

# 可视化数据处理在高中物理教学中的应用\*

付 程 王 凯

(河南省信阳高级中学 河南 信阳 464000)

(收稿日期:2018-03-27)

**摘要:**从中学可视化教学理念入手<sup>[1]</sup>,结合数据挖掘与动态呈现<sup>[2]</sup>举例分析了圆盘类转动摩擦力变化和传感器测劲度系数两个实例.

**关键词:**可视化 数据处理 拟合 圆盘临界

可视化数据处理<sup>[3,4]</sup>是以一种直观的、更加容易感知的(动态)图示方式表征信息及问题演变的过程.一般复杂的物理思维过程和知识都可通过图解的方式将其逻辑关系呈现出来.高中物理的可视化教学就是为了简洁明了地传递信息,直观地让学生“看到”思维的演变过程,洞察复杂问题的临界点及动态变化,激发学生主动参与课堂教学交互并提出问题、验证问题能力,促进学生全面创新发展.

## 1 圆周运动转盘类临界问题

在研究如图1所示的轻绳牵连物体围绕转轴转动问题时,学生对临界点的把握和全过程中摩擦力变化掌握不清,图中物体A、B距离转轴 $OO'$ 分别为 $r$ 和 $2r$ ,质量均为 $m$ 且与转盘间摩擦因数均为 $\mu$ ,二者通过轻绳连接.当转盘角速度逐渐增加,试分析二者受力及绳上作用力变化情况.

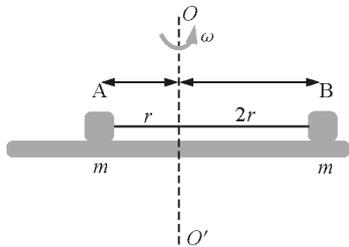


图1 轻绳牵连物体围绕转轴转动

**分析:**物体A、B围绕转轴做圆周运动所需向心力( $F_n = m\omega^2 r$ )比值为 $F_{nA} : F_{nB} = 1 : 2$ ,当B完全由摩擦力提供向心力时对应临界角速度 $\omega_1$ (此时绳上张力 $T = 0$ )根据圆周运动规律得

$$\mu mg = m\omega_1^2 \cdot 2r \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2r}} \quad (1)$$

当角速度增加,由向心力供需比可知物体A的静摩擦力从 $\frac{1}{2}\mu mg$ 递减,当 $f_{sA}$ 减至零时对应临界角速度 $\omega_2$ (此时绳上张力 $T \neq 0$ ),此时,有

$$\begin{aligned} \text{对物体 A} \quad T &= m\omega_2^2 r \\ \text{对物体 B} \quad T + \mu mg &= m\omega_2^2 \cdot 2r \end{aligned}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}} \quad (2)$$

若角速度继续增加,物体A因受力再次供需不平衡会具有趋向圆心运动的趋势,继而 $f_{sA}$ 背离圆心并反向增大直至达到最大静摩擦,此时对应临界角速度 $\omega_3$ ,有

$$\begin{aligned} \text{对物体 A} \quad T - \mu mg &= m\omega_3^2 r \\ \text{对物体 B} \quad T + \mu mg &= m\omega_3^2 \cdot 2r \end{aligned}$$

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{2\mu g}{r}} \quad (3)$$

上述过程贯通来看对应3个角速度节点和4个变化区间,学生往往只客观掌握节点时物体具备状态信息,但对其间受力动态变化过程及供需关系的理解较为含糊,“只见山头不见绿洲”的俯视型学习记忆不利于学生下沉理解问题和发散提出新问题.

笔者在实际教学中考虑到 $F_n(f_s + T) = m\omega^2 r$ ,向心力由静摩擦力及绳子拉力共同充当,因此 $f_s$ 及 $T$ 均与 $\omega^2$ 呈线性关系,我们尝试作不同力与角速度的变化关系如图2所示,从图中可知两条过原点直线为两物体随角速度增加所对应增加的向心力,两

\* 系“可视化交互式教育技术与教学整合的研究”课题研究成果,项目编号:JKGH17213

条折线对应物体 A, B 在全过程中的摩擦力变化, 点段线代表绳上张力的变化. 学生从图中能清晰看到摩擦力及绳拉力搭配一起提供向心力且始终满足需求比  $F_{nA} : F_{nB} = 1 : 2$ , 当  $\omega^2 = \frac{\mu g}{r}$  时物体 A 完全由拉力提供向心力且对应摩擦力减至零, 此后因拉力  $T$  变化率大于物体 A 所需  $F_{向}$  变化率, 故需求比小的物体必定会经历一个摩擦力减小至零并反向增大至  $f_{A_{s-max}}$  的过程, 理解至此学生才算掌握到此类问题的精髓.

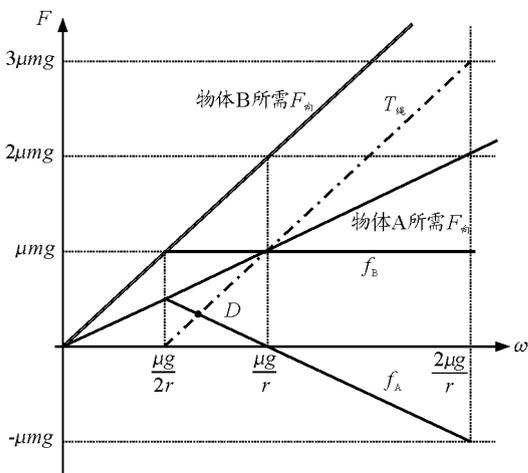


图2 不同力与角速度的变化关系

此外发散问题学生还会关注到图中的交点 P, 该处 A 物体摩擦力恰减小至等于绳上张力, 令 P 处角速度为  $\omega_P$ , 由图中求直线交点可知

$$\omega_P^2 = \frac{2\mu g}{3r} \quad T_P = \frac{1}{3}\mu m g$$

该结论可通过方程组

$$\text{物体 A} \quad f_s + T = m\omega_P^2 r$$

$$\text{物体 B} \quad T + \mu m g = m\omega_P^2 \cdot 2r$$

验证.

## 2 弹簧振子类创新实验及数据挖掘求解劲度系数

轻质弹簧振动周期与劲度系数满足

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\kappa}}$$

其中  $m$  为振子质量. 为了让学生更直观看到弹簧振子振动的动态变化, 我们尝试采用 iPhone 手机自带的运动协处理传感器并借助相关软件截取数据然后拟合分析振动周期. 实验装置如图 3 所示, 加速度测量上可选择 3 个方向  $x, y, z$ , 机宽所在的方向为  $x$ ,

机长所在方向为  $y, z$  方向与手机屏幕所在面垂直. 通过夹子连接手机并测量  $y$  轴向振动加速度(同时附录测量  $x$  轴、 $z$  轴及加速度矢量合成信息轴), 测量加速度值可以  $m/s^2$  为单位或以重力加速度  $g$  的倍数进行记录, 采样频率选择 50 Hz.

数据处理方面将“加速度-时间”图像导入计算机, 通过 Origin 软件中正弦(sine fitting)拟合<sup>[5]</sup> 求出波动周期  $T$ , 选择不同的  $m - T^2$  数据组导入软件进行线性拟合(linear fitting) 得到斜率的最适标准值  $k_{slope} = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ , 实验结果如图 4 所示.



图3 实验装置

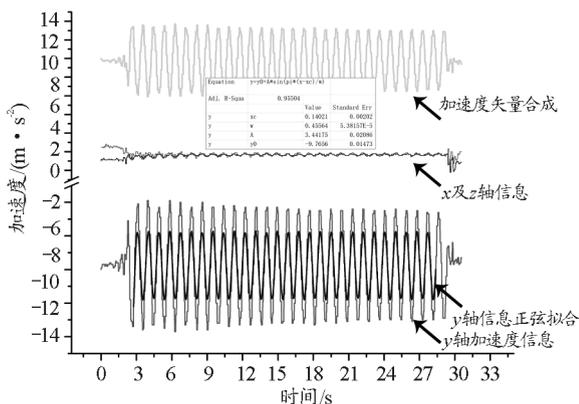


图4 实验结果

从图中可以看到当手机沿  $y$  方向振动时,  $y$  轴加速度信息呈现周期性变化, 与此同时实验中的系统误差体现在沿手机短边  $x$  方向及垂面  $z$  方向均小幅的等频振动, 但数值趋于零. 将加速度矢量合成后其绝对值如顶部曲线亦呈周期性变化, 藉此我们可尝试对周期性的波动曲线通过拟合得到摆动周期. 我们的目标是得到形如  $y = y_0 + A * \sin[2\pi * (x - x_c) / \omega]$  的方程, 从结果看拟合方程为

(下转第 33 页)

养的培养,切入点是学生常见的问题情境——移动地面上笨重的行李箱,教学中以学生为主体,逐步引导学生在生活经验的基础上运用科学的思维方法建构理想模型,从物理问题中抽象出数学函数,通过定量推理探究实际问题的解决方案,并对方案进行交流、评估,最后通过实验检验探究结果.教学模式可以概括成下面的示意图.

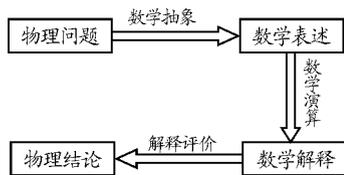


图6 教学模式示意图

(2) 通过课堂观察与评价,教师发现了学生的一些闪光点,比如:

1) 在猜测影响拉力大小的因素时,表现出良好的发散思维能力,能即时生成教学素材;

2) 在探究最小拉力时,能运用等效替代思想和转化思想,将四力平衡转换为三力平衡,进一步用矢量三角形分析、讨论极值问题,有效地简化了问题的解决过程,体现了物理思想方法的优势.

(3) 学生在教学过程中也显露出应用数学方法处理物理问题的障碍,在数学建模、函数构建、三角函数运算、矢量运算等方面存在困难,需要教师在后续教学中逐渐渗透、化解.

(上接第29页)

$$y = -9.7656 + 3.4417 \sin \left[ \frac{2\pi(x - 0.1402)}{0.9112} \right]$$

即  $T = 0.9112 \text{ s}$ , 标准差为  $5.3815 \times 10^{-5}$ . 实验中振子质量为  $171.1 \pm 0.1 \text{ g}$ , 代入数据得

$$\kappa = \frac{4\pi^2}{T^2} m = 8.1354 \text{ N/m}$$

该数据结果与实验所用弹簧出厂的参考劲度系数  $0.008 \text{ N/mm}$  误差不大.

实验中经过多组数据发现实验测量结果与理论值都很接近,软件在周期测量方面直观而又精确,除了能得到所需要的周期之外,还可以对运动过程中每一时刻的加速度进行研究,这对简谐运动的教学有很大帮助.但是利用手机做实验无法消除自身形状对实验造成的影响,在改变振子及悬挂物质量时也不大容易操作,这些都需要对实验进行进一步改良.

通过探究过程可发现,简单的振子周期问题借助传感器的信息化呈现让学生直观看到不同方向加速度的动态变化,让学生脑海中的思维过程跃然纸上,进而牵引学生思考竖直方向弹簧弹力如何变化才会使得  $y$  轴加速度呈周期性波动,为什么拟合数据的截距  $y_0 = -9.7656$ , 其结果代表什么含义.此外从获取的实验图中还激发了学生创新性使用科研工具挖掘数据、探究问题的兴趣,夯实了中学生自主

学习、动手实践的能力.

### 3 结束语

教学实践中采用可视化数据与交互式动画<sup>[6]</sup>直观展现物理规律及动态变化等过程,构建师生间相互学习与发问的完美配合;可视化教学模式以小组讨论为典型特征,以策略学习为核心内容,以学生在没有教师支持的条件下能够自主学习为最终目的,赋能学生利用工具开展探究性科研,养成理性思维与严谨治学的高贵品格.

### 参考文献

- 1 王丹华,杨海文,刘诗焕.基于几何画板的数学可视化教学探讨.井冈山大学学报(自然科学版),2011,32(4):128~134
- 2 张丹.交互式教学模式与学生能力的培养.语文学刊(外语教育教学),2011(3)
- 3 林建生,舒歌群.可视化教学法在复杂机械教学中的应用.天津大学学报(社会科学版),2002,4(4):402~404
- 4 李芒,蔡旻君,王妍莉,等.可视化教学设计方法与应用.电化教育研究,2013(3):16~20
- 5 李正学,程明松,杨洁.基于Matlab的智能计算课程可视化教学.信息技术,2013
- 6 肖汉光,宋涛,邹雪.矢量分析与场论课程的MatLab可视化教学实践.教育教学论坛,2015(20):146~147