

摩擦力教学测量仪的设计与研究

陈伊琳 秦立蟠 呼格吉乐

湖州师范学院理学院物理实验教学示范中心

[摘要]传统的摩擦力演示仪存在集成化程度不高,可操作性不强,摩擦力的性质无法体现等缺点。因此我们利用牛顿第二定律和悬梁式力传感器,结合电路知识、arduino和python语言制作出了一款集成化程度高、摩擦力性质可视的教学测量仪。此集成化摩擦力教学测量仪可以在OLED屏幕上显示摩擦力的大小和方向,有助于学生加深对静摩擦力与滑动摩擦力的相关知识的理解。

[关键词]集成化,可视化,静摩擦力,滑动摩擦力

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.1122

0 引言

摩擦力是现实生活中广泛存在的力。在中小学的科学、物理课程中,摩擦力知识所占比重较大。学生在学习摩擦力知识时,需观察物体的运动状态,将对物体运动的直观认识转化为摩擦力作用的抽象、概括性的理性认识。^[1]

在教学中,教师通常会借助实验或教学仪器进行辅助教学。目前中小学阶段摩擦力教学实验主要有三类:感知摩擦力的存在实验、探究影响摩擦力大小因素的定性实验^[2]、测量摩擦力大小实验。这些实验中存在一些缺点,例如:弹簧测力计要与地面平行很难做到,容易存在误差;滑动摩擦力的在运动过程中读数很难保持一定值;组合物体间摩擦力情况不能同时判断。而目前存在的摩擦力演示仪,也存在一定的问题,一类是未解决目前存在的提供稳定水平力的情况,所以需要对摩擦力性质进行计算,所以教学效率不高;另一类制造成本较昂贵,日常维护成本高,难以广泛推广。因此设计一款操作性强,具有可视化功能的摩擦力教学仪器,通过实验让学生直观的去了解静摩擦力以及滑动摩擦力的大小以及方向,是十分重要的。

一、摩擦力教学测量仪的功能简介

摩擦力教学测量仪的设计立足我国目前中小学的实际教学环境,针对静摩擦力和滑动摩擦力这两项教学重难点。主要原理是利用牛顿第二定律分析物体的受力与运动状态之间的关系;通过悬梁式力传感器的电阻应变效应,将测量仪中传感器所受的力产生的应变转化为电阻的相对变化;再将此阻值变化传输到非平衡电桥电路中转化为两个电桥的电压差,进而通过程序将此电压差转化为摩擦力的大小输出到OLED屏幕上,最后显示出摩擦力的大小和方向。

二、“摩擦力教学测量仪”的主要结构

- (1) OLED显示屏
- (2) 控制中心
- (3) L型组合传感器
- (4) 3D打印外壳

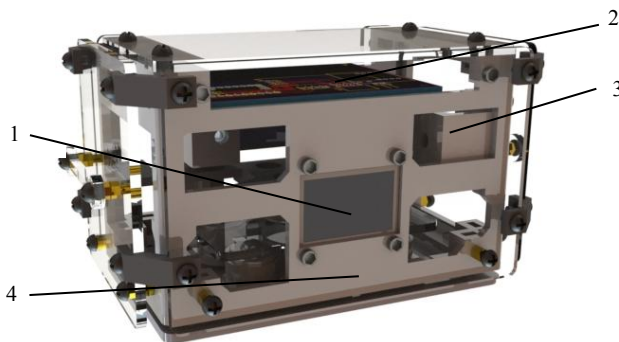


图1 “摩擦力教学测量仪”的模型图

三、测量仪的基本工作原理

为了保证演示仪的一体性和结构完整性,所以将演示仪的外壳和底面切分开来。以保证在底面受到摩擦力的作用时,上方的外壳部分仍保有一定的运动空间。

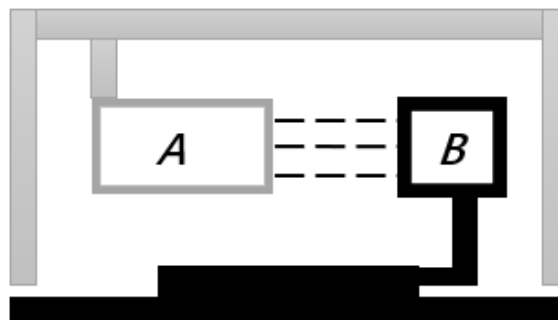


图2 摩擦力演示仪受力分析简图

如图2所示,当演示仪放置于水平地面上的时候,演示仪只受到重力和地面对于演示仪的支持力,底面结构(黑色部分)没有受到摩擦力的作用。

如果给此时给外壳一个水平向右的力 F ,这时候装置外壳有向右运动的趋势而底面结构受到摩擦力故保持静止。A是一个悬臂梁式传感器,测到的力的大小等于摩擦力的大小。当外壳受到一个水平推力的时候,底部受到摩擦力的大小等于内部矩形传感器受到力 T 的大小,而摩擦力的方向就是位置B指向位置A的方向。

物体一般处于两种状态,第一类情况是物体处于平衡态

(静止或者匀速直线运动)的情况,第二种是物体处于非平衡态(非匀速直线运动)的情况。

(1)当物体处于非平衡(非匀速运动)状态下时,物体会受到一个加速度,而摩擦力的大小等于滑动摩擦力的大小。此时依据牛顿第二定理,有:

$$F - f = m_{\text{总}} \cdot a$$

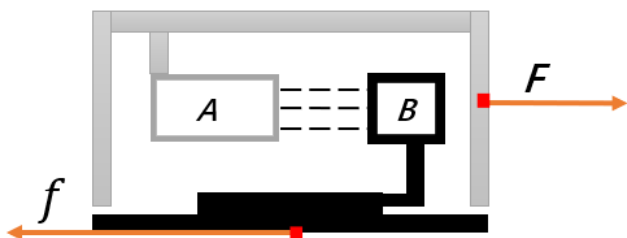


图3 摩擦力演示仪探测器受力图

其中 $m_{\text{总}}$ 、 a 、 F 的值均可通过实际可测得。计算可得摩擦力。

(2)当物体处于平衡(静止或者匀速直线运动)状态时,物体加速度为零,即有,将代入以上公式中,即有:

$$F = f \quad (2.2)$$

综上所述,当 a 为任意值时,上述公式均可以使用,质量 $m_{\text{总}}$ 的值作为参量一般不变化,只要测出 F 、 a 的实时值,就可以算得摩擦力的大小,进而推测出摩擦力的方向。

四、摩擦力教学测量仪的调试与使用说明

经过测量可以得到测量仪的质量并进行校准,为了矫正力传感器可能存在的误差,需要对传感器检测的力进行矫正。本测量仪准备了一种简易的校准办法,即加大底面电磁铁的磁性,使其吸附在竖直平面。当摩擦力演示仪显示静摩擦力大小与重力大小相等时,校准即可完成。

(1) 实验器材

可视化摩擦力教学测量仪、待测平面(其中包含一个斜面,两个粗糙程度的不同平面)

(2) 实验内容

探究压力大小对摩擦力的影响

(1)将摩擦力教学测量仪静止于较光滑水平面上,利用电机缓慢拉动测量仪,使其匀速运动。观察并记录摩擦力教学测量仪的屏幕的读数。

(2)将摩擦力教学测量仪静止于较光滑斜面上(斜面倾角为 θ),此时重力的分力 $m_{\text{总}} \cdot \cos\theta$ 与斜面所受的压力 N 相

等,使其缓慢滑动。摩擦力的大小为 $\mu \cdot m_{\text{总}} \cdot \cos\theta$,观察并记录摩擦力教学测量仪的屏幕的读数。

探究摩擦系数对摩擦力的影响

(1)将摩擦力教学测量仪静止于较光滑水平面上,利用电机缓慢拉动测量仪,使其匀速运动。观察并记录摩擦力教学测量仪的屏幕的读数。

(2)将摩擦力教学测量仪静止于较粗糙水平面上,利用电机缓慢拉动测量仪,使其匀速运动。观察并记录摩擦力测量演示仪的屏幕的读数。

将摩擦力教学测量值上增加砝码(50g、100g、150g)重复实验。

五、结语

摩擦力教学是中学教学的重点和难点。传统的摩擦力演示实验集成化程度低、操作过程复杂,影响正常授课进度。通过3D打印技术和工程元件连接可构建上述可视化、集成化程度高的摩擦力测量仪。在教学活动中方便演示各种涉及摩擦力的情境,验证相关结论,有助于学生学习和理解摩擦力的相关知识。在实际的使用中具有以下的创新点:操作简单,使用方便,集成化程度高;数据可视化,将看不见的摩擦力的大小和方向进行测量和显示,可以方便学生们快速验证结论;仪器制作成本低,利于未来大规模推广;基于开源电子原型平台,还可不断进行改进,丰富教学功能,使得测量仪的使用场景和功能得到不断拓展。基于以上几点,本产品的应用前景好,可走进课堂,供教师和学生使用,为教学服务。

参考文献

[1] 范哲焱,陶晓峰,张锐波,机械式微动斜面测量摩擦力系数实验理论探讨[J].大学物理实验6,2018(01):6-8
 [2] 刘国瑞,张文堂,摩擦力规律探究仪的制作,[J].中小学实验与装备,2015(02):31-32
 [3] 邹方云,用力学传感器对摩擦力进行的实验研究[J].教学仪器与实验;2007(01)

作者简介:

陈伊琳(2001-),女,浙江湖州南浔人,湖州师范学院教师教育学院物理学专业2020级学生

指导老师:呼格吉乐(1980-),男,蒙古族,内蒙古通辽人,高级实验师,工程硕士学位,湖州师范学院省级物理实验教学示范中心,从事物理实验教学与物理教学仪器开发。