

自由落体测重力加速度实验报告

姓名：宋建宏 学号：PB21020677 班级：203 院 22 级 5 班

日期：2023 年 4 月 2 日

实验目的

利用自由落体的匀加速直线运动，测量本地的重力加速度，学习调整实验仪器，分析误差来源，使用线性拟合方法分析数据。

实验原理

对于自由落体运动，由牛顿第二定律得

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

但是总时间 t 不容易测准，我们选择测量其中一段的时间和距离：光电门 1 的位置固定，即小球通过光电门 1 时的速度 v_0 保持不变，小球通过光电门 1 与光电门 2 的高度差为 h_i ，时间差为 t_i ，改变光电门 2 的位置，则有：

$$h_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2}gt_1^2$$

$$h_2 = v_0 t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2$$

...

$$h_i = v_0 t_i + \frac{1}{2}gt_i^2$$

两端同时除以 t_i :

$$\begin{aligned}\overline{v_1} &= \frac{h_1}{t_1} = v_0 + \frac{1}{2}gt_1 \\ \overline{v_2} &= \frac{h_2}{t_2} = v_0 + \frac{1}{2}gt_2 \\ &\dots \\ \overline{v_i} &= \frac{h_i}{t_i} = v_0 + \frac{1}{2}gt_i\end{aligned}$$

测出系列 h_i t_i , 利用线性拟合即可求出当地的重力加速度 g 。

实验器材

卷尺、自由落体装置。

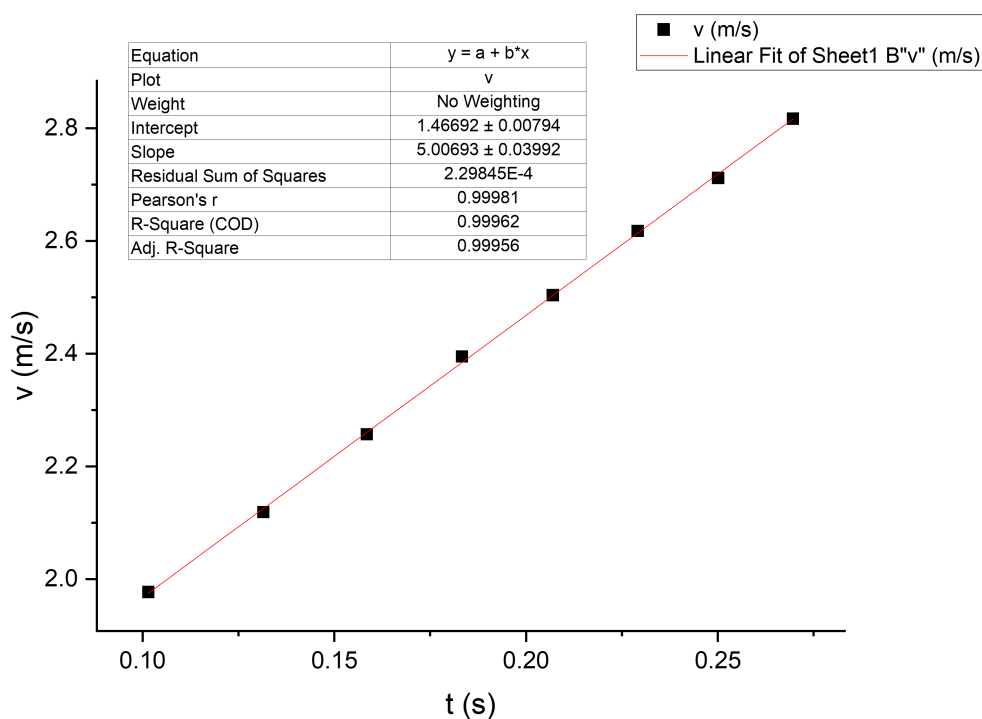
分析与讨论

数据处理

本次实验记录 8 组不同的高度差，每个高度差通过三组实验测量时间，每组实验的数据记录如下：

组别	高度差	时间差 $\Delta t/\text{ms}$				平均速度
	$\Delta h/\text{cm}$	第一次	第二次	第三次	平均	$\overline{v}/(\text{m/s})$
1	20.07	101.3	101.6	101.7	101.53	1.977
2	27.87	131.5	131.5	131.5	131.50	2.119
3	35.77	158.5	158.5	158.5	158.50	2.257
4	43.90	183.2	183.3	183.3	183.27	2.395
5	51.83	206.9	207.0	206.9	206.93	2.504
6	59.97	229.0	229.1	229.1	229.07	2.618
7	67.83	250.1	250.1	250.1	250.10	2.712
8	75.91	269.6	269.6	269.6	269.60	2.817

线性拟合如下图



得 $v = 5.00693t + 1.46692(\text{m/s})$ ，线性相关系数 $r = 0.99981$ ，于是得重力加速度

$$g = 2 \times 5.00693 = 10.01386 \text{ m/s}^2$$

误差分析

合肥地区重力加速度参考值为 $g_0 = 9.7947 \text{ m/s}^2$ ，因此实验相对误差为

$$\delta = \frac{|g - g_0|}{g_0} = 2.8\%$$

误差较大。

可能的误差来源：小球中心与光电门有偏离，导致测量时间误差；光电门间距测量误差等。

思考题

1. 在实际工作中，为什么利用(1)式很难精确测量重力加速度 g ？

答：由于一些系统误差的存在，比如仪器释放的过程中磁力并非迅速衰减等，导致的时间误差等，导致用时 t 很难测量精准，因此使用这种方法，测量 t 的误差比较大；同时，由于小球的尺寸、光电门的位置等的原因，使得小球下落的高度 h 也很难测准。因此该公式很难精确测量重力加速度 g 。

2. 为了提高测量精度，光电门 1 和光电门 2 的位置应如何选取？

答：光电门 1 大约置于悬挂点下 10cm 处，并在测量过程中保持不动；光电门 2 在光电门 1 下方，距离从 20cm 到 80cm 左右比较合适，应该在这个范围内，多次调节光电门 2 的位置，从而获得多组数据。两个光电门不应该距离太近，否则测出的区间平均速度不够准确；距离太远则会超出立柱允许的范围，同时空气阻力的影响也会增大。

3. 利用本实验装置，你还能提出其他测量重力加速度 g 的实验方案吗？

答：类似于用单摆测量重力加速度，可以使用光电门测量摆的周期：将摆的顶端悬挂后，调整一个光电门的位置使得小球处于最底端时，正好可以遮挡住光电门的光路。释放小球，根据光电门的时间读数可以计算出小球摆动的周期。