

落球法测定重力加速度的新方法

龚云梅 严霞 李艳茹 蔡武德

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南昆明 650500)

(收稿日期:2016-04-22)

摘要:在用落球法测定重力加速度的实验中,提出借助数码相机拍视频替代计时器来测定重力加速度的方法.结果显示,由该方法测得的 g 值与参考值之间的相对误差小于 2%,说明借助照相机拍视频方法测定重力加速度的方法是可行的.该方法所需实验器材简单易得,步骤简单,操作性强,是一个可以在教学过程中实施测定重力加速度的新方法.

关键词:重力加速度 落球法 测定 新方法

1 引言

重力加速度测定是个传统的实验,利用自由落体测量重力加速度的常用方法有落球法、火花计时法.这两种方法都存在一些缺点,如用落球法,由于电磁铁剩磁的影响,会使小球下落与光电门计时不同步.并且光电门的光源不是理想的线光源,发散角大,光接收部分又易受干扰.还有小球下落过程中,难以保证挡光部位都相同,因而实验中距离和时间就不易测准.至于火花计时法测量,也存在着定位不准和不够安全的问题^[1].

国外对于视频分析软件的应用早有研究,已经开发的视频分析软件有 10 种之多,如 Tracker^[2], Coach 等.笔者借助数码相机拍视频的方法,准确度高,稳定可靠,调整方便,现象明显,抗干扰能力强,适合于测量物体运动的时间.本文中提出的实验所需器材简单易得,操作性高,并且测定出的重力加速度人为误差较小,实践表明取得的效果较好.

2 实验原理

自由落体运动是初速度为零、加速度为 g 的匀加速直线运动^[3],根据自由落体运动公式

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

由式(1)推导出

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad (2)$$

从式(2)中可以看出,只需要测出物体下落时间 t 和在 t 时间内下落的高度 h ,就可以求出重力加速度 g .

3 实验器材

铁架台,1把刻度尺,12根细棉线,通过球心开有小孔的金属小球5个,可拍摄数码相机一部(高速摄影模式功能达到 1 000 帧/s 的类型,录制的视频比较清晰,时间精确),计算机 1 台等.

4 实验步骤

(1)将细线的一端穿过金属小球的小孔,打一个比小孔大一些的结,然后把线的另一端系在铁架台上,把铁架台放在实验桌子上,实验装置图如图 1 所示.

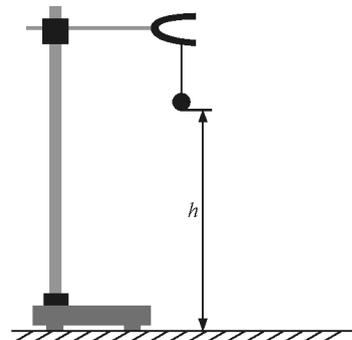


图 1 实验装置

(2) 找到一个阳光充足或者灯光充足的环境(方便拍视频),调整线的长度,当小球处于静止状态,用刻度尺确定金属球到桌面的距离为: $h = 0.5$ m.

(3) 在细线烧断之前做好拍摄视频的准备,将数码相机调成高速摄像模式,固定对准金属小球的落地点范围.当准备开始烧断细线时,进行拍视频,小球落到桌面上时方可结束视频拍摄.

(4) 拍摄小球由静止自由下落直到落到地面作为一次的完整视频,笔者使用的视频分析软件是QQ影音播放器,它可以方便地实现视频的播放以及视频画面的截取功能.通过视频截图(小球由静止刚下落到面的这段视频)计算出完成一次自由落体的时间,即时间间隔,即为小球下落高度 h 所经历的时间.

(5) 重复以上实验做6次.

(6) 改变 $h = 1$ m,重复以上实验重新拍摄6次视频.

5 实验结果和数据处理

小球从高度分别为: $h = 0.5$ m 和 $h = 1$ m 自由下落6次视频截图算出的时间,如表1所示.

表1 物体从不同高度自由下落的时间

h/m	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	t_6/s
0.5	0.321	0.316	0.322	0.321	0.325	0.318
1.0	0.454	0.457	0.454	0.451	0.449	0.452

通过计算可得:当 $h = 0.5$ m 时,该实验测得时

间 t 的平均值为

$$\bar{t}' = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t_i = 0.321 \text{ s} \quad (3)$$

把式(3)的值代入式(2)有

$$g' = 9.735 \text{ m/s}^2$$

当 $h = 1$ m 时,该实验测得时间 t'' 的平均值为

$$\bar{t}'' = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t_i = 0.453 \text{ s} \quad (4)$$

将式(4)的值代入式(2)有

$$g'' = 9.746 \text{ m/s}^2$$

进而求出重力加速度的平均值,求出的平均值即为测出的重力加速度的值.

$$\bar{g} = 9.741 \text{ m/s}^2$$

当地重力加速度参考值为 $g = g_{\text{昆明}} = 9.784 \text{ m/s}^2$ [4], 计算相对误差

$$\epsilon = \frac{|\bar{g} - g|}{g} \times 100\% = 0.44\%$$

计算所得的 g 值与参考值之间的相对误差小于2%,说明借助照相机拍视频方法测定重力加速度的方法是可行的.

6 结论

该实验不仅可以测定重力加速度 g ,而且可以帮助学生复习自由落体运动的规律;该实验所需器材简单易得,实验步骤简单,操作性高,是一个可以在教学过程中实施测定重力加速度的新方法;同时

(下转第104页)

(上接第100页)

2.1 演示电磁驱动

一手持塑料手柄,一手持支架,先将钕铁硼强磁体与铝盘逐渐靠近并接触,观察强磁体与铝盘之间的作用,发现无相互吸引或排斥;之后,手持塑料手柄,将钕铁硼强磁体置于铝盘的上方,控制手柄沿逆时针旋转,带动钕铁硼强磁体在铝盘平面上方(铝盘外径内侧)旋转,控制其不与铝盘接触,可观察到铝盘亦随强磁体逆时针转动,这就是电磁驱动的效果.

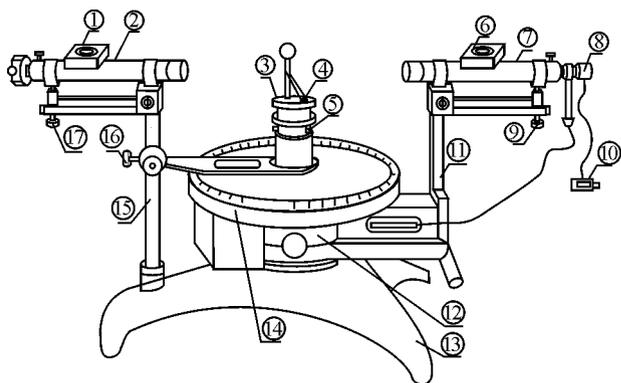
2.2 演示电磁制动

用右手食指拨动铝盘,使其逆时针快速旋转,与此同时,左手持塑料手柄,将强磁体置于铝盘上方靠近边缘处(不与铝盘接触),可发现转动的铝盘快速停止转动,这就是电磁制动的效果.

参考文献

- 1 普通高中课程标准实验教科书.物理选修3-2教师教学用书(第4版)人教版,北京:人民教育出版社,2010. 38~40
- 2 宋艳芝,陈东倾.涡流电磁驱动原理演示仪的制作.中国教育技术装备,2002(12):10

教师可以把从电子目镜中观察到的实验现象,通过 USB 线缆将图像传输至电脑进行实时显示,讲解,更适合实验教学演示,让学生更直观地了解分光计的调节及测量过程,便于学生理解掌握。



① 平行光管水平仪 ② 平行光管 ③ 载物台 ④ 载物台水平仪 ⑤ 载物台调平螺丝 ⑥ 望远镜水平仪 ⑦ 望远镜 ⑧ 电子目镜 ⑨ 望远镜俯仰调节螺丝 ⑩ USB 接口 ⑪ 望远镜支架 ⑫ 分析仪主轴 ⑬ 底座 ⑭ 读数装置 ⑮ 平行光管支架 ⑯ 支架调节螺丝 ⑰ 平行光管俯仰调节螺丝。

图1 教学用分光计装置结构示意图

4 结束语

改进的教学用分光计装置,用水平仪来衡量其是否与分光计主轴垂直;用电子目镜替换望远镜目镜,通过 USB 线缆将图像传输至电脑进行实时显示,更适合实验教学演示,让学生更直观地了解分光计的调节及测量过程,更适合实验教学演示.其显著的效果在于:调节方便,教学演示过程直观,便于学生理解掌握。

本实验装置改进已获实用新型专利授权,名称:教学用分光计.专利号:ZL201520330621.6

参考文献

- 1 李秀燕,吕玉祥,曲华.大学物理实验.北京:科学出版社,2001.180~183
- 2 李书光,胡青松,张令坦.大学物理实验.北京:清华大学出版社,2008.193~207
- 3 赵宗坤.分光计调节方法的优化.实验科学与技术,2010,8(3):31~33

(上接第102页)

教师也可以把本实验作为探究性实验,在实验中学生让不同质量的小球从不同高度下落,计算出的结果可以用来在课上讨论并进行误差分析,鼓励学生积极参与实验,突出学生的主体性,符合新课标标准的理念。

参考文献

- 1 朱瑞兴,曹正东.落球法测定重力加速度实验的改进.大

学物理实验,2002,15(3)

- 2 WeeLoo Kang,Chew Charles.Using Tracker as apedagogical tool for understand projectile motion. Phys. Education,2012,47(4):448~455
- 3 普通高中课程标准实验教科书物理必修1.北京:人民教育出版社,2004.44
- 4 董霞,张雄.利用弹性球测定重力加速度.物理通报,2014(5)

A New Method about Measuring Acceleration of Gravity Falling Ball

Gong Yunmei Yan Xia Li Yanru Cal Wude

(Institute of Physics and Electronic Information, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract: this paper introduces the method of falling balls in the experiment of measuring acceleration of gravity, with the help of a digital camera video instead of the timer, enhance the accuracy of the measurement time, location accurate, strong operability and repeated viewing, the new method of falling ball experiment error of measuring acceleration of gravity is analyzed.

Key words: acceleration of gravity; method of falling ball; determine; new method