 $x = 0$,平抛运动 $x = V_0 * t$ 。所以自由落体运动的小球: `Disk[{0, y[t]}, 1.5]`,平抛运动的小球: `Disk[{V_0 * t, y[t]}, 1.5]`。

程序如下:

```
y[t_] := -4.9 * t^2; v0max = 30; tfinal = 6; dt = 0.1;
```

```
Manipulate[Show@Table[Graphics[{Red, Disk[{0, y[t]}, 1.5], Green, Disk[{v0 * t, y[t]}, 1.5]}],
Frame -> True, GridLines -> Automatic, GridLinesStyle -> Directive[Orange, Dashed], PlotRange ->
{{-1, v0max * tfinal + 5}, {-4.9 * tfinal^2 + 5, 2}}, {t, 0, tmax, dt}], {v0, 1, v0max}, {dt, 0.1, 1},
{tmax, 0, tfinal}]
```

其中, `Graphics` 是二维图形命令,用于绘制两个不同颜色的小球,一个红色,一个绿色。 `Show@Table` 是复合函数,用来同时展示每一次时间间隔后的两个不同小球的位置。

2.3 模型在教学中的应用

该程序同时按下 `Shift` 和 `Enter` 键即可运行,如图3所示,点开 $V_0, dt, tmax$ 右边的加号(图3中椭圆圈处),就会出现图4所示界面,可在 V_0 和 dt 下方的文本框中分别设置初速度和小球显示的时间间隔,也可采用滑块(图4中小红矩形框选处)设置初速度和时间间隔。按下播放键(图4中小矩形框处),就可以看到自由落体和平抛运动的运动过程。学生很容易就能发现在模拟实验过程中,平抛运动小球和自由落体运动的小球总是同时到达同一个高度,可据此推断平抛运动在竖直方向的运动是自由落体运动。

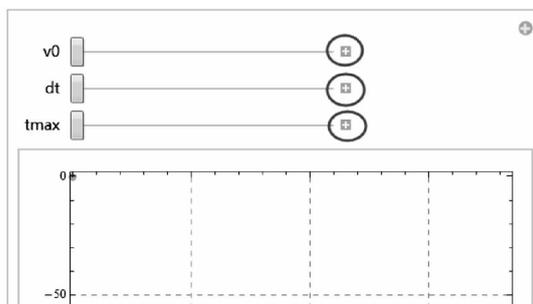


图 3 平抛运动仿真程序界面

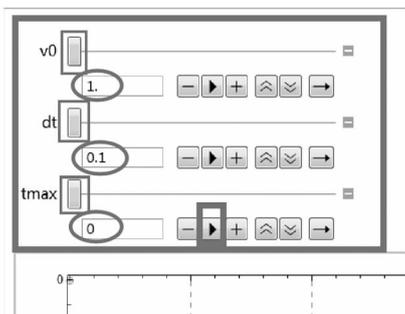


图 4 仿真界面初始值设置

在坐标系中将鼠标移到小球的轨迹上点击右键,则可获取该时刻对应的横坐标和纵坐标。图 5 是 $V_0 = 16 \text{ m/s}, t = 4 \text{ s}$ 时绿色小球的坐标。通过时间间隔 dt 的设置可以更清楚地了解不同时间间隔小球的运动情况,可以更好地帮助学生理解自由落体运动和平抛运动。图 6 是 $V_0 = 16 \text{ m/s}, t = 5.6 \text{ s}$, 时间间隔 $dt = 0.7 \text{ s}$ 的图像,平抛物体的运动轨迹为一抛物线。在相同时间间隔,越往下小球相隔的竖直距离越大。为演示效果,将 dt 设置为 1 s 或者 0.5 s ,再次重复实验,学生可通过获取平抛运动小球的各个纵坐标,探究平抛运动小球竖直位移和时间的关系。学生亦可通过获取平抛运动小球多个横坐标,计算出相同时间间隔的水平位移相等,推断出平抛运动在水平方向的运动是匀速直线运动。

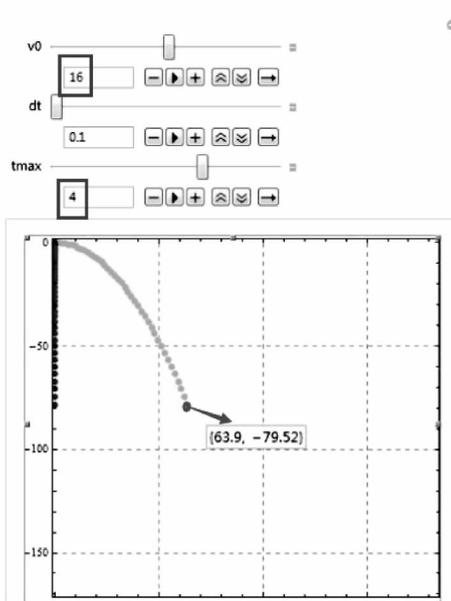


图 5 dt 为 0.1 s 时的仿真结果

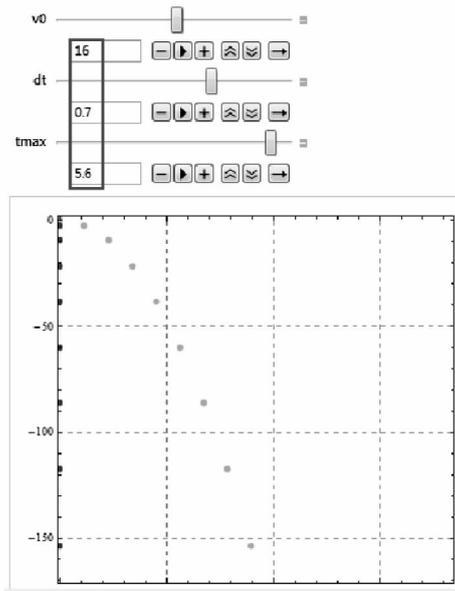


图 6 dt 为 0.7 s 时的仿真结果

改变初速度 $V_0 = 16 \text{ m/s}$, 时间间隔 $dt = 0.1 \text{ s}$, 单击 t_{max} 后面的播放键,能清楚地看到两个小球运动的整个过程。图 7 是初速度 $V_0 = 16 \text{ m/s}$, 时间间隔 $dt = 0.1 \text{ s}$ 的两个不同时刻的截图,其中 a 是 $t = 4.08 \text{ s}$ 时的截图,b 是 $t = 5.8 \text{ s}$ 时的截图。改变小绿球的水平初速度 $V_0 = 26 \text{ m/s}$, 重复模拟实验。图 8、图 9 是初速度 $V_0 = 26 \text{ m/s}$, 时间间隔 $dt = 0.1 \text{ s}$ 的两个不同时刻的截图。从 4 个截图可以看到自由落体的小红球和平抛运动的小绿球总是同时到达同一高度,这说明平抛运动在竖直方向的分运动确是自由落体运动,运动时间只与竖直高度有关。学生不难从 4 个截图中得出结论,在同一时刻水平初速度大者水平位移大,小球水平位移与时间及水平初速度有关。

使用 Mathematica 制作的平抛运动的仿真实验,学生可以任意设置初速度、时间间隔等参数,可以随时暂停平抛运动,也可以获取任何需要的坐标,可通过对平抛运动仿真实验的观察,总结平抛运动规律。通过这种方式的学习,学生对平抛运动不仅有感性的认识亦有理性的理解。

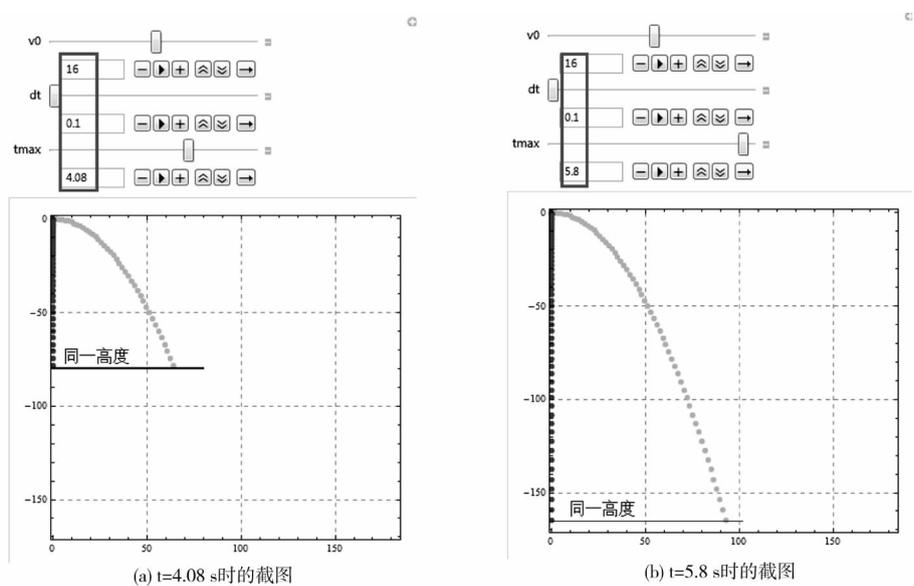


图7 不同时刻的截图

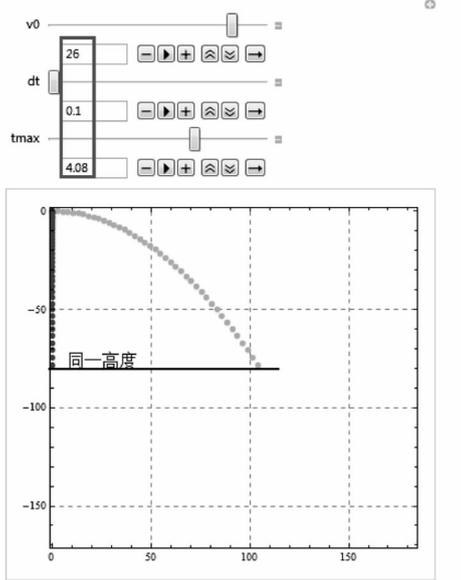


图8 初速度改变后截图对比

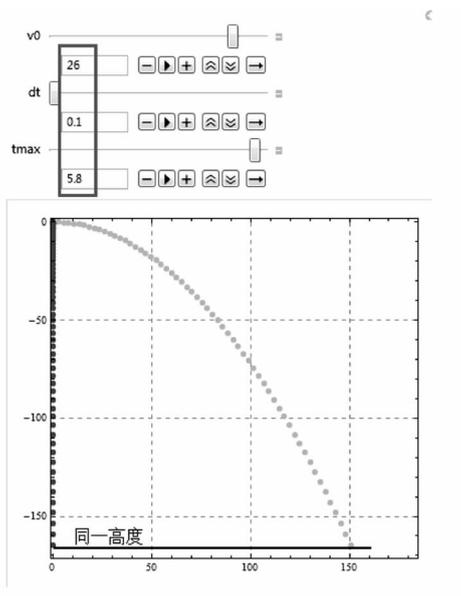


图9 初速度改变后截图对比

3 结语

应用 Mathematica 软件制作了中学物理的一个重要教学内容——平抛运动,其设计过程简单,容易学习,可以生动形象地在课堂上仿真平抛运动过程,还可以通过调节参数,实时动态地模拟平抛运动的运动情况,增强教学的生动性,形象性和互动性;另外教师也能根据学生的实际情况随意增删内容,加深学生的感性认识,使学生更深刻地理解其中的物理规律。

参考文献:

- [1] 荆丽梅. Mathematica 软件在物理教学中的应用[J]. 湖南中学物理, 2012(5): 75-76.
- [2] 马秀峰. 多媒体 CAI 课件“平抛运动”的开发与应用[J]. 现代计算机, 2002(137): 59-61.
- [3] 刘悦. 研究平抛运动实验方案的改进[J]. 物理通报, 2013(8): 75.
- [4] 物理课程教材研究开发中心. 物理必修2[M]. 人民教育出版社, 2004.
- [5] 李家明. “研究平抛运动”实验的改进[J]. 中小学实验与装备, 2012, 22(1): 33.

(责任校对 龙四清)