

应用 Algodoo 仿真物理实验辅助高中物理规律教学

常晓慧 侯 恕

(东北师范大学物理学院 吉林 长春 130024)

(收稿日期:2016-12-21)

摘 要:以“开普勒三定律”、“简谐运动”、“动量守恒定律”为例,示范如何应用 Algodoo 仿真物理实验验证物理规律.最后对 Algodoo 仿真实验在高中物理规律教学中的应用前景进行分析.

关键词:Algodoo 仿真物理实验 高中物理规律教学

Algodoo 是由瑞典 Algoryx Simulation AB 公司推出的仿真实验平台^[1],应用 Algodoo 模拟物理情境和显示图像功能进行仿真物理实验,具有操作简便、形象直观、可进行理想化实验、实验生成数据图表快速准确等优点.利用 Algodoo 可以模拟重力、摩擦力、引力等物理环境,可以创建任意形状的二维物体(有一定的厚度),并设置物体的材质和运动状态.由于不受真实环境中不可控因素的影响,Algodoo 可以提供理想化的物理条件,例如无摩擦、无空气阻力的理想物理环境.不仅如此,利用 Algodoo 还可以模拟天体运动,例如行星的公转运动、双星运动等. Algodoo 具有实时输出物体运动过程中显示图像的功能,在课堂上经仿真实验可以直接得到物体各种状态参量之间关系的图像,师生通过共同分析显示图像得到物理规律.物理规律的建立离不开实验的辅助,在高中物理规律教学时,应用 Algodoo 仿真物理实验可以有效帮助学生提升探究物理规律的兴趣,建立物理过程、物理图像与物理规律之间的联系,认识物理规律的本质.本文以“开普勒三定律”、“简谐运动”、“动量守恒定律”为例,示范如何应用 Algodoo 仿真物理实验验证物理规律.最后对 Algodoo 仿真实验在高中物理规律教学中的应用前景进行分析.

1 应用 Algodoo 验证物理规律

1.1 验证开普勒三定律

1.1.1 行星运动的模拟

打开 Algodoo 软件,新建场景,选择圆形工具,

绘制一个大圆形、一个小圆形,设置材质参数,大圆形的质量约为 1.95 kg ,小圆形的质量约为 0.039 kg ,设置两个圆形之间的引力为 $0.1 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$,将小圆形以 0.5 m/s 的速度发射入轨道,在小圆形上设置循迹追踪绘图,如图 1 所示,模拟行星的公转运动.

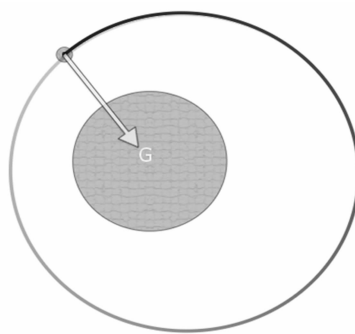


图 1 模拟行星公转场景

1.1.2 开普勒第一定律的验证

使用固定连接点固定大圆形的位置,单击右键,读取讯息,大圆形的位置坐标 $x = 0.117 \text{ m}$, $y = 2.211 \text{ m}$.将显示图表的 x 坐标设置为小圆形位置坐标的横坐标, y 坐标设置为小圆形位置坐标的纵坐标,图像显示的即为小圆形的运动轨迹,如图 2 所示.通过读取坐标数据,长轴 $2a = 2.064 \text{ m}$,短轴 $2b = 2.029 \text{ m}$,根据 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$,求得椭圆焦点距椭圆中心点的距离 c 约为 0.189 m , $a - c = 0.843 \text{ m}$, $a + c = 1.221 \text{ m}$,根据位置关系可知,椭圆的一个焦点位置坐标与大圆形位置坐标的横坐标近似相等.验证开普勒第一定律,所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆,太阳处于椭圆的一个焦点上.

作者简介:常晓慧(1992-),女,在读硕士,研究方向为物理课程与教学论.

指导教师:侯恕(1965-),女,副教授,主要研究方向为物理课程与教学论.

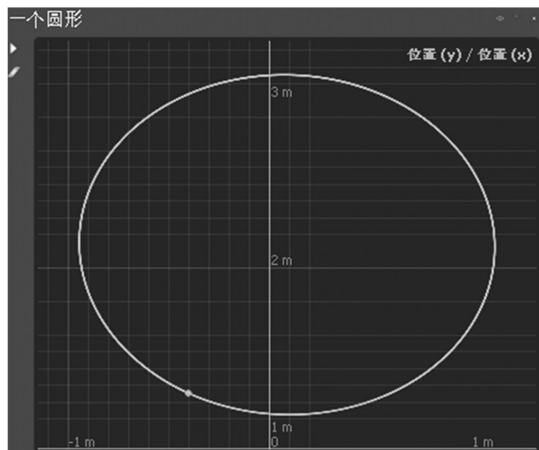


图2 模拟行星的运行轨迹图

1.1.3 开普勒第二定律的验证

绘制小圆形的两个显示图表,将显示图表的 x 坐标均设置为时间, y 坐标分别设置为小圆形的速度和引力势能,两个图表分别显示小圆形运行的速度-时间图像和引力势能-时间图像,如图3所示.远地点引力势能最大,速度最小,近地点引力势能最小,速度最大,速度的最大值 $v_1 = 0.757 \text{ m/s}$,最小值 $v_2 = 0.498 \text{ m/s}$.由速度-时间图像的对称性可知,小圆形公转时扫过对称区域时所用的时间是相同的,在非对称区域,讨论最远点和最近点,最远点 $r_1 = a + c = 1.221 \text{ m}$,最近点 $r_2 = a - c = 0.843 \text{ m}$,在很短的时间内,扫过的面积 $S_1 = \frac{r_1 v_1}{2}$, $S_2 = \frac{r_2 v_2}{2}$,计算可知 S_1 与 S_2 近似相等,验证开普勒第二定律,对任意一个行星来说,它与太阳的连线在相等时间内扫过相等的面积.

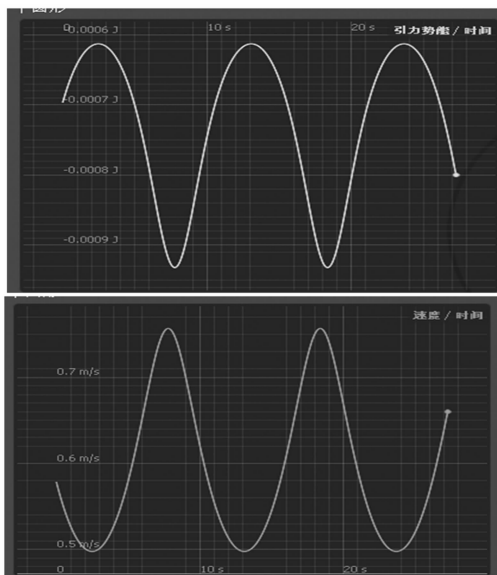


图3 速度-时间图像和引力势能-时间图像

1.1.4 开普勒第三定律的验证

由图3中速度-时间图像,读出行星公转周期 $T = 10.60 \text{ s}$,由图2行星的运动轨迹可知,半长轴 $a = 1.032 \text{ m}$,增大小圆形的环绕半径,绘制新的运行轨迹图像和速度-时间图像,读取数据,半长轴 $a' = 1.2915 \text{ m}$,周期 $T' = 14.80 \text{ s}$,经计算

$$\frac{a^3}{T^2} \approx \frac{a'^3}{T'^2} \approx 0.0098$$

验证开普勒第三定律,所有行星的轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等.

1.2 验证简谐运动规律

1.2.1 模拟简谐运动

新建场景,选择方框工具,绘制长方框,选择固定连接点,固定长方框的两端,选择圆形工具,在长方框的下面绘制圆形,设置圆形的材质、密度参数,选择弹簧工具,连接长方框和圆形,设置弹簧的劲度系数、阻尼等参数,开启重力,关闭空气阻力,与弹簧一端相连的小圆形做简谐运动.

1.2.2 简谐运动的图像

绘制显示图表,将 x 坐标设置为时间, y 坐标设置为小圆形位置坐标的纵坐标,图像显示的即为小圆形做简谐运动的振动图像,如图4所示.通过读取坐标数据,可以知道做简谐运动的物体的振动图像为正弦函数图像,从图表还可以读出振幅、周期等描述简谐运动的物理量.

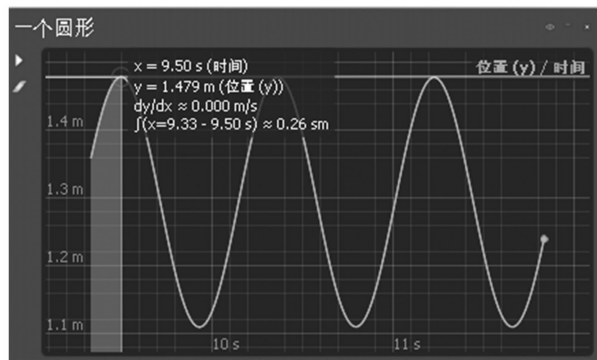


图4 简谐振动图像

1.3 动量守恒定律

新建场景,选择方框工具,绘制两个方形,设置方形物体的材质、质量和速度,显示它们的速度-时间图像,根据两物体碰撞前后的图像,得到碰撞前后的速度,通过计算可以知道,两个方形物体的碰撞前后质量与速度乘积的和是一个不变量,验证动量守恒定律.

2 Algodoo 应用于物理规律教学的前景分析

2.1 Algodoo 仿真实验相比于真实实验的优势

Algodoo 仿真实验形象直观,操作简便,不受实验条件和实验环境的影响,对于现实环境无法实现的理想环境,Algodoo 也可以进行模拟仿真.例如,行星运动的开普勒三定律,现实生活中无法进行实验验证,利用仿真实验进行模拟,可以增加学生对天体运动的感性认识,有效提升学生对开普勒三定律的深刻理解.例如,学生通过实验观察,获得“离恒星越远,行星运转速度越慢,转动速度也越慢”的感官体验,随即自然得到“随着公转半径 R 的增大,线速度、角速度减小,周期增大”的定性结论.同时,Algodoo 仿真实验涉及的领域十分广泛,力学中关于运动、能量等规律,光学中关于光的反射、折射等规律都可以进行仿真模拟.

2.2 发掘图像辅助教学功能

Algodoo 仿真实验可以将物体运动过程中的各个参量(包括时间、位移、速度、角速度、加速度、力、动能、势能等)之间的关系图像进行实时输出,学生通过对应物体的运动情况与输出图像,可以建立物理过程与物理图像的联系,深刻认识物理图像的意义.教学过程中,可以请学生自行选择图像的横纵坐标,然后绘制图像(定性地绘制草图),最后应用 Algodoo 显示图表绘制图像,验证学生手绘图像的正确性,帮助学生提升应用图像表征物理过程的能力.学生建立起图像与物理过程的关系之后,接下来就是教会学生如何应用图像得到物理规律.首先要引导学生从图像中提取关键信息,包括图像的极大

值点、极小值点、斜率、交点坐标、周期等,然后将得到的数据进行分析、处理,总结得到物理规律.通过分析图像得到物理规律,不仅能使更加深刻地理解物理规律的涵义,同时可以有效提升学生的读图能力.图像作为物理学习的重要工具,分析应用图像的能力是学好物理的必备能力,利用 Algodoo 平台,发掘物理图像演绎物理过程和验证物理规律的功能,不仅可以促进高中物理规律教学,而且可以有效提升学生分析应用图像的能力.

2.3 丰富教学形式

应用 Algodoo 不仅可以带领学生在课堂上进行探究,得到物理规律,而且可以将探究活动延伸到课堂外面,丰富教学形式.例如,利用 Algodoo 进行翻转课堂的尝试,给学生布置任务,课下利用 Algodoo 自行创建场景,并利用 Algodoo 场景分享功能对设计的实验进行讨论,然后课上,教师带领学生进一步深化知识学习.也可以课上应用 Algodoo 仿真实验学习了知识后,课下让学生对课上实验做出自己的改进,或者设计更好的方法,进行自主探究,并分享交流.尝试让学生将典型习题中的场景进行模拟,探究其中的物理规律,提高习题教学的趣味性.除了学习课上的知识,还可以让学生在课外对原始问题进行研究,例如应用 Algodoo 模拟彩虹的形成,探究原始问题背后的物理规律.这种充满趣味性的游戏学习可以提升学生学习物理的兴趣,强化学生的实验能力,发展学生的创造力.

参考文献

- 1 王清.利用 Algodoo 软件判求理想化的物理运动规律.物理教师,2015,36(1):66~67

Assisting Senior High School Physics Law Teaching Using *Algodoo* to Do Simulation Physics Experiment

Chang Xiaohui Hou Shu

(School of physics, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024)

Abstract: In this paper, “Kepler’s three law”, “simple harmonic motion”, “conservation of momentum” as an example to demonstrate how to use Algodoo simulation physical experiments to verify the laws of Physics. Finally, the application prospect of Algodoo simulation experiment in physics teaching in senior high school is analyzed.

Key words: Algodoo; simulation physics experiment; physics law teaching in high school