

自由落体法测重力加速度

姓名：王冬雪 学号：PB22511902 班级：核科学技术学院 2 班 日期：2023 年 3 月 31 日

实验目的

利用自由落体测量本地的重力加速度 g 。

实验原理

根据牛顿运动定律，自由落体的运动方程为：

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

其中 h 为下落距离， t 为下落时间。在实际工作中 t 测量精度不高，利用 (1) 很难精确测量重力加速度 g 。

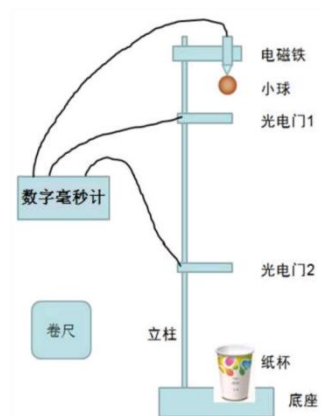
本实验采用卷尺测量 h ，采用双光电门法测 t ，原理见右图。光电门 1 的位置固定，即小球通过光电门 1 时速度 v_0 保持不变，小球通过光电门 1 与光电门 2 的高度差为 h_i ，时间差为 t_i ，改变光电门 2 的位置，可得到系列式：

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

两端同除以 t_i ：

$$\bar{v}_i = \frac{h_i}{t_i} = v_0 + \frac{1}{2}gt_i$$

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 。



实验仪器

自由落体实验装置见上图，立柱底座的调节螺栓用于调节竖直，立柱上端有一电磁铁，用于吸住小钢球。电磁铁一旦断电，小球即做自由落体运动。由于电磁铁有剩磁，因此小球下落的初始时间不准确（最大不确定度约 20ms）。

立柱上装有两个可以上下移动的光电门，其位置可以利用立柱上的刻度测量。数字毫秒计显示 3 个值，分别对应：从电磁铁断电到小球通过光电门 1 的时间差、从电磁铁断电到小球通过光电门 2 的时间差，小球通过两个光电门的时间差，单位为 ms。

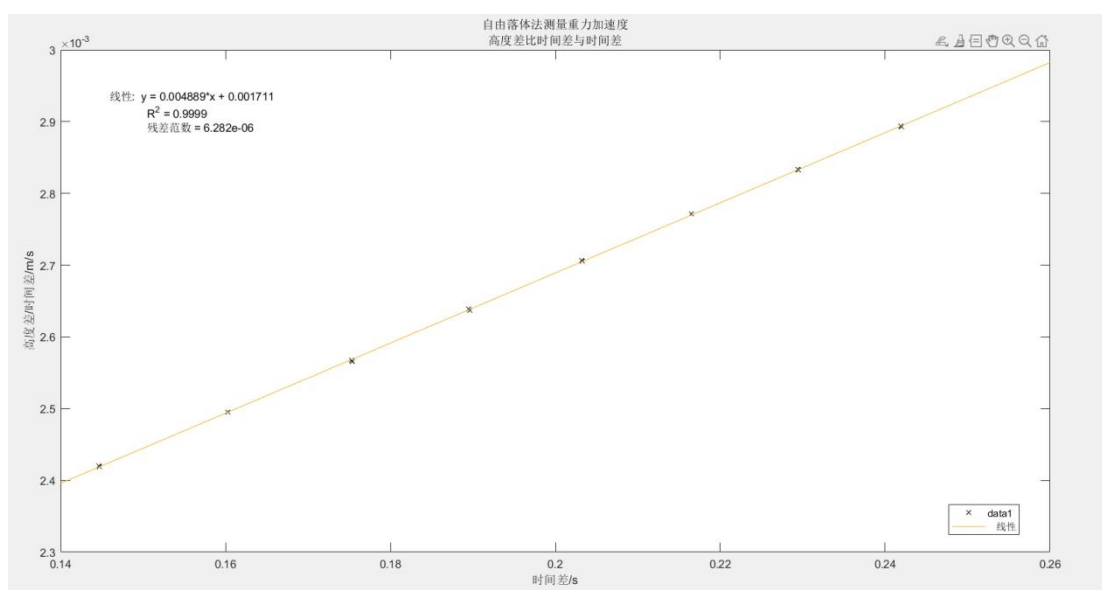
测量记录（原始数据及签字见附录）

自由落体测重力加速度（光电门1位置15.0cm）				
编号	光电门2位置/cm	小球过光电门1时间/ms	小球过光电门2时间/ms	小球过光电门1、2时间差/ms
1	50.0	175.8	320.4	144.6
2		175.7	320.4	144.7
3		175.8	320.5	144.7
4	55.0	175.9	336.2	160.3
5		175.8	336.1	160.3
6		175.7	336.0	160.3
7	60.0	175.7	351.1	175.4
8		175.8	351.1	175.3
9		175.8	351.1	175.3
10	65.0	175.9	365.5	189.6
11		175.8	365.3	189.5
12		175.8	365.4	189.6
13	70.0	175.4	378.7	203.3
14		175.6	378.8	203.2
15		175.7	379.0	203.3
16	75.0	175.7	392.2	216.5
17		176.1	392.6	216.5
18		175.7	392.2	216.5
19	80.0	175.9	405.3	229.4
20		175.4	404.5	229.1
21		175.7	405.1	229.4
22	85.0	175.4	417.3	241.9
23		176.0	417.9	241.9
24		175.3	417.3	242.0

分析与讨论

数据处理

如下图：



可得 $g = 0.004889 \times 10^3 \times 2\text{m/s}^2 = 9.7778\text{m/s}^2$

由于相关系数 $r = R = 0.99995$ 大于相关系数阈值 0.404 ，故可以用最小二乘法回归。

斜率 $\frac{1}{2}g$ 的标准差：

$$S_{\frac{1}{2}g} = \frac{1}{2}g \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right)/(24 - 2)} = 0.01\text{m/s}^2$$

斜率 $\frac{1}{2}g$ 的扩展不确定度：

$$u_{\frac{1}{2}g} = t_{0.95} S_{\frac{1}{2}g} = 0.02\text{m/s}^2$$

则 $u_g = 2u_{\frac{1}{2}g} = 0.04\text{m/s}^2$

最终得到

$$g = (9.78 \pm 0.04) \text{m/s}^2$$

误差分析

相比于合肥地区标准参考值 9.7947m/s^2 略小，误差可能来源于立柱上量尺精度略小导致，通过使用更高精度的测量尺可以更为精确。

思考题

1，在实际工作中，由于电磁铁断电后仍有剩磁，因此小球下落的初试时间不准确（最大不确定度约 20ms ），故利用（1）式很难精确测量重力加速度 g 。

2，光电门之间距离应当适当远一些，因为 Δh 越大，测量 h, t 时产生的误差对实验的影响越小。

附录

自由落体 ($h_1 = 15.0 \text{ cm}$)				
编号	光电门2位置/cm	过1时间/s	过2时间/s	时间差/s
1	50.0	175.8	320.4	144.6
2		175.7	320.4	144.7
3		175.8	320.5	144.7
4		175.9	336.2	160.3
5	55.0	175.8	336.1	160.3
6		175.7	336.0	160.3
7		175.7	351.1	175.4
8	60.0	175.6 (175.8)	351.1 (360.8)	175.4 (175.3)
9		175.8	351.1	175.3
10	65.0	175.9	365.5	189.6
11		175.8	365.3	189.5
12		175.8	365.4	189.6
13		175.8	378.7	203.3
14	70.0	175.6	378.8	203.2
15		175.7	379.0	203.3
16		175.7	392.2	216.5
17	75.0	176.1	392.6	216.5
18		175.7	392.2	216.5
19		175.9	405.3	229.4
20	80.0	175.4	404.5	229.5
21		175.7	405.1	229.4
22		175.4	417.3	241.9
23	85.0	176.0	417.9	241.9
24		175.3	417.3	242.0