

用自制磁吸式光电计数单摆实验仪测重力加速度

李雨函

(潍坊第一中学 山东 潍坊 261205)

曹连振

(潍坊学院物理与光电工程学院 山东 潍坊 261061)

(收稿日期:2018-01-24)

摘要:单摆测定重力加速度的传统测量方法一般采用秒表手动计时、人工计数,易产生计时和计数误差,同时手动释放小球容易形成圆锥摆,小于 5° 的近似条件不容易控制,对测量结果造成较大影响.因此我们设计了磁吸式光电计数单摆实验仪,可在测量重力加速度实验时实现自动输入记录数据、自动释放摆球、自动计数、自动计时,提高了测量精度,使传统单摆测量重力加速度的方法得到了较大的改进.

关键词:单摆 电磁铁 光电开关

1 引言

用单摆测定重力加速度是高中物理重要实验内容,也是高考试卷常见的考试内容,旨在使学生使用秒表和米尺等工具,加深对单摆周期公式的理解,特别是学会利用单摆测定当地的重力加速度.但是采用的测量方法一般采用秒表手动计时、人工计数,易产生计时和计数误差,同时手动释放小球容易形成圆锥摆,小于 5° 的近似条件不容易控制,对测量结果造成较大影响.

2 实验原理

设小球的质量为 m ,摆长为 l ,根据牛顿第二定律,小球的运动方程为 $ma = -mg \sin \theta$,当 θ 很小时,认为小球做简谐振动,小球往返摆动一次所需的时间(即周期)为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

可知单摆的周期只与摆长和重力加速度有关^[1].如果测出单摆的周期和摆长,就可以计算出重力加速度

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$

这是实验测定重力加速度的一种简便方法.实际测量时,若只测量一个周期,相对误差较大,我们可以测量连续摆动 $n \geq 50$ 个周期的时间 t ,则有

$$g = 4\pi^2 \frac{n^2 l}{t^2}$$

3 磁吸式光电计数单摆实验仪的设计和改进行

单摆测定重力加速度的传统测量方法一般采用秒表手动计时、人工计数,由于人的反应速度有限,易产生计时和计数误差.而且手动释放小球容易形成圆锥摆,小于 5° 的近似条件不容易控制,对测量结果造成较大影响^[2,3].另外,它是运用简谐振动原理的一种近似的测量方法,测量精度受小球摆动次数(n)、单摆摆长(l)、小球摆角(θ)和是否形成圆锥摆等多种因素的影响^[4].我们设计并制作了基于磁吸式光电计数单摆重力加速度智能测量装置,可以实现键盘输入数据、自动释放摆球、自动计数、自动计时.整体设计方案如图1所示.

作者简介:李雨函(2001-),在读高中生.

指导教师:曹连振(1980-),男,博士,副教授,主要研究方向为光电子材料与器件及量子信息.

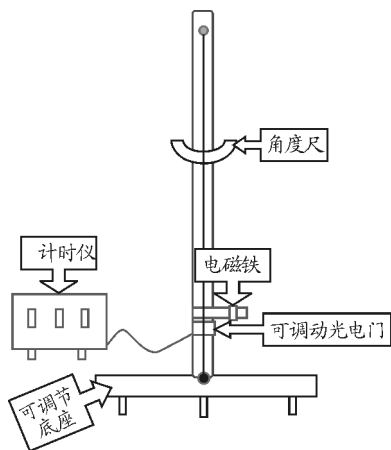


图1 仪器改进设计方案

光电计数器整体电路部分主要有控制模块、键盘部分、摆球自动释放装置、计数模块、计时模块、显示模块、电源模块等几部分组成,基本控制系统如图2所示。

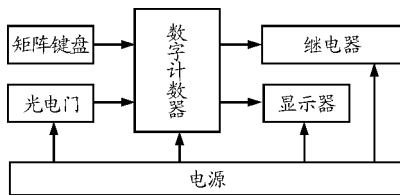


图2 光电计数器控制系统图

开始实验时,首先通过键盘输入要测量的周期次数为50次,并将对射式光电门安装到单摆仪器的下方.当电磁铁释放小球,小球扫过激光束时,光电计数器开始自动计时和计数,达到设定的周期次数50次以后,计数器会自动记录并显示50周期所用的时间 t ,则可计算周期 $T = \frac{t}{50}$.

电磁铁装置可在不同高度不同角度进行位置调节,电磁铁位置调节固定后可将小球吸附在初始位置,确保了小球初始位置的相同.自动或手动控制电

磁铁的开关,使小球自然下落,避免了手拉小球所带来的下落不稳定性问题.改进后的测量仪器如图3所示。

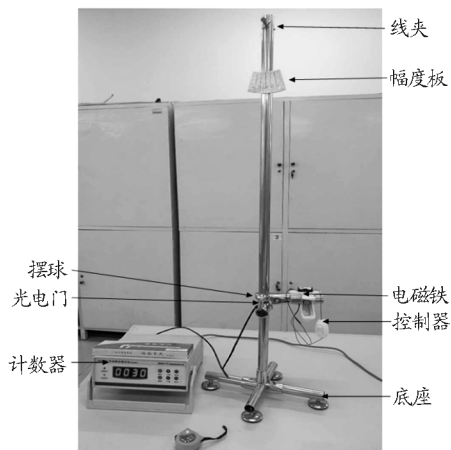


图3 改进后的磁吸式光电计数单摆实验仪

4 用自制磁吸式光电计数单摆实验仪测量重力加速度

测量时首先测量出小球直径 D ,然后调节好摆长90 cm左右,选好释放摆球的角度,固定好电磁铁,接通电磁铁电源将摆球吸附在电磁铁上.接下来将光电接收器放到一个适当位置,后调节激光器位置,使其和光电接收器在一个水平线上.此时可打开电源,将激光束调整到最佳位置,即激光打到光电接收器的小孔上,计数计时仪右上角的低电平指示灯状态为暗.最后断开电磁铁开关,释放摆球,记录数据.为了减小实验误差,重复测量5次.

5 实验结果与分析

实验测得的小球直径、周期及摆线长度等数据如表1所示。

表1 测量数据

记录次数	小球直径 D/cm	$\delta_D = \bar{D} - D_i$	50 周期时间 /s	$\delta_T = \bar{T} - T_i$	摆线长度 l/cm	$\delta_l = \bar{l} - l_i$
1	1.66	0.004	96.10	0	89.73	0.012
2	1.66	0.004	96.10	0	89.74	0.002
3	1.67	-0.006	96.12	0.001	89.74	0.002
4	1.66	0.004	96.13	0.001	89.75	-0.008
5	1.67	-0.006	96.13	0.001	89.75	-0.008
平均值	1.664		1.922		89.742	

根据测量的数据,可算出摆长为

$$L = \bar{l} + \frac{\bar{D}}{2} = 0.9057 \text{ m}$$

小球直径的算术平均值的标准误差为

$$\delta_D = \sqrt{\frac{\sum (\overline{DD})^2}{n(n-1)}} = 0.0024$$

摆线长的算术平均值的标准误差为

$$\delta_l = \sqrt{\frac{\sum (\bar{l} - l)^2}{n \times (n-1)}} = 0.0037$$

摆长的标准误差

$$\delta_L = \delta_D + \delta_l = 0.0024 + 0.0037 = 0.0061$$

周期的算术平均值的标准误差

$$\delta_T = \sqrt{\frac{\sum (\bar{T} - T)^2}{n(n-1)}} = 0.0004$$

根据单摆周期公式,可知重力加速度测量值

$$g' = 4\pi^2 \frac{\bar{L}}{T^2} = 9.591 \text{ m/s}^2$$

其中重力加速度的标准误差

$$E_g = \sqrt{\left(\frac{\delta_L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\delta_T}{T}\right)^2} = 0.0067$$

重力加速度的相对误差

$$\delta_g = g \times E_g = 0.064$$

最后得到重力加速度的测量结果

$$g = g' \pm \delta_g = (9.59 \pm 0.06) \text{ m/s}^2$$

6 结论

根据实验结果可知相对传统的人工计时、计数的单摆法测量重力加速度实验,我们改进后的实验仪器提高了实验效率与实验精度,电磁铁装置可在不同高度不同角度进行位置调节,电磁铁位置调节固定后可将小球吸附在初始位置,确保了小球初始位置的相同.手动电磁铁的开关,使小球自然下落,避免了手拉小球所带来的下落不稳定性问题.采用光电计数装置,实现自动计数、自动计时,提高了测量精度,减少了人为不必要因素对实验的影响,降低了误差,同时加深对单摆周期公式的理解,是一种较为有价值的实验改进.

参考文献

- 1 沈元华,陆申龙.基础物理实验.北京:高等教育出版社,2003
- 2 吴锋,张昱.大学物理实验教程.北京:科学出版社,2008
- 3 李相银.大学物理实验(第2版).北京:高等教育出版社,2009
- 4 陈小兵,杜微.大学物理实验.镇江:江苏大学出版社,2013

(上接第119页)

检测器通过相位判定,为正常行驶,而当车辆从B线圈到A线圈时,则判定为逆行,触发抓逆行拍照.

现在很多停车场也采取类似原理进行停车管理,车辆在进出停车场时会被识别车牌号码,记录下时间间隔,自动计算停车费,用户离场时可用电子支付方式付停车费,便可不停车通畅出场.

6 电动汽车电磁感应式无线充电技术

伴随着纯电动汽车的发展,与之相关的无线充电技术也越发受到关注,其中电磁感应式高效充电的无线充电技术是比较成熟的.将充电电缆和发射线圈埋设在停车位组成供电机构,当车辆驶入停车位,安装在车辆底部的接收线圈与发射线圈重合,车辆与充电服务器建立通讯开始充电,发射线圈产生

交变磁场,接收线圈产生电流通过逆变器将电能传递到电池.电磁感应式无线充电的能量转换率高达92%,传输功率范围较大,能从几瓦到几千瓦.但也有限制,使用时要求两个设备的距离必须很近,供电距离控制在0 mm ~ 10 cm左右,而且充电只能对准线圈一对一进行.充电原理图如图6所示.

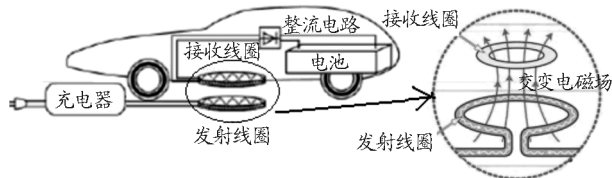


图6 无线充电原理示意图

科技改变生活,电磁感应现象必将在更广阔的范围内得到应用.同时,经过不断改进、创新,可以预见汽车的电子化、智能化还将出现许多新系统、新成果,使驾乘汽车变得更加安全、环保、节能、舒适和愉悦.