

自由落体法测量重力加速度

詹国富 李振华 李晶

(广东理工学院工业自动化系 广东肇庆 526100)

(收稿日期:2019-03-06)

摘要:在自由落体运动中,用光电计时法测量时间,结合运动学公式,从而间接测量出当地重力加速度.

关键词:重力加速度 自由落体 光电法

在众多诸如地震预测、重力探矿、计量学等学科领域,精准地测量重力加速 g 值有着非凡的意义^[1].利用复摆可以测量当地重力加速度 g ^[2],但实验要求摆动过程中,摆动角度要小于 5° ,因此,实际操作过程中很难依据肉眼来判断摆角对振动周期 T 的影响,从而会引入较大实验误差.另外,利用现代智能设备也可以比较方便的测量重力加速度^[3],但对其原理的深入理解则有待提高.我们采用自由落体的基本原理^[4],结合光电计时方法,可以更好地测量出实验数值.

1 实验原理及方法

物体在重力的作用下(忽略其他阻力),将会做匀加速直线运动.其运动方程可表述成如下形式

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

其中, s 为在 t 时间内物体竖直下落的距离, g 为重力加速度.若使得物体下落的初速度为零,则其方程可表述成

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

可见,只要我们测量出物体自由落体运动的距离 s ,及相应运动的时间 t ,便可测量出 g 值.然而,实际实验操作过程中,很难保证物体下落的初速度严格为零.因此,我们常采用如下实验方法:实验过程中,使物体从静止开始下落,如图1所示,设它到达 A 点的速度为 v_0 ,从 A 点开始,经过时间 t_1 到达 B

点,令 A, B 两点的距离为 s_1 ;若保持上述的初始条件不变,则从 A 点起,经过时间 t_2 后,物体到达 C 点,令 A, C 两点的距离为 s_2 ;可知, s_1 和 s_2 满足式(1),即

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 \quad (3)$$

$$s_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2 \quad (4)$$

由式(3)和式(4)可以得到, g 值满足如下关系

$$g = \frac{2 \left(\frac{s_2}{t_2} - \frac{s_1}{t_1} \right)}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

式中, t_1 表示从 A 点运动到 B 点所用的时间, t_2 表示 A 点运动到 C 点所用时间.

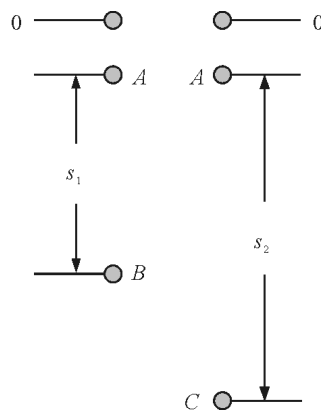


图1 物体静止下落示意图

2 实验装置及步骤

2.1 实验装置

如图2所示,为自由落体测定仪;如图3所示,

为 YJ-LG-3 重力加速度测定仪专用毫秒计面板。

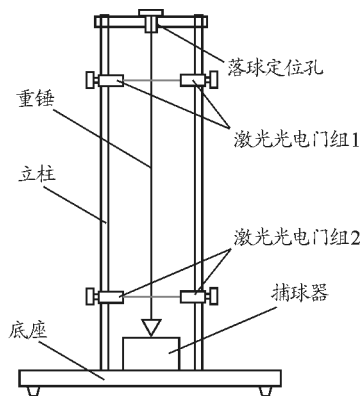


图2 自由落体测定仪示意图



图3 YJ-LG-3 重力加速度测定仪专用毫秒计面板

2.2 实验步骤

(1) 将铅锤线悬挂在自由落体测定仪上,待其

静止,调节激光光电门组 1 和 2 使得激光打在线上,同时调节好两光电门组之间的距离。

(2) 将铅锤线取下,打开自由落体重力加速度测定仪专用毫秒计,按一下复位按钮显示屏幕归零。

(3) 使小钢球从落球定位孔静止下落,然后读出屏幕上的时间,即钢球从光电门 1 位置运动到光电门 2 位置所用时间,测量光电门 1 和 2 之间的距离,记录在表格 1 中。

(4) 重复步骤 3。

(5) 调节光电门 2 的位置,改变光电门 1 和 2 之间的距离,然后重复步骤 3。

3 数据处理及分析

3.1 重力加速度的计算

$$\bar{g} = \frac{2 \left(\frac{s_2}{t_2} - \frac{s_1}{t_1} \right)}{t_2 - t_1} =$$

$$2 \left(\frac{75.30 \times 10^{-2} \text{ m}}{0.234 2 \times 10^{-3} \text{ s}} - \frac{62.20 \times 10^{-2} \text{ m}}{0.203 2 \times 10^{-3} \text{ s}} \right) = 9.947 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

表 1 钢球下落时间及两光电门间距离 (单位: s/cm)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值 \bar{t}	距离 s
t_1/s	0.208 3	0.203 2	0.203 2	0.203 0	0.203 0	0.203 0	0.203 2	0.203 3	0.203 2	62.20
t_2/s	0.234 1	0.234 2	0.234 4	0.234 1	0.234 3	0.234 4	0.234 2	0.234 3	0.234 2	75.30

3.2 不确定度计算

时间的不确定度我们用 A 类不确定度评估,其满足的关系如下

$$u_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t - t_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

则 t_1 和 t_2 的不确定度计算

$$u_{t_1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_1 - t_i)^2}{n(n-1)}} =$$

$$\begin{aligned} & [(0.203 2 - 0.203 3)^2 + (0.203 2 - 0.203 2)^2 + \\ & (0.203 2 - 0.203 2)^2 + \dots]^{1/2} \cdot (8 \times 7)^{-1/2} = \\ & 6.186 \times 10^{-6} \text{ ms} \approx 6.2 \times 10^{-6} \text{ ms} \end{aligned}$$

$$u_{t_2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_2 - t_i)^2}{n \cdot (n-1)}} =$$

$$\begin{aligned} & [(0.234 2 - 0.234 1)^2 + (0.234 2 - 0.234 2)^2 + \\ & (0.234 2 - 0.234 4)^2 + \dots]^{1/2} \cdot (8 \times 7)^{-1/2} = \\ & 12.37 \times 10^{-6} \text{ ms} \approx 12 \times 10^{-6} \text{ ms} \end{aligned}$$

重力加速度的不确定度计算,需要利用不确定度传递公式,如下

$$\begin{aligned} u_g &= \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial t_1} \right)^2 u_{t_1}^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial t_2} \right)^2 u_{t_2}^2} = \\ & 7.033 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \end{aligned}$$

3.3 结论表述

经测量计算,重力加速度为

$$g = \bar{g} \pm u_g = (9.947 \pm 0.007) \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

4 结束语

自由落体法测量重力加速度,操作过程中要使得钢球下落的轨迹沿着铅锤线的方向,得到的结论

伏安法测电阻电路设计易错问题调查和分析

张少伍 赵良震

(濮阳市第一高级中学 河南 濮阳 457000)

(收稿日期:2019-03-26)

摘要:伏安法测电阻电路设计是高中物理实验的重点和难点,通过调查这类试题的错误类型,并进行错因分析,提出了改进措施.

关键词:伏安法测电阻 分压式电路 限流式电路 电流表内外接

学生在做伏安法测电阻电路设计类试题时往往错误率很高,为了找出这类题的易错点及错误产生的原因,笔者以一道高考题为例进行了解读并进行了调查和分析.

1 一道高考题的实战演练

【例题】(2017年高考全国 I 卷第23题)某同学研究小灯泡的伏安特性.所使用的器材有:小灯泡 L(额定电压 3.8 V,额定电流 0.32 A);电压表 ⑤

(量程 3 V,内阻 3 k Ω);电流表 ④(量程 0.5 A,内阻 0.5 Ω);固定电阻 R_0 (阻值 1 000 Ω);滑动变阻器 R(阻值 0 ~ 9.0 Ω);电源 E(电动势 5 V,内阻不计);开关 S;导线若干.

(1)实验要求能够实现在 0 ~ 3.8 V 的范围内对小灯泡的电压进行测量,画出实验电路原理图.

正解:(1)电压从零开始调节,滑动变阻器应使用分压式接法,电压表的量程小于灯泡的额定电压,需要串联电阻改装,因为灯泡电阻远小于改装电压

则会更加准确.从结论可以看到,重力加速度的不确定度可以很好地反应出测量的可信程度,并且得到的重力加速度和当地的重力加速度参考值吻合得比较好.

参考文献

1 董光兴,王新兴,张鹏,等.重力加速度的测量方法与实验分析.河西学报,2015,31(5):31 ~ 36

2 熊永红,张昆实,任忠明,等.大学物理实验(第一册).北京:科学出版社,2007.87 ~ 89

3 胡琦珩,丁益民.利用智能手机测定重力加速度.物理实验,2017,37(8):14 ~ 16

4 李晶,王健,徐殿双,等.大学物理实验教程.上海:上海交通大学出版社,2017.26 ~ 29

Measuring Gravity Acceleration by Free - fall Method

Zhan Guofu Li Zhenhua Li Jing

(Faculty of Industrial Automation, Guangdong Polytechnic College, Zhaoqing, Guang dong 526100)

Abstract:We measured the local acceleration of gravity indirectly in the free - fall motion, which the photoelectric method was used to measure the time of motion. Then the value was calculated by the kinematics formula.

Key words: acceleration of gravity; free - fall; photoelectric method