

# 用智能手机验证自由落体机械能守恒\*

王祥委 段娟娟 彭朝阳

(云南师范大学 物理与电子信息学院 云南 昆明 650500)

(收稿日期:2016-07-20)

**摘要:**智能手机具有很多特殊功能的传感器,合理利用这些传感器进行物理研究,可提高测量的精确度,更好地探索物理规律.笔者利用智能手机超速摄像功能和计时功能,验证了小球下落过程机械能守恒,相对误差为0.654%.结果说明合理利用智能手机的各种传感器功能,有助于物理规律的教学与研究.

**关键词:**机械能守恒 智能手机 超速摄像机(软件)

## 1 引言

物体或质点的机械能等于其动能与势能之和.机械能守恒定律在物理学中应用较广,特别是高中阶段对于部分涉及能量转化的问题,应用机械能守恒定律求解方便、快捷.然而,机械能守恒定律的应用局限性于保守力场中.如果系统内除保守力外还有非保守力做功,则系统的机械能不再守恒<sup>[1]</sup>.

对于单一的质点和地球构成的体系,机械能守恒定律的数学表达式为

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (1)$$

两边同时消去  $m$  则简化为

$$2g(h_1 - h_2) = v_2^2 - v_1^2 \quad (2)$$

由式(2)可知,只需要测出  $g, h_1, h_2, v_1, v_2$  的数值,就可以验证式(2).若对于任意的位置,两边数值相等,即可验证机械能守恒定律<sup>[2]</sup>.对于自由落体运动而言,由于只受重力作用,满足机械能守恒定律的条件.根据运动学理论得

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad (3)$$

式中,  $h$  为物体下落的高度,  $t$  为物体下落的时间.只

需测定  $h$  和  $t$ , 就可以验证式(2), 从而验证机械能在数值上相等即可.

## 2 使用智能手机验证自由落体机械能守恒

### 2.1 实验仪器

实验所用仪器:智能手机,白纸,钢卷尺,游标卡尺,超速摄像机(软件),自拍杆,计算机,胶带,小球,科学计算器.

### 2.2 实验方法

实验原理图如图1超速摄像所示.用超速摄像机(软件)对自由落体运动过程进行拍摄.当超速摄像机(软件)启动的瞬间小球从某一高度释放,对照小球背后对应的有刻度的坐标纸,将连续拍得的3张照片用图片处理器进行放大即可读出小球的位置  $A, B, C$  与下落的高度  $h_1, h_2$ , 实验装置实物图及拍得的照片如图1所示.高速照相机(软件)的频闪时间  $\Delta t$ , 根据匀变速直线运动的特点:一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度.即可测出小球在该位置的速度  $v_C = \frac{h_1 + h_2}{2\Delta t}$ , 同时由带刻度的坐标纸读出  $h, h_1, h_2$  一并代入式(2)即可验证.

\* 本课题由云南师范大学研究生科研创新基金资助,项目编号:yjs201667;2017年度云南省教育厅科学研究研究生项目“基于信息技术对高中物理实验的改进与创新研究”资助.

作者简介:王祥委(1990-),男,在读研究生,研究方向物理学科教学.

通讯作者:彭朝阳(1971-),男,博士,教授,研究方向物理课程教学和天体物理.

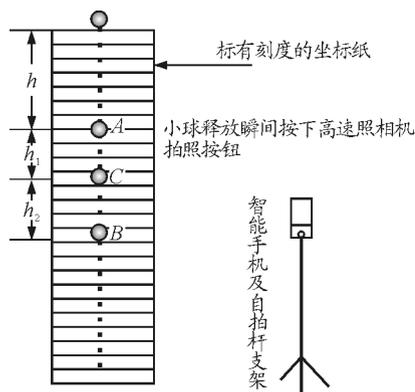


图1 实验原理图

实验步骤如下:

- (1) 准备好 50 cm 的坐标纸 4 张;
- (2) 将标有刻度的坐标纸整齐地贴在墙上, 保证刻度线水平;
- (3) 将智能手机固定在自拍杆上, 用智能手机水平仪(软件)使其保持水平, 并使智能手机与坐标纸间的水平距离大约 20 cm 处;

(4) 按墙面所贴的坐标纸, 从 0 刻度处水平位置释放小球, 小球与刻度纸面的距离为 3 cm;

(5) 在小球释放的瞬间, 启动超速摄像机软件进行拍照;

(6) 调整智能手机的位置, 拍摄不同阶段的照片;

(7) 对拍得的照片用计算机进行图像放大、小球位置标记处理;

(8) 重复上述实验, 记录数据, 并进行数据分析、处理;

(9) 归纳总结得出实验结论.

实验中, 由于智能手机像素有限, 因此, 需要对拍下的照片需要用计算机处理, 并标记位置, 然后根据照片后的坐标纸估读小球大体位置. 因为超速摄像机(软件)每 1 s 可拍 20 张照片, 所以可知曝光时间为  $\frac{1}{20}$  s 即 0.05 s.

实验所测数据记入表 1.

表1 小球下落高度与各变量间的关系

次数	1	2	3	4	5	6
$h/\text{cm}$	60	78	100	31	20	122
$h_1/\text{cm}$	18	21	23	13	11	26
$h_2/\text{cm}$	21	23	25	16	13	28
$v_C = \frac{h_1 + h_2}{2\Delta t} / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	3.9	4.4	4.8	2.9	2.4	5.4
$2g(h + h_1) / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$	15.2704	19.3822	29.1712	8.6143	6.0968	28.9754
$v_C^2 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$	15.21	19.36	29.16	8.41	5.76	29.16
次数	7	8	9	10	11	12
$h/\text{cm}$	44	31	123	98	60	44
$h_1/\text{cm}$	16	13	26	23	17	15
$h_2/\text{cm}$	18	16	28	25	22	19
$v_C = \frac{h_1 + h_2}{2\Delta t} / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	3.4	2.9	5.4	4.8	3.9	3.4
$2g(h + h_1) / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$	11.7468	8.6143	29.1712	23.6893	15.0751	11.5510
$v_C^2 / (\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$	11.56	8.41	29.16	23.04	15.21	11.56

注: 已知昆明当地重力加速度为  $9.789 \text{ m/s}^2$ , 超速摄像机(软件)曝光时间  $\Delta t$  为 0.05 s.

由表 1 的实验数据可计算相关物理量, 具体计算如下

$$\overline{v_C^2} = \frac{(15.21 + 19.36 + 29.16 + 8.41 + 5.76 + 29.16 + 11.56 + 11.56 + 8.41 + 29.16 + 23.04 + 15.21 + 11.5)}{12} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 17.167 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

# 论分压电路中保护电阻的运用

方 洪 金 灿

(江苏省天一中学 江苏 无锡 214101)

(收稿日期:2016-09-12)

**摘 要:**电学实验中,很多试题会考查实验电路设计、实验器材的选取,这也是高考考查的重点.在电路设计、实验器材的选取中往往会涉及保护电阻的选取与运用,学生对此感觉很难而无从着手,保护电阻的选取与运用需要详尽地分析和考量.

**关键词:**电路设计 分压电路 保护电阻 测量精度 位置

电路设计类问题,对学生分析问题能力,灵活运用知识解决问题的能力提出了较高的要求,从教学反馈看,学生的掌握程度,多数学生停留在机械的记忆,而不能从具体情况出发,分析并甄选出最佳的设计电路,其中保护电阻的选取和运用则对学生的能力提出了更高的要求.

为了保证用电器的安全使用,设计电路时经常需要用到保护电阻,而保护电阻在电路中的接入位置不同,保护功能也不同,在提高测量精度、可操作性等方面所起到的效果也不同.下面以常见的分压式电路为例,探讨如何运用保护电阻,使设计电路的效果最佳.

分压式电路的开关闭合前,滑动变阻器与用电器并联部分的阻值应先调到零,使分出电压为零,避免电流过大烧坏电器元件.为防止因操作不慎将滑动变阻器调到最大而烧毁测量电路,电路中往往需接入保护电阻.

**【例题】**根据下面所给的实验器材,并结合下列4个问题中所给的条件,分别设计一个测量电路,用来测量一个阻值约为 $300\ \Omega$ 的电阻 $R_x$ ,要求 $R_x$ 两端的电压能从零开始变化,且尽可能提高测量的精度,并将设计的电路画在虚线框中.

A. 电流表 A. 量程为 $I_A$ ,内阻为 $r_A$ ,约为 $10\ \Omega$

B. 电压表 V. 量程为 $U_V$ ,可视理想电表

$$2g(h+h_1) =$$

$$\frac{(15.2704 + 19.3822 + 29.1712 + 8.6134 + 6.0968 + 28.9754 + 11.7468 + 18.6134 + 29.1712 + 23.6893 + 15.0751 + 11.5510)}{12} \text{ m}^2/\text{s}^2 =$$

$$17.280 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

相对误差为

$$\eta = \frac{17.280 - 17.167}{17.280} \times 100\% = 0.654\%$$

可见,二者近似相等,从而验证了自由落体机械能守恒.

小球下落瞬间与高速照相机(软件)启动不完全同时,自动闪光计时消除了这一影响,因此实验精确度较高.但是,由于小球下落过程受阻力作用,不是严格的自由落体运动.且小球的尺寸对于数据测量有一定的影响,照片放大时图像模糊,不清晰,造成读数不准确.

### 3 结束语

本文利用智能手机超速摄像和计时功能,测小球下落的距离与速度,并根据式(2)进行计算,从而验证了自由落体机械能守恒.在智能手机普及的信息时代,我们可以利用手机的功能进行物理教学设计与研究,提高教学质量.

### 参考文献

- 程守洙,江之永主编.普通物理学1(第五版).北京:高等教育出版社,2006,122-123
- 贾利群,黄宏春.关于机械能守恒定律的讨论.平顶山师专学,1998,13(2):22-27