

基于 DIS 传感器的摩擦力实验装置

陈剑峰

(莆田第二中学,福建莆田 351131)

摘要:基于 DIS 力传感器自制摩擦力实验装置,探究影响滑动摩擦力的因素。利用推杆带动底板平稳运动,采用 DIS 传感器实时动态采集摩擦力数据。在 3D 打印的摩擦块的各面贴不同材料,翻转摩擦块改变接触面的粗糙程度。装置可被翻转 90° ,通过改变橡皮筋匝数改变正压力,控制重力不变,研究滑动摩擦力与压力的关系。该装置还可以研究滑动摩擦力与物体重力、接触面的面积或相对运动速度的关系。

关键词:滑动摩擦力;DIS 力传感器;接触面;正压力

摩擦力是中学力学部分的重要内容之一,探究滑动摩擦力大小影响因素的实验是章节的重难点,实验涉及到弹簧测力计的使用和二力平衡知识。现有教材研究摩擦力的实验装置,利用测力计拉动木板上的滑块做匀速直线运动,根据二力平衡间接测量出滑动摩擦力。多数学生在猜想环节猜想滑动摩擦力的大小与相对运动速度或接触面积有关。教材中采用在摩擦块上加砝码的方法来改变压力,研究滑动摩擦力与压力的关系,部分学生对该方法有疑议:加上砝码后压力变化的同时重力也发生变化,而结论却是滑动摩擦力大小与压力有关,而与重力无关,学生对实验中的控制变量法存在疑义。部分教师在实验前直接告知学生滑动摩擦力与相对运动速度、接触面积等无关,直接安排学生探究滑动摩擦力与压力、接触面粗糙程度之间的关系。这种“假探究”不利于培养学生的物理学科核心素养。

1 实验装置的设计基本思路

- 1)利用三角钢组合成长方体支架;
- 2)利用铝托做导轨,利用直流电动推杆带动滑块及铝托上的滑台移动;
- 3)增加调速电路,控制底板移动的速度;
- 4)利用 DIS 力传感器采集数据,实现实时动

态测量;

5)装置主体可翻转 90° ,在竖直长方体支架侧面安装另一传感器,测量压力;

6)利用 3D 打印设备设计各种规格的摩擦块模型。

2 实验装置的制作方法

制作材料:木板若干、角钢条、童车开关、导线若干、橡皮筋、导程 25 cm 的电动推杆、调速模块、12 V 10 A 带遥控限位功能的卷帘门电机无线控制模块、3D 打印设计的不同规格的摩擦块、KT 板、钩码、力传感器、采集器、电脑、双面胶、墙面泡沫、魔术贴的毛面和刺面等。

制作方法:利用角钢条组装 $90\text{ cm}\times 40\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ 的长方体主体支架。采用 12 V 锂电池供电。推杆后端固定在主体支架上,前端固定在滑台板面下方,带动滑台运动,利用无线遥控模块(控制卷帘门电机正反转的遥控模块)控制滑台左右运动,增加调速模块来调节滑台移动的速度。利用 3D 打印六棱柱和各面面积不同的柱体作为摩擦块(六棱柱的各个面分别贴上粗糙程度不同的材料)。主体支架的水平位置及侧面安装力传感器,分别测量摩擦力与压力。

实验装置整体如图 1 所示。

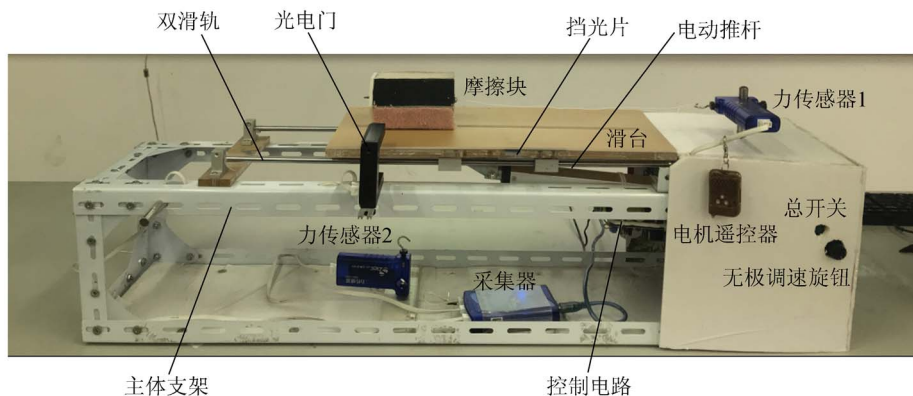


图1 实验装置整体图

3 实验装置的使用方法

3.1 研究滑动摩擦力与接触面粗糙程度的关系

1)将装置水平放置,调节开关(手动、遥控),让水平移动板向右移动,直到水平板触发限位开关停止移动;

2)把贴有毛巾面的摩擦块放在水平移动板的中间位置,另一端挂在传感器的挂钩上;

3)点击实验软件“开始”,将传感器调零;

4)启动驱动电机,力传感器采集拉力的变化曲线,选取有效区域的数据取平均值(根据二力平衡可知 $f=F$);

5)翻转摩擦块,改变接触面的粗糙程度,重复以上实验,采集多组实验数据;

6)分析得出结论.

实验数据如表1所示.

表1 探究滑动摩擦力与接触面粗糙程度的关系实验数据

接触面材料	粗糙程度	f/N
毛巾面	较粗糙	0.34
棉布面	粗糙	0.29
木板面	光滑	0.16

实验结论:当其他条件不变时,滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度有关,接触面越粗糙滑动摩擦力越大.

3.2 研究滑动摩擦力与接触面面积的关系

1)将装置水平放置,调节开关(手动、遥控),让水平移动板向右移动,直到水平板触发限位开关停止移动;

2)把3D打印设计的不同接触面面积的摩擦

块放置在水平移动板上;

3)点击实验软件“开始”,将传感器调零;

4)启动驱动电机,力传感器采集拉力的变化曲线,选取有效区域的数据取平均值(根据二力平衡可知 $f=F$);

5)翻转摩擦块,改变其接触面面积,重复以上实验,采集多组实验数据;

6)分析得出结论.

实验数据如表2所示.

表2 探究滑动摩擦力与接触面面积的关系实验数据

S/cm^2	f/N
70	0.40
54	0.40
43	0.40

实验结论:当其他条件不变时,滑动摩擦力的大小与接触面面积无关.

3.3 研究滑动摩擦力与相对运动速度的关系

1)将装置水平放置,调节开关(手动、遥控),让水平移动板向右移动,直到水平板触发限位开关停止移动;

2)点击实验软件“开始”,将传感器调零;

3)把贴有魔术贴毛面的摩擦块放在水平移动板中间,另一端的细线挂在力传感器的挂钩上;

4)启动驱动电机,力传感器采集拉力的变化曲线,选取有效区域的数据取平均值(根据二力平衡可知 $f=F$),光电门自动记录底板移动的速度;

5)多次调整控制水平板的无极调速旋钮,改变木板水平运动的速度,重复以上实验,采集多组实验数据;

6)持续调节调速旋钮,连续改变木板运动的速度;

7)分析得出结论.

实验数据如表 3 所示.

表 3 滑动摩擦力与相对运动速度关系实验数据

$v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	f/N
11.0	0.40
10.9	0.40
8.9	0.40
持续变速	0.40

实验结论:其他条件不变时,滑动摩擦力的大小与相对运动的速度无关^[1].

3.4 研究滑动摩擦力与压力的关系

1)将装置竖直放置,如图 2 所示,调节开关(手动、遥控),让水平移动板向上移动,直到水平板触发限位开关停止移动;

2)把带线的摩擦块挂在力传感器上,将两传感器调零;

3)将摩擦块侧面任意 1 根橡皮筋挂在侧面力传感器上,测量出此时的压力值;

4)启动驱动电机,底板向下移动,可得到上力传感器的变化值曲线,选取有效区域的数据取平均值得到滑动摩擦力大小(根据力的平衡可知传感器数据的变化量就是摩擦力的大小);

5)通过不断增加皮筋的数量来改变正压力的大小,采集多组数据;

6)分析得到结论.

实验数据如表 4 所示. 用 Excel 进一步对数据进行分析,如图 3 所示.

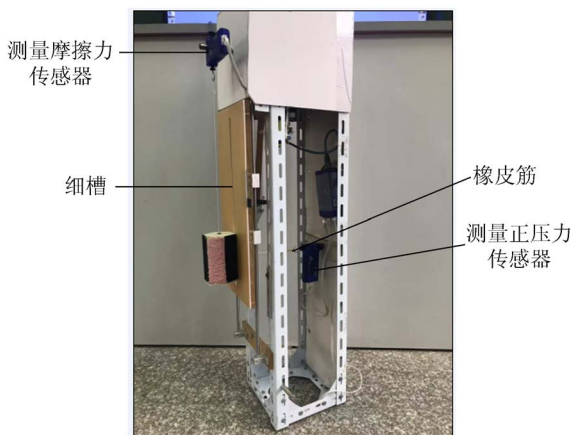


图 2 探究滑动摩擦力与压力的关系实验装置

表 4 滑动摩擦力与压力的关系实验数据

F_N/N	f/N
1.66	0.84
3.48	1.75
5.00	2.52
6.72	3.36

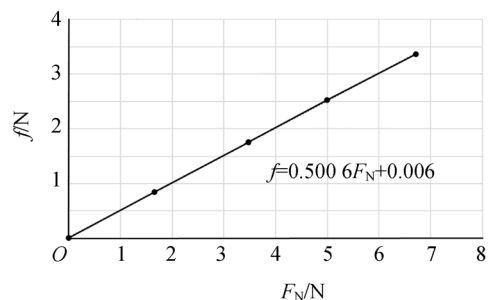


图 3 滑动摩擦力与压力的关系

实验结论:当其他条件不变,滑动摩擦力的大小与压力成正比^[2].

3.5 研究滑动摩擦力与摩擦块重力的关系

1)将装置翻转 90°竖直放置,如图 2 所示;

2)调节开关(手动、遥控),让水平移动板向上移动,直到水平板触发限位开关停止移动;

3)点击开“开始”,将传感器调零,将摩擦块挂在传感器上,记录摩擦块的重力,传感器再次调零;

4)将摩擦块侧面任意 1 根橡皮筋挂在侧面力传感器上;

5)启动驱动电机,底板向下移动,可以得到上力传感器的变化值曲线,选取有效区域的数据取平均值;

6)将不同的配重片对称安装在空心摩擦块的内侧,改变摩擦块的重力大小(侧面橡皮筋数量不变,控制其压力一定),采集多组数据;

7)分析得到结论.

实验数据如表 5 所示.

表 5 滑动摩擦力与摩擦块重力的关系

G/N	f/N
1.5	0.60
1.7	0.60
1.9	0.60

实验结论:其他条件不变时,滑动摩擦力大小与重力无关.

4 结束语

实验装置利用推杆带动底板运动,可手动、遥控操作,既方便,又稳定. 利用 DIS 力传感器采集图像,准确、直观、效果好. 巧妙设计装置竖直翻转 90° ,解决教材在探究滑动摩擦力与压力关系时,在摩擦块上放上重物来改变压力,带来的压力变化的同时重力也发生变化的问题. 装置功能

多,可以全面探究滑动摩擦力的各影响因素,培养学生探索兴趣,提升学生的实验素养.

参考文献:

- [1] 刘丝雨. 开发 PhLab 软件提高中学物理演示实验有效性的研究[D]. 成都:四川师范大学,2019.
- [2] 王松涛. 利用 DIS 探究影响滑动摩擦力大小的因素[J]. 物理教学探讨,2015,33(1):54-56.