



# 匀加速运动数据处理

姓名：刘元彻 学号：PB21020505 班级：21 级物理学院 1 班 日期：2022 年 4 月 10 日

## 1 利用匀变速运动测定重力加速度

### 1.1 原始数据和数据处理

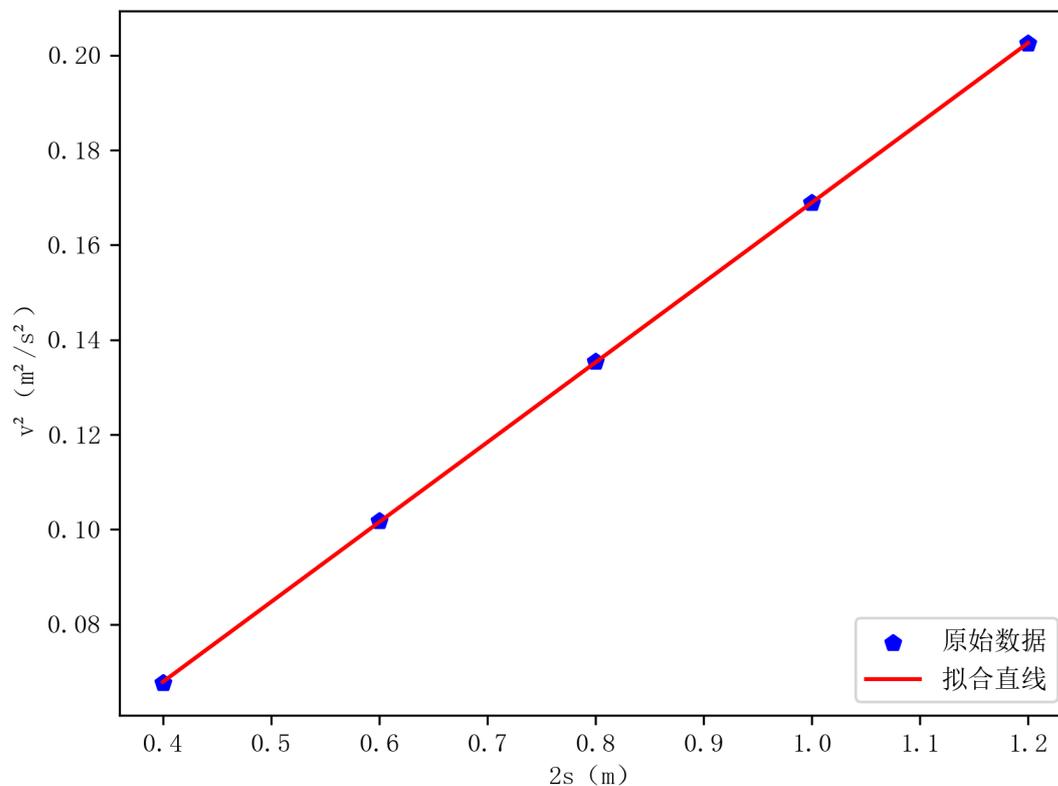
本实验中通过一次测量测得以下数据： $h = 1.510\text{cm}$ ,  $L = 87.10\text{cm}$ ,  $\Delta s = 0.998\text{cm}$

利用公式  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  近似得到滑块通过光电门时的近似重力加速度。

表 1: 匀加速下滑数据记录

$s(\text{m})$	$\Delta t_1(\text{ms})$	$\Delta t_2(\text{ms})$	$\Delta t_3(\text{ms})$	$\Delta \bar{t}(\text{ms})$	$v(\text{m/s})$
0.200	38.39	38.42	38.44	38.42	0.260
0.300	31.29	31.26	31.30	31.28	0.319
0.400	27.11	27.14	27.12	27.12	0.368
0.500	24.35	24.24	24.24	24.28	0.411
0.600	22.18	22.14	22.15	22.16	0.450

图1:  $v^2 - 2s$ 拟合图像





利用线性回归算法（最小二乘法）得到的  $v^2 - 2s$  关系式为（图 1 即为拟合图像）：

$$v^2 = 0.1689 \times 2s + 1.51 \times 10^{-4}$$

于是拟合直线的斜率为  $k = 0.1689\text{m/s}^2$ ，也即下滑的加速度为  $\bar{a} = 0.1689\text{m/s}^2$ 。  
根据运动学的有关公式和几何关系：

$$a = g \sin \theta \tag{1}$$

$$\sin \theta = \frac{h}{\sqrt{L^2 + h^2}} \tag{2}$$

得到

$$\bar{g} = \frac{\bar{a}\sqrt{L^2 + h^2}}{h} = 9.74\text{m/s}^2$$

## 1.2 误差分析

利用线性回归算法（最小二乘法）得到的  $v^2 - 2s$  关系式为：

$$v^2 = 0.1689 \times 2s + 1.51 \times 10^{-4}$$

根据关系式，作微分可得误差分析式：

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{L\Delta L + h\Delta h}{L^2 + h^2} + \frac{\Delta h}{h}$$

于是得到不确定度传递公式：

$$\frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{L\Delta L + h\Delta h}{L^2 + h^2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}$$

计算机处理给出的标准差  $\sigma = 3.7 \times 10^{-4}\text{m/s}^2$

查表得  $n = 5$  时的展伸因子  $t = 1.14$ ，于是加速度的不确定度为

$$\Delta a = t\sigma_a = 4.2 \times 10^{-4}\text{m/s}^2$$

查表得  $P = 0.68$  时，米尺测量  $L$  的  $k = 1, C = 3$ ，于是得到

$$\Delta L = k \frac{\Delta_B L}{C} = 1.67 \times 10^{-4}\text{m}$$

同时， $P = 0.68$  时，游标卡尺测量  $h$  的  $k = 1.183, C = \sqrt{3}$ ，于是得到

$$\Delta h = k \frac{\Delta_B h}{C} = 1.37 \times 10^{-6}\text{m}$$

利用公式合成，最终得到

$$U_g = \bar{g} \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{L\Delta L + h\Delta h}{L^2 + h^2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2} = 0.002\text{m/s}^2$$

于是最终结果应该表为：

$$g = \bar{g} + U_g = 9.744 \pm 0.002\text{m/s}^2, P = 0.68$$



## 2 利用气垫导轨进行碰撞实验

以下实验中，两个滑块挡光板宽度  $\Delta s_1 = 0.998\text{cm}$ ,  $\Delta s_2 = 0.998\text{cm}$   
数据处理和误差计算一并在表格中体现。

### 2.1 完全弹性碰撞

在本实验中，两个滑块的质量分别是  $m_1 = 222\text{g}$ ,  $m_2 = 122\text{g}$

表 2: 完全弹性碰撞实验数据和误差分析

次数	$\Delta t_0(\text{ms})$	$\Delta t_1(\text{ms})$	$\Delta t_2(\text{ms})$	$\Delta p/p$	$\Delta E/E$	$e$
1	24.32	19.16	79.25	-0.004	0.020	0.962
2	16.22	12.73	58.02	-0.013	0.010	0.961
3	13.57	10.71	45.01	0.002	0.027	0.966

### 2.2 完全非弹性碰撞

在本实验中，两个滑块的质量分别是  $m_1 = 221\text{g}$ ,  $m_2 = 123\text{g}$

表 3: 完全非弹性碰撞实验数据和误差分析

次数	$\Delta t_0(\text{ms})$	$\Delta t_1(\text{ms})$	$\Delta t_2(\text{ms})$	$\Delta p/p$	$\Delta E/E$	$e$
1	16.18	26.18	26.26	0.040	0.460	0.002
2	9.90	16.04	16.22	0.046	0.415	0.007
3	8.01	13.26	13.22	0.058	0.430	-0.002
4	11.17	18.23	18.38	0.051	0.422	0.005

### 2.3 非完全弹性碰撞

在本实验中，两个滑块的质量分别是  $m_1 = 219\text{g}$ ,  $m_2 = 121\text{g}$

表 4: 非完全弹性碰撞实验数据和误差分析

次数	$\Delta t_0(\text{ms})$	$\Delta t_1(\text{ms})$	$\Delta t_2(\text{ms})$	$\Delta p/p$	$\Delta E/E$	$e$
1	13.56	11.82	38.44	0.013	0.148	0.794
2	14.75	12.82	41.89	0.012	0.145	0.798
3	12.65	10.98	36.47	0.017	0.146	0.805
4	9.88	8.64	28.05	0.016	0.153	0.791



### 3 思考题

#### 3.1 判断气垫导轨调平的标准

使用静态调平法，打开气源并将滑块轻轻放置在导轨上。如果滑块不动或者有微小的滑动，但无一定的方向，则可以认为气垫导轨已经调平。

#### 3.2 气垫导轨未调平对 $a$ 的测量结果的影响

如果倾斜的方向与滑块运动方向一致，则测量结果大于真实值，因为重力沿斜面的分力使得滑块下滑加速度变大，加速度测定会偏大；

如果倾斜的方向与滑块运动方向相反，则测量结果小于真实值，因为重力沿斜面的分力使得滑块下滑加速度减小，加速度测定会偏小；

#### 3.3 恢复系数 $e$ 大小决定因素

恢复系数由且仅由碰撞物体的物质材料有关（对心碰撞的情况下）