

# 实验报告

## 自由落体法测量重力加速度

少年班学院  
马天开 PB21000030 (第三组)

2022 年 4 月 13 日

### 1 实验背景

参考“实验报告：单摆法测量重力加速度”

### 2 实验目的

参考“实验报告：单摆法测量重力加速度”

### 3 实验器材

光电门  $\times 2$ 、电磁铁控制器 (可以控制磁性的有无)、小铁球、带刻度的支架、电子计时器

光电门精度:  $1 \times 10^{-4} s$ , 支架上刻度的测量精度:  $10^{-3} m$

### 4 实验原理

在误差  $\Delta g/g < 1\%$  的条件下, 可以忽略空气阻力对实验结果的影响。注意到由于电磁铁断电时, 小球并不会立刻下落 (电磁铁有剩磁), 测量一组数据  $(t, x)$ , 并利用  $x = \frac{1}{2}gt^2$  计算  $g$  的办法并不可靠, 可以采取以下处理办法:

- 考虑任意高度  $h_0$  作为计时起点, 从该位置向下做的运动到  $h$  的过程便是初速度不为零的自由落体, 下落的高度满足:

$$h - h_0 = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

对上面的方程进行回归分析即可得到结果。

- 假定剩磁对于小球下落的影响是恒定的延时  $\Delta t$ , 只需要将参数  $(t, x)$  变为  $(t - \Delta t, x)$ , 根据以下方

程, 对  $(g, \Delta t)$  进行拟合

$$h = \frac{1}{2}g(t - \Delta t)^2 \quad (2)$$

### 5 实验方法

组装、固定仪器

首先固定光电门 1, 调整光电门 2 的位置。每组实验做三次, 记录  $(h_1, h_2, t_1, t_2, \Delta t)$ , 填写记录实验数据

$h_1, h_2$  估计在  $0.2 - 1.0 m$  内, 误差  $\Delta h/h < 5 \times 10^{-3}$   
 $t_1, t_2$  估计在  $0.2 - 0.5 s$  内, 误差  $\Delta t/t < 5 \times 10^{-4}$

考虑回归计算的一般形式:  $g = \frac{2h}{t^2}$ , 有:

$$|\Delta g/g| < |\Delta h/h| + 2|\Delta t/t| < 6 \times 10^{-3} \quad (3)$$

满足实验精度要求

### 6 实验数据

见页尾。

### 7 数据处理

#### 7.1 不确定度分析

实验中的系统误差主要来源于:

- $h_1, h_2$  测量引起的误差, 不确定度:

$$U_{h0.68} = \sqrt{U_{Ah}^2 + U_{Bh}^2} = 0.33 \times 10^{-3} m, P = 0.68$$

- $t_1, t_2$  测量引起的误差, 不确定度:

$$U_{t0.68} = \sqrt{U_{At}^2 + U_{Bt}^2} = 0.33 \times 10^{-4} s, P = 0.68$$

由以上内容可以得到  $g$  的展伸不确定度 (量纲测算值):

$$\frac{U_g}{g} = \sqrt{\left(\frac{U_h}{h}\right)^2 + 2\left(\frac{U_t}{t}\right)^2} = 1.37 \times 10^{-4}, P = 0.68$$

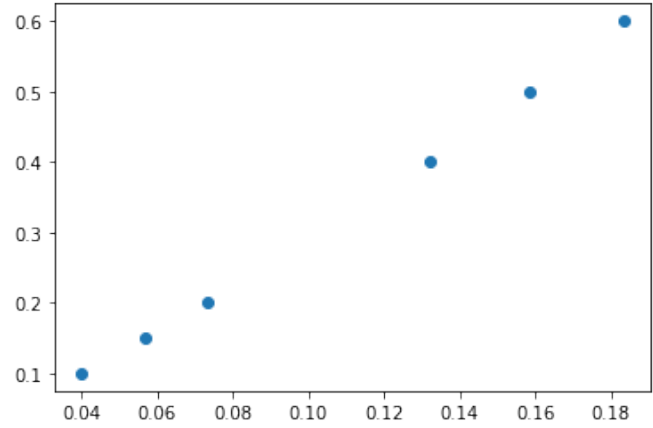
7.2 数值计算

对于每组的三次重复数据取平均值：

n	$h_1$	$h_2$	$t_1$	$t_2$
1-3	30	90	243.3	426.5
4-6	30	80	243.4	401.8
7-9	30	70	243.4	375.4
10-12	20	90	197.2	426.4
13-15	20	80	197.0	401.3
16-18	20	70	197.5	375.5
19-21	30	40	242.9	283.0
22-24	30	45	243.0	299.7
25-27	30	50	243.4	316.7
28-30	35	45	264.0	300.8
31-33	40	50	280.5	315.9
34-36	45	55	299.5	332.3

按照原理中第一种方式，利用  $h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ ，推出  $\bar{v} = \frac{h}{t} = v_0 + \frac{1}{2}gt$

采用 1-3, 4-6, 7-9, 19-21, 22-24, 25-27 中的数据点进行回归计算： $\frac{h}{t} - t$  的图像：



回归分析得到的结果：

$$h/t = 4.944t + 2.322$$

由此测算：

$$\tilde{g} = 9.889m/s^2$$

实验原理中第二种方法限于数据量较小、无法评估  $t_0$  的分布，结果不能达到精度要求。

7.3 结论

$$g = \tilde{g} + \bar{U}_g = 9.889m/s^2 \pm 0.0013m/s^2, P = 0.68$$

实验数据：

n	$h_1$	$h_2$	$t_1$	$t_2$
1	30	90	243.4	426.5
2	30	90	243.2	426.3
3	30	90	243.5	426.7
4	30	80	243.6	401.9
5	30	80	243.4	401.7
6	30	80	243.3	401.7
7	30	70	243.5	375.5
8	30	70	243.2	375.2
9	30	70	243.6	375.5
10	20	90	197.1	426.3
11	20	90	197.3	426.4
12	20	90	197.4	426.5
13	20	80	197.3	401.8
14	20	80	196.0	400.5
15	20	80	197.8	402.0
16	20	70	197.4	375.4
17	20	70	197.6	375.5
18	20	70	197.6	375.6
19	30	40	241.6	280.7
20	30	40	243.3	282.5
21	30	40	243.5	282.7
22	30	45	243.6	300.2
23	30	45	242.6	299.4
24	30	45	242.9	299.6
25	30	50	243.8	317.0
26	30	50	243.8	316.9
27	30	50	242.7	316.1
28	35	45	263.7	300.2
29	35	45	263.9	300.4
30	35	45	264.5	301.3
31	40	50	281.0	315.4
32	40	50	282.1	316.4
33	40	50	281.4	315.8
34	45	55	299.3	332.1
35	45	55	299.5	332.3
36	45	55	299.7	332.4