

自由落体法测量重力加速度——实验报告

崔士强 PB22151743

2023 年 4 月 20 日

1 实验目的

本实验利用自由落体测量重力加速度.

2 实验原理

由匀加速直线运动规律知

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

两端同时除以 t 得

$$\bar{v} = v_0 + \frac{1}{2} g t$$

可以看到一段时间内平均速度 \bar{v} 与经过的时间 t 具有线性关系, 因此测量多组数据进行线性拟合可以求出重力加速度 g

3 实验仪器

本实验使用光电门进行测量, 实验仪器如下图所示

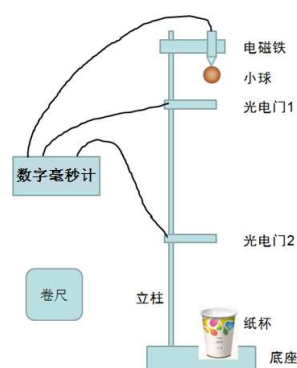


图 1: 实验仪器

由于电磁铁断电时有剩磁, 这里测量下落过程中经过两个光电门时间之差

4 实验数据及处理

实验数据见下表，原始数据记录照片见文档尾.

大球		小球	
$\Delta h/cm$	$\Delta t/ms$	$\Delta h/cm$	$\Delta t/ms$
35	149.7	35	148.8
40	165.8	40	164.7
45	180.8	45	179.8
50	195.4	50	194.4

1). 大球的线性拟合数据:

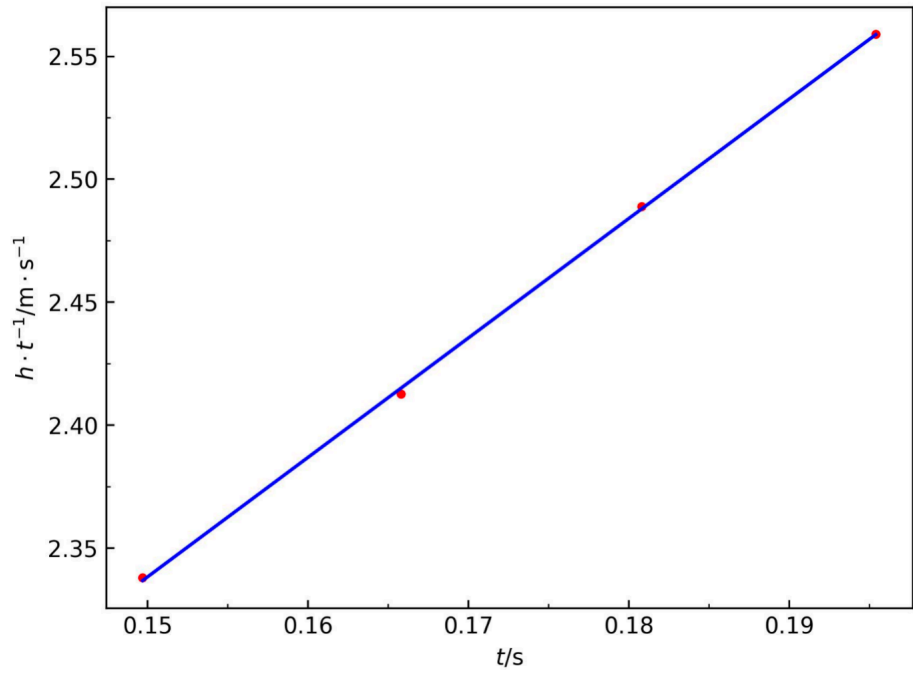


图 2: 大球下落平均速度与时间关系曲线

斜率

$$m = 4.8569 \text{ m/s}^2$$

截距

$$b = 1.6097 \text{ m/s}$$

线性拟合的相关系数

$$r = \frac{\overline{tv} - \bar{t} \cdot \bar{v}}{\sqrt{(\bar{t^2} - \bar{t}^2)(\bar{v^2} - \bar{v}^2)}} = 0.9998414$$

斜率标准差

$$s_m = |m| \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right) / (n - 2)} = 0.061174 \text{ m/s}^2$$

截距标准差

$$s_b = s_m \cdot \sqrt{\bar{t}^2} = 0.01063 \text{ m/s}$$

重力加速度

$$g = 2m = 2 \times 4.8569 \text{ m/s}^2 = 9.7139 \text{ m/s}^2$$

2). 小球的线性拟合数据:

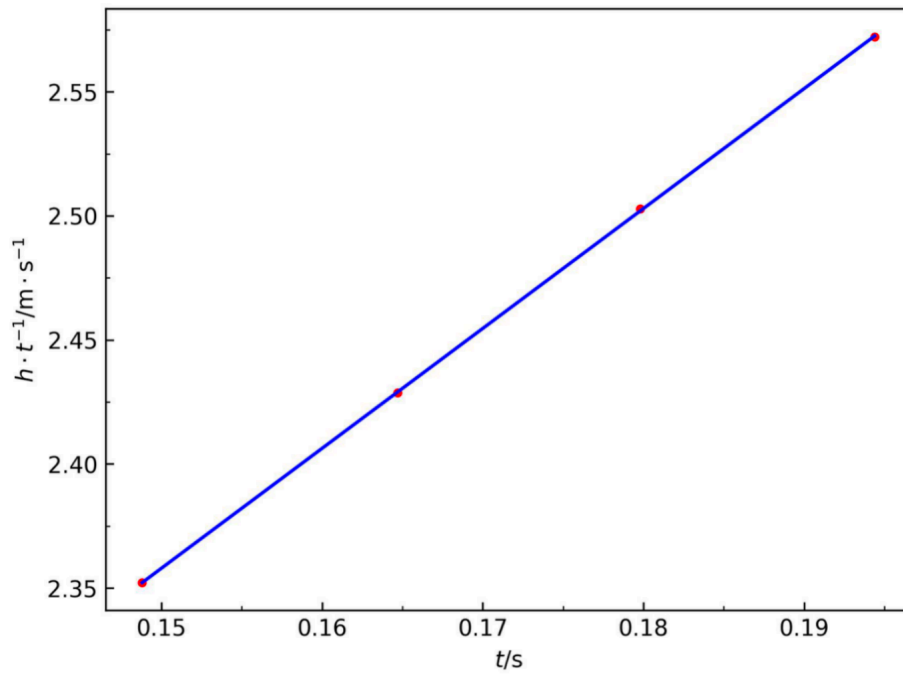


图 3: 小球下落平均速度与时间关系曲线

斜率

$$m = 4.8305 \text{ m/s}^2$$

截距

$$b = 1.6334 \text{ m/s}$$

线性拟合的相关系数

$$r = \frac{\bar{t}\bar{v} - \bar{t} \cdot \bar{v}}{\sqrt{(\bar{t}^2 - \bar{t}^2)(\bar{v}^2 - \bar{v}^2)}} = 0.99998093$$

斜率标准差

$$s_m = |m| \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right) / (n - 2)} = 0.021093 \text{ m/s}^2$$

截距标准差

$$s_b = s_m \cdot \sqrt{t^2} = 0.003644 \text{ m/s}$$

重力加速度

$$g = 2m = 2 \times 4.8305 \text{ m/s}^2 = 9.661 \text{ m/s}^2$$

5 误差分析

可以看到实验测得重力加速度值比预计值 $g = 9.7947 \text{ m/s}^2$ 偏小，且小球测得重力加速度值更小，推测原因有以下几点：

- 1). 空气阻力对实验产生影响，且小球受这种影响更为显著；
- 2). 两个光电门之间距离的测量值偏小。

6 思考题

1. 电磁铁断电时有剩磁，导致开始下落的时间难以测准，小球做匀加速直线运动的时间不准；
2. 下落时间过长时空气阻力导致的影响积累，故第一个光电门应放置在靠近电磁铁的位置，第二个光电门根据所需高度差放置；
3. 只用一个光电门，测量光电门到电磁铁的距离，多次改变光电门位置，对下落高度与时间的关系进行二次拟合，根据二次项系数得出重力加速度值，这种方法可以避开思考题 1 所提到的误差，原因是起始时间不影响二次项系数

7 原始数据记录

摆长: ~~70.00cm~~ 70.00cm 70.05cm 70.03cm 70.20cm 70.05cm

次数	总时间(s)	Δh	Δt (ms)
1	84.12	大球 { 40cm 50cm 45cm 35cm	165.8
2	83.91		195.4
3	84.09		180.8
4	84.03		149.7
5	84.13	小球 { 35cm 40cm 45cm 50cm	148.8
			164.7
			179.8
			194.4

周期数 $n=50$

✓ 3.31