

对“探究功与速度变化的关系”实验的分析与改进

罗绪凯

(重庆市涪陵实验中学 重庆 408000)

(收稿日期:2020-02-02)

摘要:“探究功与速度变化的关系”是高中物理中重要的力学探究性实验,传统的实验装置存在较大的系统误差,导致无法获得比较精确的实验数据;此外,通过分析本实验的许多改进方案,发现仍然存在仪器成本高、操作流程复杂等方面的缺陷.因此本文采用光电门、带有刻度的斜槽装置对该实验方案进行改进,改进后的实验装置具有操作简便、相对误差小等优点,为学生对动能定理的理解奠定良好基础.

关键词:功与速度变化 实验分析与改进 光电门 斜槽装置

“实验:探究功与速度变化的关系”是人教版高中《物理·必修2》第七章第6节的内容,是高中物理中重要的力学探究性实验.本实验旨在学生通过实验探究了解力做功与物体速度变化的关系,从定性的角度为下一节核心内容“动能定理”的学习奠定基础.而在实验探究过程中,一套适合的实验方案是获得精确实验结论的关键,本文首先分析教材上提供的实验方案存在的缺陷,然后对已经改进的实验方案进行综述,分析出方案中存在的问题和缺陷,最后本文采用光电门、带有刻度的斜槽装置对该实验进行改进.

1 教材上的实验方案存在的缺陷

2004年人教版物理教科书通过了全国中小学教材审定委员会初审,之后5年中,教材在该章节呈现的实验装置如图1所示.但师生采用这套实验装置进行实验的过程中发现其存在如下缺陷.

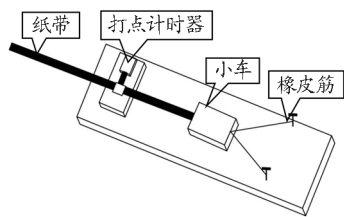


图1 橡皮筋提供牵引力

(1) 平衡摩擦力问题. 通过调节木板的倾斜程度来平衡小车与木板间的摩擦力,利用纸带上打出点的分布来判断小车是否做匀速运动,但是此过程耗费过多时间和精力;另外纸带与打点计时器限位孔的摩擦会产生额外阻力.

(2) 不能保证橡皮筋的形状、长度和弹性完全相同,并且小车在木板上的运动轨迹很难保证是一条直线,以上原因导致橡皮筋对小车所做的功与橡皮筋的条数成正比关系不再成立,引入较大的实验误差.

(3) 当增加多条橡皮筋时,小车受到的拉力较大,获得的速度较大,因而纸带上打出的点数太少,数据处理时难以选择合适的点来计算橡皮筋做功过程中对应的小车末速度.实际上实验过程中由于橡皮筋的拖拽作用,无法保证小车在木板上的运动轨迹是一条直线,从而严格来讲无法测出小车的末速度.

2010年人教版物理教科书对本章节内容进行了修订,在原有实验方案的基础上,新增了一种实验方案,其实验装置如图2所示.但师生利用该实验装置进行实验的过程中发现仍然存在部分问题和缺陷.

下面就新的实验方案存在的部分问题和缺陷做一梳理.从中找出更适合中学教学的改进的方法.

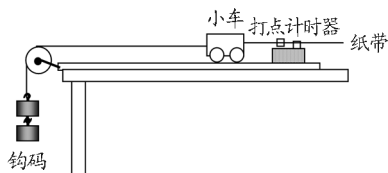


图2 重物提供牵引力

(1) 由于纸带与限位孔之间存在摩擦,因此倾斜木板不能完全平衡阻力.

(2) 该实验小车受到的拉力近似等于钩码的重力,但是成立的前提条件为小车质量要远大于钩码质量,但是实际实验的过程中小车的质量并没有远大于钩码质量,因此实验的系统误差较大.

(3) 该实验难以测量小车的末速度,如果所挂钩码过少时,纸带上打出点分布比较密集导致测量点与点之间的距离时误差很大;如果所挂钩码过多时,纸带上打出的点分布比较稀疏,无法满足实验数据的选取要求,因此所挂钩码的数量必须适量,这需要重复多次实验才能筛选出一组合适的数据,使实验操作比较繁琐.

近几年,不少教学研究者分别在《物理教师》《物理教学探讨》《实验教学与仪器》《物理通报》等杂志对该实验进行改进^[1~5],改进的实验方案可以概括为重物牵引法、橡皮筋牵引法、自由落体法、DIS 传感器系统.大部分改进的实验方案使用气垫导轨来减小摩擦力;通过借助 DIS 传感器系统获取更加精确的实验结果.但对于很多中学的物理实验室很难大规模装配气垫导轨和 DIS 传感器系统等实验装置,显然不利于大面积推广,因此对该实验的改进需要另辟蹊径.

2 实验改进方案介绍

2.1 实验器材

带有刻度且表面尽可能光滑的斜槽装置,钢球,光电门,计算机.

2.2 实验器材组装

斜槽装置的材料为透明亚克力板材,其特点是容易切割,不易变形,实验可以选取 5 mm 厚度板材,按照图 3 尺寸进行切割,其中一块 ① 亚克力板上刻一条尽量光滑的小弧形槽,以保证小球下滑的

运动轨迹是直线,接着按照图 4 装置用专用胶水进行粘连组装,图 5 为实物图.

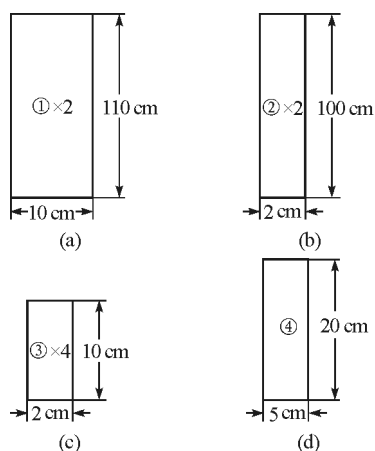


图3 亚克力板材切割尺寸图

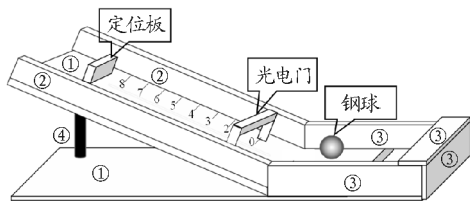


图4 实验装置示意图



图5 实验装置实物图

2.3 实验改进思路

将斜槽的表面打磨得尽可能光滑,并从斜槽靠近底端处做等间距(10 cm)标记,在 0 刻度处安装光电门,如图 4 所示.钢球沿斜面下滑过程中受到竖直向下的重力为 G ,垂直斜面向上的支持力 F_n ,沿斜面向上的摩擦力 f ,则下滑过程中钢球的加速度 $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$,因此钢球在斜面上做匀加速直线运动,钢球下滑过程中所受合力是恒定的.当钢球分别从距离 0 刻度处 $1l, 2l, 3l, \dots$ 的标记点由静止释放,则相应合力所做的功也就为 $1W, 2W, 3W, \dots$,而通过光电门可以获得对应的速度,依此类推可以找到钢球合力做的功与钢球速度的关系.

2.4 实验过程

(1) 将实验装置放置在水平桌面上,接通电源并将光电门计时器读数清零,如图5所示。

(2) 将钢球从不同标记点由静止沿斜面上的小圆弧槽路径下滑,重复实验,通过光电门依次测出遮光时间并记录在数据表中。

(3) 利用计算机数表软件 Origin 进行数据处理,作出钢球合力做的功 W 与钢球速度 v 的关系图像($W-v$ 图)或钢球合力做的功 W 与钢球速度 v^2 的关系图像($W-v^2$ 图)。

2.5 实验数据及处理

通过实验,测得数据如表1所示.使用螺旋测微器测得钢球的直径为 16.000 mm.利用计算机数表软件 Origin 作出钢球合力做的功 W 与钢球速度 v 的关系图像,如图6所示,结果表明 W 与 v 呈非线性关系.作出钢球合力做的功 W 与钢球速度 v^2 的关系图像,如图7所示,图像表明 $W-v^2$ 图是一条过原点的倾斜直线,即在误差允许的范围, W 与 v^2 呈线性关系。

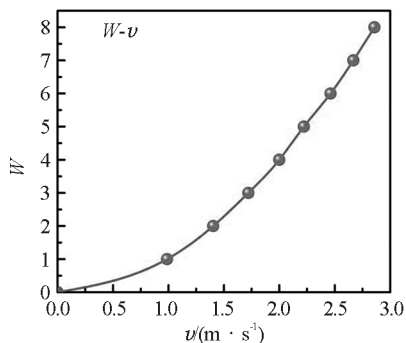


图6 功与速度的关系图像

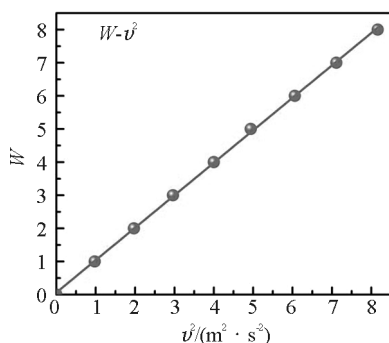


图7 功与速度平方的关系图像

表1 实验数据表

钢球运动距离/cm	钢球直径/mm	挡光的时间/ms	速度/(m·s ⁻¹)	速度平方/(m·s ⁻¹) ²	W(W的倍数)
0	16.000		0	0	0
10	16.000	16.2	0.987 7	0.975 6	1
20	16.000	11.4	1.403 5	1.969 8	2
30	16.000	9.3	1.720 4	2.959 8	3
40	16.000	8.0	2.000 0	4.000 0	4
50	16.000	7.2	2.222 2	4.938 2	5
60	16.000	6.5	2.461 5	6.059 0	6
70	16.000	6.0	2.666 7	7.111 3	7
80	16.000	5.6	2.857 1	8.163 0	8

2.6 实验结论

在探究功与物体速度变化关系的实验中,当物体由静止开始运动,其速度的平方与合力对物体所做的功成正比关系。

2.7 改进后实验误差分析

由钢球合力做的功 W 与钢球速度 v^2 的关系图像可知,各个数据点基本都在同一条直线上,只有个别数据点在直线的一侧,在误差允许的范围,很好

地呈现出线性关系.但本实验也存在不足之处:本实验中光电门计时器的精度为 0.1 ms,当释放点距离 0 刻度处较远时,钢球通过光电门时的速度较大,此时测量的遮光时间精度不够高,可以使用精确度为 0.01 ms 的光电门计时器。

2.8 改进实验的优点

(1) 该实验方案的实验仪器成本比较低,操作

(下转第 109 页)

New Ways of Innovation and Entrepreneurship

Innovative Design and Improvement of Physical Experiment Instrument

Xiong Zeben

(College of Mathematics and Physics, Jingchu University of Science and Technology, Jingmen, Hubei 448000)

Abstract: This paper summarizes the development process and current situation of China's innovation and entrepreneurship education, and puts forward the implementation means and empirical methods of the integration of innovation and entrepreneurship education and physics professional education. It is feasible and ideal to carry out the innovative design and improvement of physical experimental instruments based on the characteristics of the specialty and relying on the physical laboratory. It is feasible and ideal to find innovative projects, improve innovation ability and form innovation and entrepreneurship a great way to get results.

Key words: innovation and entrepreneurship; experimental instruments; design; improvement

(上接第 103 页)

比较简单,方便师生开展实验.

(2) 该实验方案没有直接计算恒力做功的大小,利用功的成倍增加来寻找钢球合力做功与速度变化的关系.

(3) 实验利用光电门代替打点计时器来测量钢球的速度,数据处理方便且准确,避免了使用打点计时器而引入的系统误差.

(4) 该实验最大的优点为不需要平衡摩擦力,大大节省了实验时间.

(5) 该实验利用数表软件 Origin 进行数据处理并绘制 $W-v$ 图或 $W-v^2$ 图,直观、简单、快速.

3 结束语

本实验通过对原有实验方案的改进,避免了计算功的大小、平衡摩擦力等实验环节,通过采用光电门

来比较精确地获得钢球的速度,利用功的成倍增加来寻找钢球合力做功与速度变化的关系,大幅度地提高了测量精度,另外本实验装置操作简单,成本较低,普遍适用.

参考文献

- 1 梅宇航.“探究功与速度变化的关系”实验的再改进[J].物理通报,2019(09):69~71
- 2 刘诗雨,余雪妹.“探究功与速度变化的关系”实验的改进[J].物理教学探讨,2019,37(02):49~51,55
- 3 何志斌.对“探究功与物体速度变化的关系”实验的改进[J].实验教学与仪器,2018(S1):36~37
- 4 王立勇.“探究功与速度变化的关系”实验的改进与创新[J].实验教学与仪器,2017,34(02):21~22
- 5 徐卫华.高中物理教学中提升实验素养的实践与反思——以“探究功与速度变化的关系”教学为例[J].物理教师,2016,37(09):22~25