

物理实验



自制摩擦力实验教具及其在物理教学中的应用

潘冬炜 张琳 李德安

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2015-08-26)

摘要:自制一款简易、稳定、可拓展的摩擦力实验教具,并使其与 DISLab 相结合,设计并进行了一系列摩擦力实验.实验过程简单明了,效果明显,增强了学生的探究意识和加深了对摩擦力特点的认识.

关键词:摩擦力 影响因素 DISLab

1 引言

摩擦力是高中物理教学一个重要知识点^[1],在“摩擦力”这一节中,要求学生知道最大静摩擦力与滑动摩擦力间的关系,认识滑动摩擦力的规律.通常教材有关摩擦力的实验一般通过手拉弹簧测力计拉物块的方法进行,实验缺陷主要表现在:

(1) 弹簧测力计读数困难并容易存在误差;

(2) 难以保证物块匀速^[2].且很多教师只是演示滑动摩擦力与接触面和正压力的关系,而对接触面积和相对运动速度的关系则不采用实验验证^[3].

为弥补上述不足,我们自制了一款摩擦力实验教具,并使其与 DISLab 结合,用实验直观准确地得出最大静摩擦力比滑动摩擦力略大、滑动摩擦力与正压力成正比和接触面的性质有关与接触面积和相对运动速度无关的结论,增强学生的探究意识和加深对摩擦力特点的认识.

2 实验原理

2.1 摩擦力的测量

如图1,物块放在传送带上,通过传送带的即将转动或转动,使物块与传送带发生相对运动趋势或相对运动.物块在水平方向上受到细线的拉力和传送带的摩擦力.由于物块始终相对地面处于静止状态,根据二力平衡,此时细线拉力等于物块所受摩擦力的大小,又因细线与力传感器相连,力传感器将细

线拉力转换成电信号,通过数据采集器输入到计算机上,计算机实时显示物块所受摩擦力的大小.将光电门安装在教具固定位置处,将挡光片固定在传送带某一位置,当挡光片跟随传送带经过光电门时,DISLab 实验软件会同时记录下挡光片挡光时间及此时相对应的摩擦力大小,可避免因传送带不同位置的微小差别所带来的误差^[4].

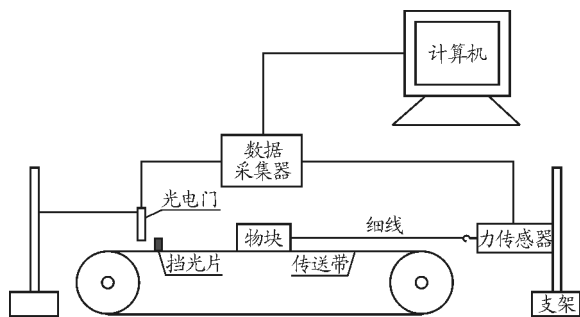


图1 测量摩擦力原理图

2.2 相对运动速度的测量

测量挡光片宽度及记录其通过光电门的时间,根据速度公式

$$v = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (1)$$

即可计算出物块相对传送带的运动速度.

3 自制摩擦力实验教具

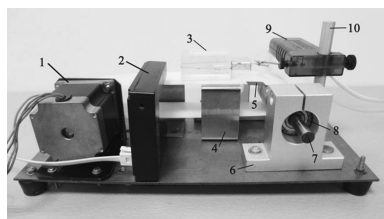
3.1 制作材料

所需 20 mm × 30 mm × 52 mm 物块 1 个;
3 mm × 150 mm × 300 mm 金属铜板 2 块;内径

10 mm 轴承 1 个;中心高 39 mm,内径 10 mm 轴承座 2 个;直径 10 mm,长 100 mm 光轴 1 根;24 V/5 A 开关电源 1 个;步进电机运动控制器 1 个;高分辨步进电机驱动器 1 个;转轴直径 6.35 mm 57 步进电机 1 个;中心高 39 mm 57 步进电机支架 1 个;长度 40 mm,外径 30 mm,内径 6.35 mm 联轴器 1 个;长度 40 mm,外径 30 mm,内径 10 mm 联轴器 1 个;材质分别为聚乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯,尺寸为 470 mm×40 mm×1.6 mm 传送带 3 条;螺丝、螺帽、导线若干;水平硬铁片 2 块等。

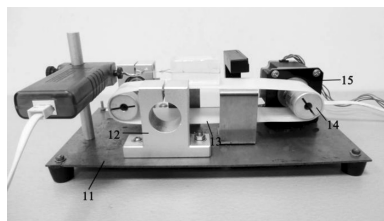
3.2 实物教具

根据以上材料制成的摩擦力实验教具如图 2(a)、(b) 所示。



1. 步进电机 2. 光电门 3. 物块 4. 水平硬铁片 5. 挡光片
6. 轴承座 7. 光轴 8. 轴承 9. 力传感器 10. 支架

(a) 实物教具背面图



11. 底座 12. 减磨材料挡板 13. 传送带
14. 联轴器 15. 步进电机支架

(b) 实物教具正面图

图 2

3.3 制作流程

(1) 底座的设计. 用金属铜板作为教具装置的底座,并用台式钻床在铜板上钻孔以固定支架及光电门等其他原件。

(2) 传送带装置的制作. 步进电机通过支架在底座上固定后,其转轴和一联轴器相接构成主动轮. 另一联轴器与一光轴相接构成从动轮,通过轴承及其底座固定在铜板上. 主动轮与从动轮之间用传送带连接. 为避免物体放在传送带上导致传送带向下凹陷使传送带运行时物块所受摩擦力方向不在水平线上,为此在传送带下面固定水平硬铁片,保证物块受到水平方向的摩擦力^[5]. 采用刚性靠挡的方法来防止传送带的跑偏,即在传送带宽度方向一端设置

减磨材料挡板(利用轴承座做成)^[6].

(3) 驱动系统的选取. 传送带装置由步进电机来带动,而步进电机的转速则由步进电机运动控制器来控制. 利用高性能的细分驱动能精确控制速度的特点^[7],步进电机采用高分辨步进电机驱动器进行驱动,使步进电机转速可在 3~700 rad/min 内精确调节. 驱动系统电路实物图如图 3 所示。



图 3 驱动系统实物图

4 在物理教学中的应用

4.1 常规实验

4.1.1 演示最大静摩擦力与滑动摩擦力的关系

把光电门和挡光片从教具装置中卸下,且刚开始时使细绳处于松弛状态,调节力传感器窗口为“示波”显示,驱动步进电机,待传送带开始运动后停止步进电机的驱动. 启动 DISLab 绘图和计算工具,可得摩擦力随时间的变化图像(图 4). 从图 4 中可看出,静摩擦力逐渐增大,并在物块相对传送带即将发生运动时出现峰值(0.560 N),滑动过程中摩擦力基本不变(0.431 N),最大静摩擦力略大于滑动摩擦力。

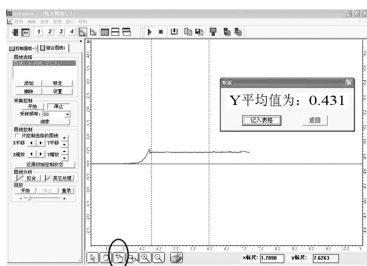
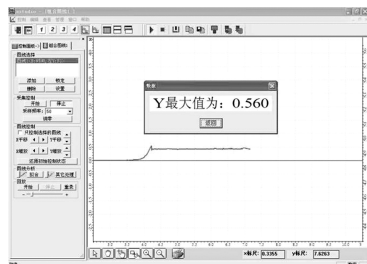


图 4 滑动摩擦力随时间的变化图像

4.1.2 探究滑动摩擦力与正压力的关系

把光电门和挡光片安装上,通过增减钩码数量改变物块的重力.在DISLab软件中定义“ m ”为物块与钩码的总质量并输入相应值,输入公式“ $F_m = 9.8 * m$ ”为正压力,输入公式“ $k = F_1 / F_m$ ”为滑动摩擦力与正压力的比值.驱动步进电机,开始收集数据结果(图5),从数据结果中看出滑动摩擦力与正压力的比值(k)基本为一常量,说明二者成正比.收集数据完成后,点击“绘图”,选择X轴为“ F_m ”,Y轴为“ F_1 ”,各数据点在坐标系的排列呈线性特征,通过线性拟合得滑动摩擦力与正压力关系图(如图6),所有数据点基本都在拟合线上,同样验证二者的正比关系.

计算表格	F_1	t_2	m	$F_m = 9.8 * m$	$k = F_1 / F_m$
1	0.40	4.30704	0.081	0.7938	0.5039
2	0.53	4.32271	0.1	0.9800	0.5408
3	0.62	4.32659	0.119	1.1662	0.5316
4	0.67	4.34274	0.138	1.3524	0.4954
5	0.80	4.33319	0.157	1.5386	0.5200
6	0.92	4.33348	0.176	1.7248	0.5334
7	1.03	4.32726	0.195	1.9110	0.5390

图5 计算数据结果图

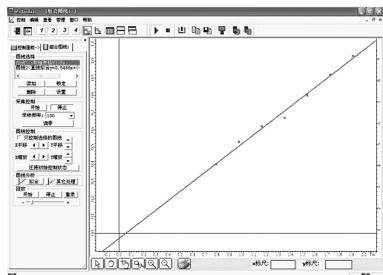


图6 滑动摩擦力与正压力的关系图

4.1.3 探究滑动摩擦力与接触面性质的关系

通过更换不同材质的传送带进行实验,获得数据如表1所示.

表1 滑动摩擦力与接触面性质的关系

材料	$F_{压} / N$	$F_{滑} / N$	$\frac{F_{滑}}{F_{压}}$
聚乙烯	0.793 8	0.40	0.503 9
聚氯乙烯	0.793 8	0.48	0.604 7
聚氨酯	0.793 8	0.54	0.680 3

从表1中可看出,相同条件下聚乙烯、聚氯乙烯、聚氨酯所对应的滑动摩擦力依次变大,即证明了滑动摩擦力大小与接触面性质有关.

4.2 拓展实验

4.2.1 探究滑动摩擦力与接触面积的关系

实验通过改变 $20\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 52\text{ mm}$ 的物块与传送带的接触面,进而使物块与传送带的接触面积有较大的变化.为避免因传送带不同位置的微小差别所带来的误差,连接物块与力传感器的细线长度应保持不变.获得数据如表2所示.

表2 滑动摩擦力与接触面积的关系

接触面	S / mm^2	$F_{滑} / N$
底面	1 560	0.50
侧面1	1 040	0.49
侧面2	600	0.51

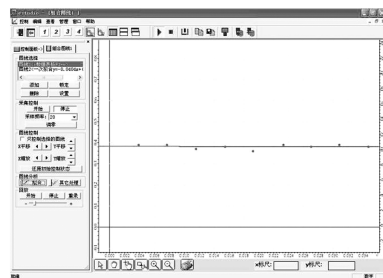
从表2中可以看出,在接触面积有较大变化时,滑动摩擦力大小基本保持不变,从而说明滑动摩擦力大小与接触表面面积大小无关.

4.2.2 探究滑动摩擦力与速度的关系

实验通过在步进电机运动控制器里改变脉冲频率 f 来改变物块的相对运动速度.所用到的挡光片宽度 $\Delta L = 1.7\text{ cm}$,获得的数据结果和图像如图7(a)、(b)所示.

计算表格	F_1	t_2	$v = 0.017 / t_2$
1	0.39	4.35242	0.0039
2	0.39	2.20650	0.0077
3	0.37	1.46790	0.0116
4	0.38	1.09908	0.0155
5	0.36	0.88474	0.0192
6	0.39	0.72903	0.0233
7	0.38	0.63009	0.0270
8	0.39	0.55123	0.0308
9	0.38	0.48954	0.0347

(a) 滑动摩擦力与速度的关系数据计算结果



(b) 滑动摩擦力与速度的关系图像

图7

从图7(a)、(b)可看出,滑动摩擦力大小基本保持不变,从而验证了在低速时,滑动摩擦力大小与相对运动速度无关^[8].

近视眼和远视眼的成因及矫正演示仪

张育霞

(新疆生产建设兵团第二中学 新疆 乌鲁木齐 830002)

(收稿日期:2015-09-01)

摘要:分析了近年来教师在晶状体薄厚变化的模拟方面存在的问题,介绍了近视眼和远视眼的成因及矫正演示仪的制作方法、使用方法及其优点.在改进模拟实验、制作教具过程中,发现水透镜只有是球体时,才能在光屏上呈清晰的像.

关键词:自制支架 球形水透镜 原理明了 现象明显

1 制作背景

近视眼和远视眼的矫正与学生的生活息息相关,应用的物理知识比较多,而要解决这些问题,学生必须了解眼睛的成像原理和调节作用,以及近视

眼和远视眼的形成原因.因为晶状体的薄厚变化难以观察,所以学生对这两个知识点的理解有较大难度.要突破这两个难点,通过模拟实验得到结论无疑是一个非常有效的途径.要想实验成功,模拟晶状体薄厚变化是成功的关键.

近年来,许多教师在晶状体薄厚变化的模拟方

5 教具特点

本教具特点如下:

(1) 简易性.材料易得,制作方法简单,可拆卸方便携带,并且操作容易,方便教师在有限的上课时间达到更高的课堂教学效率;

(2) 拓展性.本教具除了可演示和探究高中课本上关于摩擦力的基本实验外,还可探究滑动摩擦力与接触面积和相对运动速度的关系;

(3) 稳定性.本教具利用步进电机匀速性好的特点,所得的实验数据误差较小,与理论很好地相吻合.

6 结语

本文利用自制摩擦力实验教具与 DISLab 结合将示数较小的摩擦力进行放大显示并实时地记录下其变化瞬间,使学生对静摩擦的规律和最大静摩擦力与滑动摩擦力的关系获得直观形象的动态体验,突破了传统课堂演示实验中的难点;并且利用

DISLab 所提供的传感器和软件包快速地对数据进行处理,让学生经历探究影响滑动摩擦力因素实验过程的同时,高效、准确地认识到滑动摩擦力的特点.

参考文献

- 1 陶锡泉,孙兵.用朗威 DISLab 研究摩擦力.物理教学,2008(7):62~63
- 2 沈军.浅谈使用 DISLab 进行新教材摩擦力的实验.物理教师,2007,28(1):32
- 3 王劲存,仲扣庄.用 DIS 探究影响滑动摩擦力的因素.物理实验,2010,30(5):24~26
- 4 居津.滑动摩擦力与相对速度真的无关吗.物理教学,2011,33(2):52~53
- 5 洪钟.滑动摩擦力演示仪的制作.物理教师,2004,25(7):30~31
- 6 王新国.传送带跑偏自动调正系统的分析与设计.中国皮革,1996,25(1):36~39
- 7 石东峰.步进电机的原理及选型.科技与企业,2011(10):44
- 8 李启成.滑动摩擦力与相对运动速度的关系讨论.应用能源技术,2004(6):9