

探究力的合成与物体速度变化关联问题的创新实验设计

王长才

(静宁县第一中学 甘肃 平凉 743400)

(收稿日期:2020-08-17)

摘要:在高中阶段,有单独研究力的合成与分解的实验,也有单独研究加速度与速度变化关系的实验,但缺少将二者关联起来,加深学生对物体受力与速度变化关系感知和理解的实验.为了解决这一问题,笔者和学生分别设计出了一种实验方案,并按照学生设计的方案制作出了实验设备,进行了实验,通过实验数据处理,我们发现,这种创新实验设计,在探究力的合成与物体速度变化关联问题时,具有极高的可靠性,能够作为研究性学习实验纳入高一物理教学内容,并能为提升学生物理学科素养提供一种有效途径.

关键词:创新实验设计 实验器材制作 关联物理问题 力的合成 速度变化

为了加深高一学生对物体受力与速度变化关系的理解,在开展研究性学习时,笔者和研究性学习小组的学生们约定,分别探究出一种实验方案,将力的合成与物体速度变化关联起来^[1~3].

1 实验器材的设计

1.1 设计目标

能通过改变角度来改变某一个或几个力,进而改变合力;合力变化时物体获得的速度也要相应地变化;要能测出角度的改变及物体速度变化;要通过实验数据,分析出合乎逻辑的力的合成与物体速度变化之间的关系.

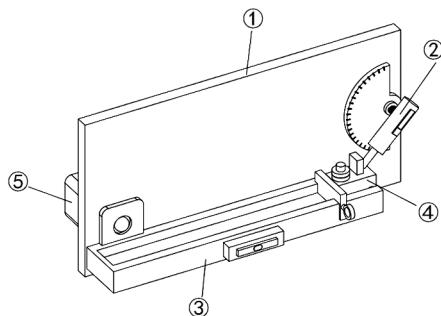
1.2 设计成果

1.2.1 教师设计的实验设备

如图1所示,该设备主要由展示板、弹簧推力组件、滑板、推车及测速仪等5部分组成^①.在实验过程中,先调节设备,平衡摩擦力;再调节推力组件,使其能给推车提供一定角度的推力;然后拔掉推车前的挡板,使推车向前运动;最后通过测速仪测量出推车获得的速度.

在实验过程中,可以调节推力组件,提供不同角度的推力,以结合矢量合成,分析推车获得相应的合外力;可以增减推车上的配重块,改变推车质量,以分析同样大小的合外力使不同质量推车获得的速

度;还可以让装置水平,改变滑板③上表面的粗糙度,分析有摩擦力及摩擦力改变情境下的关联问题.



①展示板;②弹簧推力组件;③滑板;④推车;⑤测速仪

图1 教师设计的实验设备

1.2.2 学生设计的实验设备

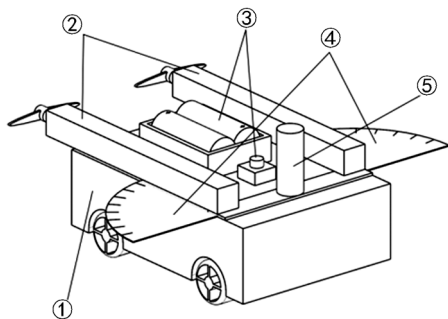
如图2所示,该设备主要由小车型件、推力组件、电路组件、量角器、配重柱及导轨(图中未画出)等6部分组成.在实验过程中,先调节导轨,平衡摩擦力;再对称地调节推力组件上风扇支撑杆之间的夹角,打开电源,使其能够给小车持续提供沿小车前后中轴线方向上一定大小的合力;然后释放小车,通过小车上自带的传感器来获取小车的实时速度.

在实验过程中,可以通过改变风扇支撑杆之间的夹角,来提供不同大小的推力;可以在小车上加装不同的配重柱,改变小车的质量,以分析同样的外力使不同质量小车获得的速度;还可以分析有摩擦力

作者简介:王长才(1984-),男,中教高级,研究方向为物理实验教学.

①该设备名称为“一种探究矢量合成与滑块获得速度关联问题的教学仪”,已申请专利,专利号为:ZL202020167632.8

的环境下小车受力与速度变化的关联问题。



① 小车组件;② 推力组件;③ 电路组件;④ 量角器;⑤ 配重柱

图2 学生设计的实验设备

两种实验设计在理论上均能实现探究力的合成与物体速度变化关联问题,但学生设计的方案可操作性更高,讨论后我们一致决定,按照学生的方案进行实验。

2 器材制作

选择实验室原有的自带导轨、速度传感器和配重块的苏威尔 TP2033 型号小车;网购动力强劲的现密斯 614716 型号电机马达 2 只(制作风扇)、电池盒 1 个、支架若干;自制风扇支撑杆 2 支,裁剪量角器 2 幅。按照图 2 所示的布局完成对小车的改装。在制作的过程中,需注意加载物重心要在小车前后中轴线的正上方,推力组件中风扇支撑杆及风扇一定要左右对称。

3 实验过程中突发问题及应对措施

按照拟定步骤进行实验的过程中,我们发现,小车自带的速度传感器与匹配的测速设备不能稳定连接,小车速度无法准确测量。我们尝试通过置换同型号其他小车,给收集信号的 iPad 更新应用程序等手段,均未能测得速度。

通过讨论及查询资料,我们最终决定,修改实验方案并调整器材。即将小车换成无速度传感器配置

的小车,在其上粘贴区分度高的色块,拍摄使用视频,用 Tracker 软件来分析运动数据,并通过自定义公式、拟合图像的方式求出不同角度下小车获得的加速度 a ,直观感受自制设备探究力的合成与小车获得速度的关联情况。

4 数据处理结果及效果分析

4.1 数据处理

以保持小车质量不变为例,改变两风扇支撑杆间的夹角,分别录制夹角为 $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ 时小车的运动视频,导入 Tracker 软件,按照软件流程采集数据,编辑公式 $v = v_0 + at$,进行图像拟合,可得到一条倾斜的直线,图 3 是夹角为 60° 时软件所描绘的小车速度随时间变化的散点图及拟合的 $v-t$ 图像。通过软件我们可以直接得到这种情况下小车的加速度 $a = 2.323E-1 \text{ m/s}^2$ 。

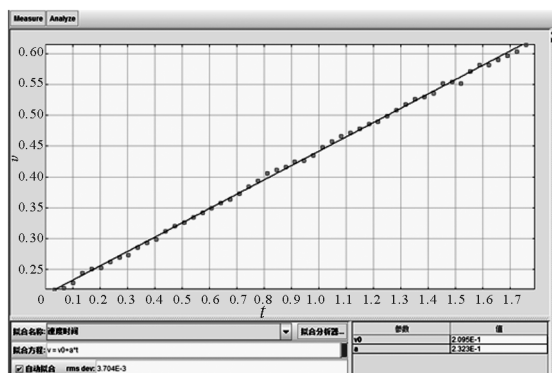
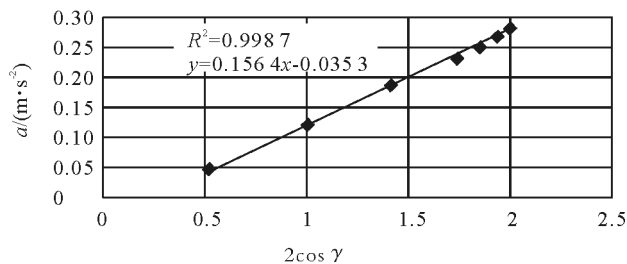


图3 Tracker 软件生成的散点图及拟合图像

分别得到所有角度下小车加速度 a 的数值,结合支撑杆间夹角 α ,支撑杆与小车前后中轴线夹角 β 及其弧度值 γ ,双倍余弦值 $2\cos \gamma$,汇总填入 Excel 表格,制成表 1,通过 Excel 绘制加速度 a 与 $2\cos \gamma$ (说明: γ 为将角度 β 转化为弧度值) 的散点图,并利用趋势线拟合出加速度 a 与 $2\cos \gamma$ 之间的线性关系,可得到图 4 所示的图像。

表 1 探究力的合成与物体速度变化关联问题实验数据

第 n 次	1	2	3	4	5	6	7
角度 $\alpha / (^\circ)$	0	30	45	60	90	120	150
加速度 $a / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	0.283 5	0.266 4	0.251 7	0.232 3	0.184 4	0.120 5	0.047 52
$\beta = 0.5\alpha / (^\circ)$	0	15	22.5	30	45	60	75
弧度 $\gamma = \frac{\pi\beta}{180} / \text{rad}$	0	0.261 799	0.392 699	0.523 599	0.785 398	1.047 198	1.308 997
$2\cos \gamma$	2	1.931 852	1.847 759	1.732 051	1.414 214	1	0.517 638

图4 加速度 $a - 2\cos \gamma$ 图像

通过图4可以看到,Excel拟合出的加速度 a 与 $2\cos \gamma$ 之间的关系式为

$$y = 0.156x - 0.035$$

即

$$a = 0.156 \times 2\cos \gamma - 0.035$$

进而可以得出加速度 a 与角度 α (单位:度) 之间的关系为

$$a = 0.312\cos(0.0087\alpha) - 0.035$$

其中0.156可理解为单只风扇沿小车前后中轴线方向上推动小车时的加速度,0.035可理解为未完全平衡的阻力产生的加速度。

4.2 效果分析

4.2.1 自制器材实验效果分析

由图4中Excel线性拟合得出的决定系数 $R^2 = 0.998$ 可以看出,趋势线的估计值与对应的实际数据之间的拟合程度很高,趋势线的可靠性高^[4]。这说明本实验设备在研究力的合成与物体速度变化关联问题时,实验数据能够近乎完美地与理论公式

$$ma = 2F\cos \beta - f$$

相契合,可靠性极高,能够作为研究性学习实验纳入高一物理教学内容^[5]。

4.2.2 学生学科核心素养培养状况分析

在探究的过程中,学生也是收获满满,他们在科学思维、实验探究、科学态度与责任等物理学科核心素养方面都有不同程度的提升。比如在第一次拍摄视频时,为了拍摄效果,他们将导轨移动到不同的位置,拍摄了风扇支撑杆夹角不同时小车的运动视频,结果分析出来的小车加速度没有随夹角的增大而减小,而是忽大忽小,他们通过还原实验场景,很快就发现,误差来源是移动导轨后没有重新平衡摩擦力,再次实验时他们选择在同一个地方完成了实验。比

如在分析误差时,有的学生问“老师,怎么使一个用电器的电压保持稳定?就是在咱们这个实验中,用电器在工作的时候可能会有电压损耗,使用电器电压不稳定,对实验的结果可能会有影响。怎么避免呢?”我给她的回答是“电路上的电压损耗,是由电路上除用电器外其他各部分的电阻引起的,只要保证电路的温度不变,电阻即不变,电压损耗也不变,用来让风扇转动的电压也就不变。所以每一次实验都要在较短时间内完成,每完成一次实验就要马上关闭电源,让电路的温度来不及升高,即可减小这种原因带来的实验误差。”该学生还在高一期间,没有学习高中的电学知识,问的问题表述也欠妥,但已经能考虑到电路可能带来的误差,说明她真的提升了自主学习的积极性。

5 结束语

高中实验设备都是相对孤立的,在研究综合性问题时往往力有不逮。但只要我们和学生一起开动脑筋,发散思维,像本探究力的合成与物体速度变化关联问题的创新实验设计一样,利用好网络及学科软件资源,合理开发教材及学校实验资源,就能找到解决问题的方案。不仅如此,还能通过研究性学习等活动,真正使学生经历发现问题、提出假设、制定计划、采取行动、进行检验、得出结论等探究过程,在探究过程中注重物理规律和方法的应用,通过严格的训练,提升学生的物理学科素养,使学生终身受益。

参考文献

- 1 周耀才. 高中物理课程价值取向的探索与思考[M]. 北京:知识产权出版社,2015.142~145
- 2 教育部基础教育课程教材发展中心. 高中物理教师专业能力必修[M]. 重庆:西南师范大学出版社,2012.48~61
- 3 张茂昌. 走出高中物理教学难的误区[M]. 北京:清华大学出版社,2016.156~191
- 4 陈明伟. Tracker视频分析软件在“研究抛体运动规律”实验中的应用[J]. 物理通报,2017(05):102~104
- 5 于润鹏.“用单摆测量重力加速度大小”实验的创新设计[J]. 实验教学与仪器,2019,36(12):70~72