

教育技术应用

GeoGebra 软件在高中物理教学中的应用

——以“蜡块的运动”演示实验为例

魏代文

(沂水县第三中学 山东 临沂 276400)

郑萌萌

(曲阜师范大学物理工程学院 山东 济宁 273165)

(收稿日期:2023-04-11)

摘要:利用 GeoGebra 软件的动态演示功能,对人教版教材“蜡块的运动”演示实验进行动态模拟,既保证了蜡块的整个运动严格为理想的匀速直线运动状态,又可以将蜡块实际运动轨迹连续描绘出来,同时还拓展探究了互成角度的两直线运动的合运动性质与轨迹,更利于学生理解和掌握运动的合成与分解理论知识,从而突破教学的难点。

关键词:蜡块的运动;GeoGebra 软件;运动的合成与分解

“蜡块的运动”是新人教版教材“运动的合成与分解”一节中的演示实验.合运动与分运动两个概念的建立、合运动与分运动关系的学习、互成角度两个直线运动的合运动的性质与轨迹的探究都基于本实验.该实验对学生学习与构建运动合成与分解知识,体会与培养等效思想和化繁为简思想有着重要作用.同时还为后续复杂曲线运动的处理做了方法上的铺垫.

GeoGebra 是一款动态数学软件,具有极佳的动态性,非常适合用来演示数学、物理、工程上面的很多现象和知识^[1].因此,本文详细介绍了运用 GeoGebra 软件制作“蜡块的运动”动态演示图的过程,以期能让学生更加直观、深入地了解和学习运动的合成与分解,也期望能为一线教师同仁提供教学参考.

1 蜡块的运动实验和原理

1.1 蜡块的运动实验简介

如图 1 所示,在注满清水的玻璃管内,放有一红蜡块 A,将玻璃管的开口端用橡胶塞塞紧[图 1(a)].把玻璃管倒置[图 1(b)],蜡块 A 会沿玻璃管上升,大致做匀速直线运动.在蜡块匀速上升的同时,将玻璃管沿水平方向向右匀速移动[图 1(c)]^[2].

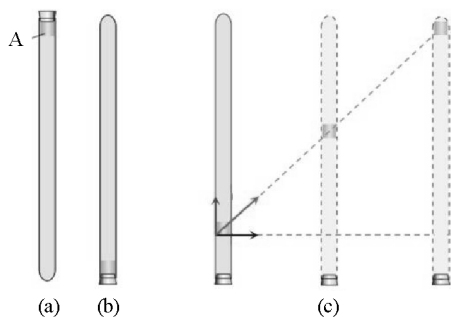


图 1 蜡块的运动实验示意图

1.2 蜡块的运动实验原理

在图 1(c)中,蜡块的实际运动为相对于纸面向右上方的运动,即合运动;在蜡块的实际运动中既参与了玻璃管水平向右平移的运动,又参与了沿玻璃管上升的运动,即水平向右的分运动和沿管向上的分运动.

由合运动与分运动的关系可知,分运动之间相互独立互不影响.以蜡块初始位置(蜡块的左下角)为坐标原点 O 建立直角坐标系,若蜡块在水平方向上有初速度 v_{x0} ,也有加速度 a_x ,则蜡块在水平方向的分速度

$$v_x = v_{x0} + a_x t$$

在水平方向上的分位移

$$x = v_{x0} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

同理若蜡块在沿管方向上有初速度 v_{y0} , 也有加速度 a_y , 则蜡块在沿管方向的分速度

$$v_y = v_{y0} + a_y t$$

在沿管方向上的分位移

$$y = v_{y0} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

又因为运动的合成与分解实质为位移、速度、加速度的合成与分解, 且合运动与分运动之间满足矢量运算的平行四边形定则, 设合速度为 v , 合位移为 s , 则分运动与合运动关系满足图 2 所示的平行四边形定则。

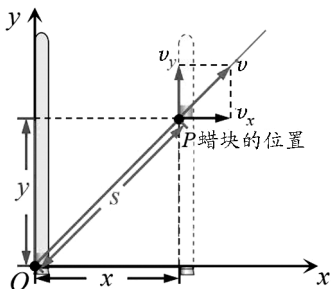


图 2 蜡块运动的速度和位移

2 蜡块的运动动态模拟课件的开发

2.1 相关参数及控制按钮的创建

选择滑动条工具, 创建蜡块运动的 5 个参数: 运动时间 t 、蜡块水平初速度 v_{x0} 、蜡块水平加速度 a_x 、蜡块沿管初速度 v_{y0} 、蜡块沿管加速度 a_y 。选择输入框工具, 建立 5 个输入框并分别关联到滑动条 t 、 v_{x0} 、 a_x 、 v_{y0} 、 a_y 。分别默认 $v_{x0} = 1.5$ 、 $a_x = 0$ 、 $v_{y0} = 2$ 、 $a_y = 0$ (各物理量单位默认为国际单位)。

代数区输入 $a = \text{true}$ 。选择按钮工具, 建立按钮 button1、button2。设置 button1 脚本代码为: 启动动画(t, a); 设置标题(button1, 如果(a , " 暂停", " 开始")); 赋值($a, \neg a$)。button2 脚本代码为: 设置标题(button2, " 复位"); 赋值($t, 0$); 放大(1)。两个按钮将用来控制运动的开始和暂停、复位。效果如图 3 所示。

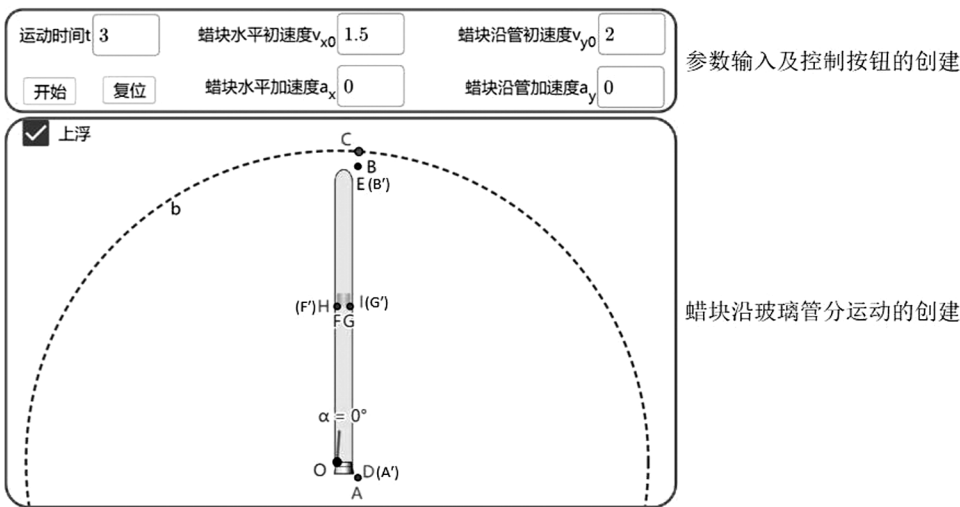


图 3 相关参数、控制按钮及蜡块沿玻璃管分运动的创建

2.2 蜡块沿玻璃管分运动的创建

代数区输入“ $A = (x(O) + 0.8, y(O) - 0.6)$ 、 $B = (x(A), y(A) + 12)$ ”。选择圆(圆心与半径)工具, 以坐标原点 O 为圆心, 12 为半径做圆 b 。选择对象上的点工具, 在圆 b 上任选一点 C 。选择角度工具, 依次点击 B 、 O 、 C 得到角 α 。如图 3 所示, C 点将用来控制调整玻璃管和蜡块的倾斜角度。

选择旋转工具, 将点 A 和点 B 绕点 O 逆时针旋转 α 角度, 得到点 A' 和点 B' 。插入玻璃管图片 pic1,

将控制玻璃管大小的两点 D 、 E 分别与 A' 、 B' 关联。代数区输入“ $F = (x(O), y(O) + v_{y0} t + 1/2 a_y t^2)$ ”“ $G = (x(F) + 0.5, y(F))$ ”。选择旋转工具, 将点 F 和点 G 绕点 O 逆时针旋转 α 角度, 得到点 F' 和 G' 。插入蜡块图片 pic2, 将控制蜡块大小的两点 H 、 I 分别与 F' 、 G' 关联。

选择复选框工具, 将标题设为“上浮”, 选择的对象为点 F' 、图片 pic1、图片 pic2, 此时自动生成布尔值 c 。该复选框将用来显示或隐藏蜡块沿玻璃管分

运动的动画.效果如图3所示.

2.3 蜡块水平分运动与合运动的创建

插入玻璃管图片 pic3,将控制玻璃管大小的两点 J 、 K 分别与 A' 、 B' 关联.代数区输入“ $L=(0,0)$ 、 $M=(x(L)+0.5,y(L))$.”选择旋转工具,将点 L 和点 M 绕点 O 逆时针旋转 α 角度,得到 L' 和 M' .插入蜡块图片 pic4,将控制蜡块大小的两点 N 、 P 分别与 L' 、 M' 关联.插入玻璃管图片 pic5,将控制玻璃管大小的两点 Q 、 R 分别重新定义,输入“ $Q=(x(A') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(A'))$ 、 $R=(x(B') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(B'))$ ”.代数区输入“ $S = \text{如果}(\neg c, (x(L') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(L')), (x(F') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(F')))$ ”.代数区输入“ $T = \text{如果}(\neg c, (x(M') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(M')), (x(G') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(G')))$ ”;插入蜡块图片 pic6,将控制玻璃管大小的两点 U 、 V 分别与 S 、 T 关联.输入“ $W=(x(L') + v_{x0}t + 1/2a_x t^2, y(L'))$ ”.此时蜡块水平分运动与合运动创建完毕.

选择复选框工具,将标题设为平移,选择的对象为点 L' 、点 S 、点 W 、图片 pic3、图片 pic4、图片 pic5、图片 pic6,此时自动生成布尔值 d .该复选框将用来显示或隐藏蜡块水平分运动与合运动的动画.当布尔值 c 为假(即不选中上浮标签时,选中平移标签时),课件只显示蜡块水平分运动,效果如图4(a)所示;当布尔值 c 为真, d 为真(即选中上浮标签和平移标签时),课件显示蜡块合运动,效果如图4(b)所示.

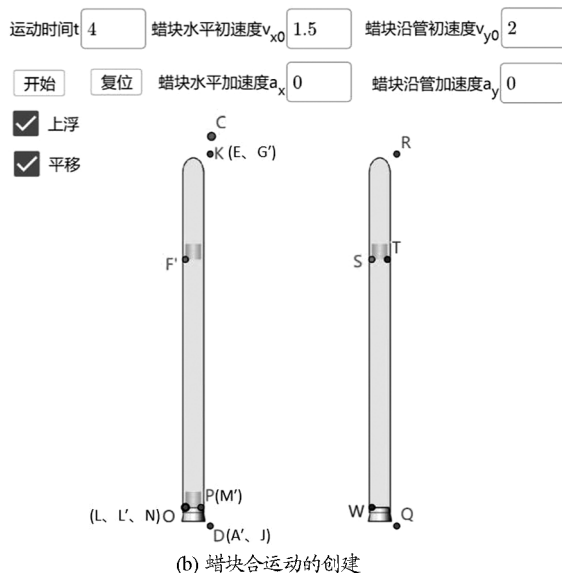
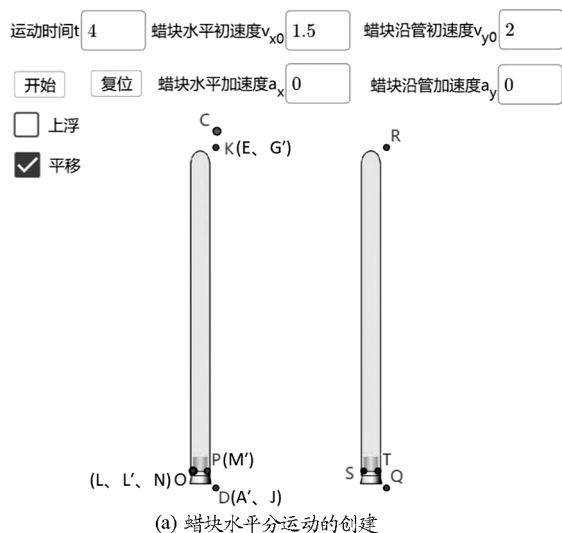


图4 蜡块水平分运动与合运动的创建

2.4 相应运动参量的展示创建

选择线段工具,作线段 $L'F'$ 、 $L'W$ 、 $L'S$ 、 $F'S$ 、 WS ,改变线段 $F'S$ 、 WS 样式为虚线.并将线段 $L'F'$ 、 $L'W$ 、 $L'S$ 标题分别设为“ y ”“ x ”“ s ”.选择复选框工具,设置标题为“ x ”,选定对象为 $L'W$,用以显示和隐藏表示蜡块沿水平运动的位移线段.同理作出表示蜡块沿管运动的位移线段“ y ”、蜡块实际运动的位移线段“ s ”以及位移合成的平行四边形的“边”.

代数区输入“ $X=(x(S) + v_{x0} + a_x t, y(S))$ 、 $Y=(x(S), y(S) + v_{y0} + a_y t)$ ”.选择旋转工具,将 Y 点绕点 S 旋转 α 角度得到点 Y' .选择向量工具,点击点 S 和点 X 创建向量 u ,点击点 S 和点 Y' 创建向量 v ,并分别命名为“ v_x ”“ v_y ”.选择平行线工具,过点 X 作向量 v 的平行线,过点 Y' 作向量 u 的平行线.选择交点工具,点击两条平行线得到两条平行线的交点 Z .选择线段工具,作线段 $Y'Z$ 、 XZ ,设置样式为虚线.选择向量工具,点击点 S 和点 Z 创建向量 w ,并设置标题为“ v ”.

选择复选框工具,设置标题为“ v ”,选定对象为向量 u 、向量 v 、向量 w 、线段 $Y'Z$ 、 XZ .用以显示或隐藏速度的平行四边形合成.

最后隐藏不必要的点和标签,显示点 F' 、 S 、 W 的轨迹,并对课件进行美观优化,最终效果图如图5所示.

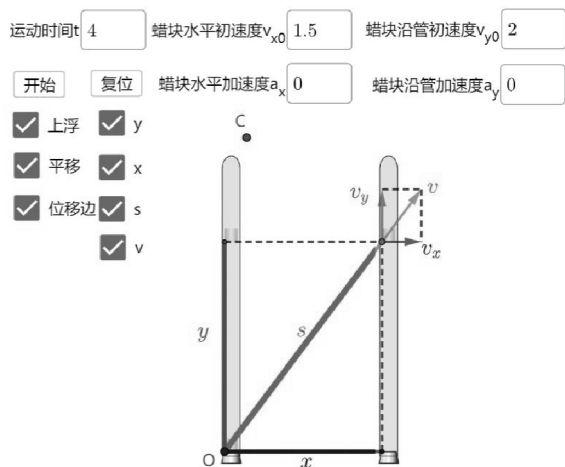
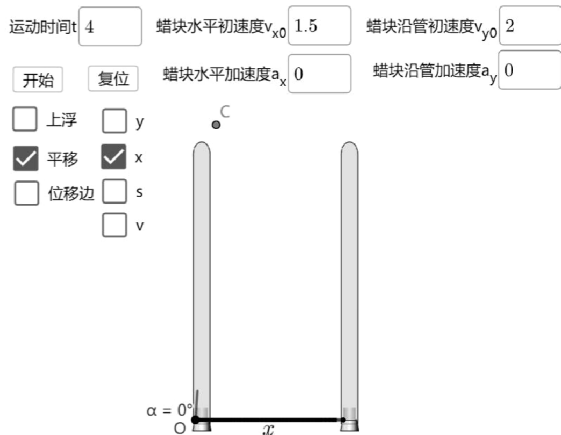


图5 蜡块的运动最终效果图



(b) 蜡块水平分运动的展示

图6 蜡块沿管分运动的演示

3 蜡块的运动实验动态模拟课件的演示

至此,我们详细介绍了用 GeoGebra 制作“蜡块的运动”演示实验的过程,读者可通过本文以上介绍独立制作直观化并且比较优美的“蜡块的运动”演示实验课件.本课件可实现以下几种功能:

(1) 辅助教材“蜡块的运动”演示实验的教学

1) 分步展示蜡块的分运动. 首先,拖动点 C 让角 $\alpha = 0^\circ$,使得玻璃管呈现竖直状态;然后,选中“上浮”和“y”标签,点击开始按钮,展示蜡块沿管的竖直分运动动画,如图 6(a) 所示;最后,取消选中“上浮”和“y”标签,选中“平移”和“x”标签,点击开始按钮,展示蜡块水平分运动动画,如图 6(b) 所示.

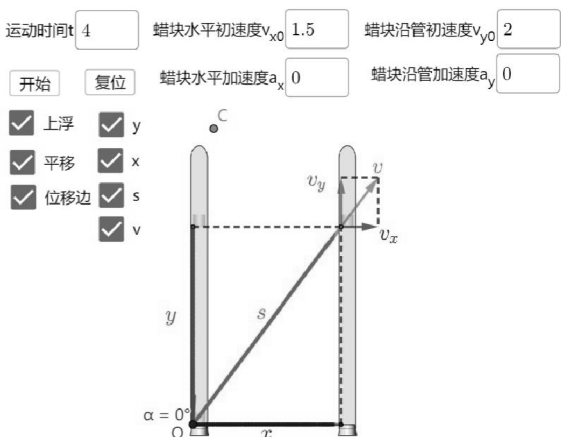


图7 蜡块合运动的演示

2) 综合展示蜡块的合运动. 保持角 $\alpha = 0^\circ$,将标签全部选中,点击开始按钮,展示蜡块的合运动动画,如图 7 所示.

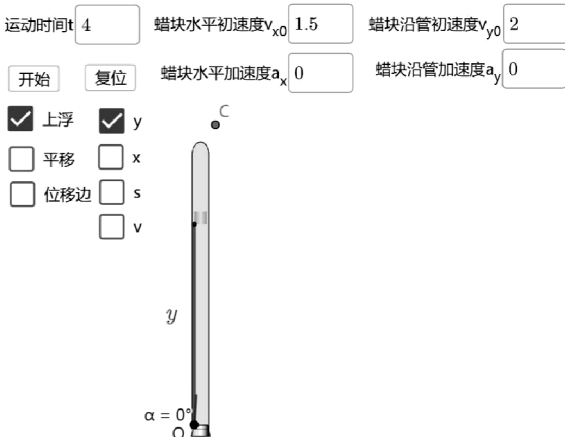
(2) 探究互成任意角度的两个直线运动的合运动性质和轨迹

互成任意角度的两个直线运动的合成有如表 1 所示的几种情况.

表 1 互成任意角度的两个直线运动合成几种情况

分运动情况	合运动性质与轨迹
两个匀速直线运动	匀速直线运动
一个匀速直线运动, 一个匀变速直线运动	匀变速曲线运动
两个初速度为零的匀加速直线运动	初速度为零的匀加速直线运动
两个初速度不为零的匀加速直线运动	匀变速直线运动
	匀变速曲线运动

本课件可一一将上述几种情况进行展示,由于篇幅原因下文仅详细介绍“一个匀速直线运动,一个匀变速直线运动的合成”展示过程.



(a) 蜡块沿管竖直分运动的展示

(下转第 139 页)

$$x = \frac{MvR_{\text{总}}}{B^2L^2}$$

由题目分析可知

$$R_{\text{总}} = 3R \quad v = \frac{5}{3}\sqrt{2gR}$$

代入,得

$$x = \frac{10mR\sqrt{2gR}}{B^2L^2}$$

再加上 M 杆第一次碰后运动到停止的位移

$$x' = \frac{2mR\sqrt{2gR}}{B^2L^2}$$

就求出了 M 杆的总位移

$$x_{\text{总}} = \frac{12mR\sqrt{2gR}}{B^2L^2}$$

题目也就很快得到解决.

(上接第 116 页)

默认两分运动互相垂直(此时 $\alpha=0^\circ$),且蜡块在沿管方向上做匀速直线运动,在水平方向上做匀加速直线运动.首先,保持原默认数值,将蜡块水平加速度 a_x 设为 0.3;然后,选中全部标签,设置点 S 显示轨迹;最后,点击开始按钮,进行动画展示,如图 8 所示.

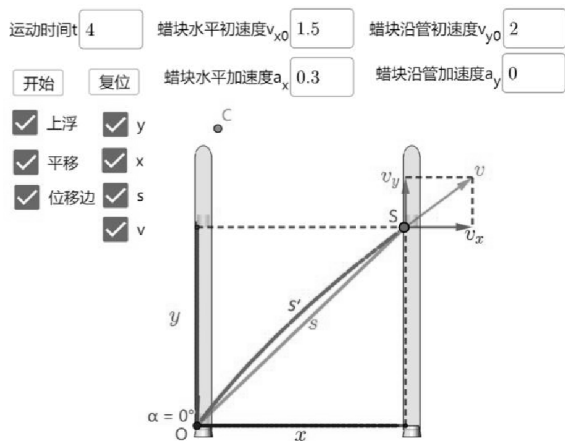


图 8 匀速直线运动和匀变速直线运动合成展示

由图 8 可知蜡块实际运动轨迹 s' 与位移 s 不重合,结合理论分析可知一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动为匀变速曲线运动,轨迹弯向物体的加速度方向.

5 结束语

动量、能量在物理学中的地位非常重要,也是物理学习的重点和难点,两者经常结合在一起考查,思维难度特别大,对物理的学科素养要求比较高.通过对弹性碰撞进行深度解读,建立一个多次弹性碰撞过程中的速度交换模型,并对该模型进行有效性论证、局限性讨论和适用范围进行解读,最后通过 2023 年重庆高三二诊物理 15 题验证了此模型的正确性.

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] 范小辉. 新编高中物理奥赛指导[M]. 南京:南京师范大学出版社,2011.

4 总结

本文利用 GeoGebra 的动态演示功能,开发了一个动态模拟“蜡块的运动”演示实验的课件,能够实现蜡块运动过程的可视化.在此基础上,通过全参数可调来探究互成角度的两直线运动的合运动性质与轨迹.另外,课件还可用于探究速度、加速度的变化对蜡块实际运动轨迹的影响.

GeoGebra 功能强大,应用范围非常广泛,正版免费,不需要编程基础,简单易学,做出的课件对教学难点的破解作用很大^[3].通过本课件的开发,希望能为一线教师同仁提供一些教学参考,同时也可以根据自身需要对本课件进行二次开发拓展,制作出更加优秀的课件服务教学.

参考文献

- [1] 陈林,桑芝芳. 基于 GeoGebra 对两道动态平衡问题的深入思考[J]. 中学物理教学参考,2020,49(9):45-47.
- [2] 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书 物理 必修 第二册[M]. 北京:人民教育出版社,2019:6.
- [3] 陈林,桑芝芳. GeoGebra 在高中物理教学中的应用——以“共点力动态平衡”为例[J]. 物理之友,2020,36(4):13-15.