

# 实验八：测量金属的杨氏模量 实验报告

钱思天 1600011388 No.8

2017 年 12 月 5 日

## 1 实验数据与处理

### 1.1 多次测量物理量数据处理

#### 1.1.1 利用 CCD 测量金属的杨氏模量

表 1: 所用砝码组质量

砝码编号 $i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
砝码质量 $m_i/g$	99.97	199.94	200.00	199.98	199.98	199.91	199.92	200.05	199.50	200.07

表 2: 所测金属丝直径

所测直径	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$d_9$	$d_{10}$
读数 $d_i/mm$	0.325	0.326	0.322	0.326	0.322	0.325	0.326	0.325	0.326	0.327

表 3: 逐个依次添加砝码所得横线位置

次数 $i$	增加砝码质量 $\Delta m_i/g$	砝码总质量 $m_i/g$	增添位置 $r/mm$	减少位置 $r'/mm$	平均位置 $\bar{r}/mm$	逐差长度 $\delta L/mm$
0	99.97	99.97	2.86	2.87	2.87	0.60
1	199.94	299.91	2.97	2.98	2.98	0.60
2	200.00	499.91	3.09	3.1	3.10	0.59
3	199.98	699.89	3.23	3.23	3.23	0.58
4	199.98	899.87	3.36	3.35	3.36	0.57
5	199.91	1099.78	3.47	3.46	3.47	—
6	199.92	1299.70	3.57	3.58	3.58	—
7	200.05	1499.75	3.68	3.69	3.69	—
8	199.50	1699.25	3.80	3.81	3.81	—
9	200.07	1899.32	3.92	3.92	3.92	—

1.1.2 利用光杠杆法测量杨氏模量

表 4: 所用砝码组质量

砝码编号 $i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
砝码质量 $\Delta m_i/g$	195.46	200.26	199.72	199.65	199.71	199.83	199.88	199.80	199.86	200.03

表 5: 所测金属丝直径

所测直径	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$d_9$	$d_{10}$
读数 $d_i/mm$	0.325	0.320	0.321	0.320	0.318	0.317	0.319	0.317	0.316	0.314

表 6: 逐个依次添加砝码所得卡丝位置

次数 $i$	本次添加砝码质量 $\Delta m_i/g$	砝码总重量 $m_i/g$	正向位置 $r/cm$	反向位置 $r'/cm$	平均位置 $\bar{r}/cm$	逐差长度 $\delta L/cm$
0	99.97	99.97	2.86	2.87	2.87	0.60
1	199.94	299.91	2.97	2.98	2.98	0.60
2	200.00	499.91	3.09	3.1	3.10	0.59
3	199.98	699.89	3.23	3.23	3.23	0.58
4	199.98	899.87	3.36	3.35	3.36	0.57
5	199.91	1099.78	3.47	3.46	3.47	-
6	199.92	1299.70	3.57	3.58	3.58	-
7	200.05	1499.75	3.68	3.69	3.69	-
8	199.50	1699.25	3.80	3.81	3.81	-
9	200.07	1899.32	3.92	3.92	3.92	-

1.1.3 梁的弯曲测量杨氏模量

表 7: 实验所用砝码组

砝码编号 $i$	1	2	3	4	5	6
砝码质量 $\Delta m_i/g$	200.11	200.81	200.03	200.11	200.57	200.14

表 8: 梁的宽度

宽度 $a_i/mm$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$
读数	9.94	9.92	9.90	9.84	9.86	9.84

表 9: 梁的厚度

厚度 $h_i/mm$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$h_6$
读数	1.499	1.521	1.532	1.519	1.541	1.539

表 10: 逐个依次添加砝码所得挠度值

次数 $i$	本次添加砝码质量 $\Delta m_i/g$	砝码总重量 $m_i/g$	正向挠度 $\lambda/cm$	反向挠度 $\lambda'/cm$	平均挠度 $\bar{\lambda}/cm$	逐差长度 $\delta\lambda/cm$
1	200.11	200.11	37.585	37.460	37.523	-2.458
2	200.81	400.92	36.770	36.692	36.731	-2.503
3	200.03	600.95	35.932	35.827	35.880	-2.503
4	200.11	801.06	35.111	35.018	35.065	-
5	200.57	1001.63	34.271	34.185	34.228	-
6	200.14	1201.77	33.422	33.332	33.377	-

## 1.2 一次测量物理量测量数值及其不确定度

### 1.2.1 利用 CCD 测量金属的杨氏模量

在本实验中，一次测量物理量分别是铁丝的长度，以及螺旋测微计的零点位置。利用公式：

$$\sigma = \frac{e}{\sqrt{3}}$$

及实际测量数据可得下表：

表 11: 本实验中一次测量物理量及其不确定度

物理量	铁丝长度 $L \pm \sigma_L/cm$	螺旋测微计零点读数 $d_0 \pm \sigma_d/mm$
值	$80.41 \pm 0.06$	$-0.003 \pm 0.002$

### 1.2.2 利用光杠杆测量金属的杨氏模量

在本实验中，一次测量物理量分别是铁丝的长度，螺旋测微计的零点位置，光杠杆臂长以及望远镜的工作距离。利用公式：

$$\sigma = \frac{e}{\sqrt{3}}$$

及实际测量数据可得下表：

表 12: 本实验中一次测量物理量及其不确定度

物理量	铁丝长度 $L \pm \sigma_L/cm$	螺旋测微计零点读数 $d_0 \pm \sigma_d/mm$	工作距离 $R \pm \sigma_R/cm$	光杠杆臂长 $D \pm \sigma_D/cm$
数值	$77.60 \pm 0.06$	$-0.003 \pm 0.002$	$136.49 \pm 0.06$	$9.20 \pm 0.01$

### 1.2.3 梁的弯曲测量杨氏模量

在本实验中，一次测量物理量分别是金属梁的有效长度及螺旋测微计的零点位置。利用公式：

$$\sigma = \frac{e}{\sqrt{3}}$$

及实际测量数据可得下表：

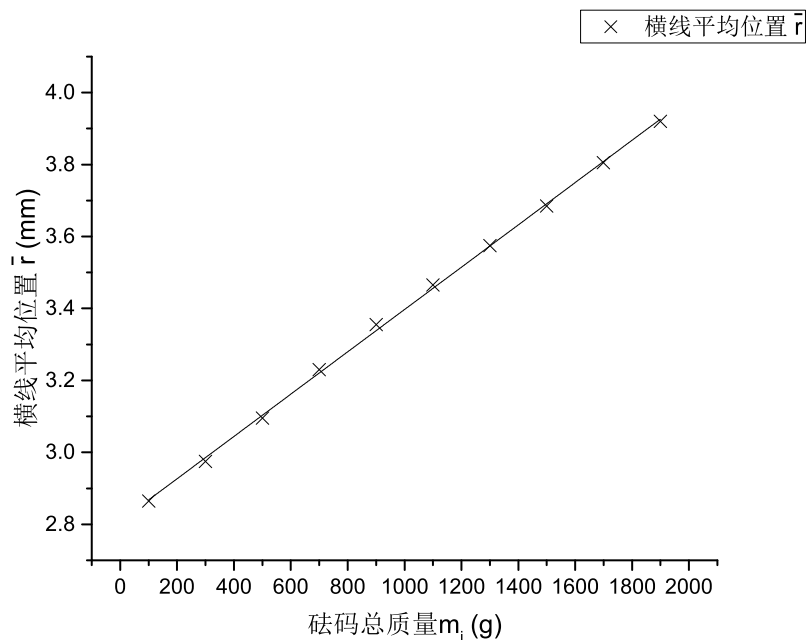
表 13: 本实验中一次测量物理量及其不确定度

物理量	金属梁有效长度 $L \pm \sigma_L/cm$	螺旋测微计零点读数 $h_0 \pm \sigma_h/mm$
数值	$23.32 \pm 0.01$	$-0.021 \pm 0.02$

## 1.3 用逐差法和最小二乘法处理数据

### 1.3.1 利用 CCD 测量金属的杨氏模量

根据前文所展示的实验数据，可作  $\bar{r}$  与  $m$  关系图如下：

图 1: 本实验中  $\bar{r}$  与  $m$  数据图

## 1.4 分析与讨论

### 1.4.1 $\Delta r$ 偏大

考虑到开始时钢丝没有拉直，因此，最初的一两个砝码会将金属丝拉直，而在这过程中，相应的  $\Delta r$  也会偏大。

### 1.4.2 $\Delta r$ 偏小

若开始时，装置的调节未做好，使得下端圆柱与限转螺丝存在摩擦，则最初时刻的  $\Delta r$  会因存有摩擦力而较小。

## 2 收获和感想

在课下准备本次实验的时候，我其实并没有感到非常紧张。一来，室友已做过这个实验，可以向他取经；二来，我自己在高中也做过这个实验。

但是，真正实际操作的时候，我却并没有像想象中那般轻松。

一来，进行实验的时候，有一些长度的测量对“身材”提出了要求；二来，我的 CCD 似乎对我有一些意见……

当然了，结束实验进行总结时，我不由的感叹实验设计的精妙。

在我看来，测量杨氏模量的重要一环，在于将微小的形变放大。无论是搭配了显微镜的 CCD，光杆杆还是读数显微镜，都是为了完成这一目标。推而广之，许多实验中，实验设计里都存在着这些将不可观测量转化为可观测量的精妙构想。

在实验课程的学习中，我也要培养自己的实验设计能力，培养自己设计将无法直接测量的物理量进行转化，将低精度测量量转化为高精度的测量量的能力。