



# 实 验 报 告

评分：5-

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-5-14

得到相当于每次加 2000g 的四次测量数据，如设  $b_0 = \overline{r_4} - \overline{r_0}$ ， $b_1 = \overline{r_5} - \overline{r_1}$ ， $b_2 = \overline{r_6} - \overline{r_2}$  和  $b_3 = \overline{r_7} - \overline{r_3}$  并求出平均值和误差。

将测得各量代入式 (5) 计算 E，并求出其误差 ( $E/E$  和  $E$ )，正确表述 E 的测量结果。

## (2) 作图法

把式 (5) 改写为

$$r_i = 2DLF_i / (SIE) = MF_i \quad (6)$$

其中  $M = 2DL / (SIE)$ ，在一定的实验条件下，M 是一个常量，若以  $\overline{r_i}$  为纵坐标， $F_i$  为横坐标作图应得一直线，其斜率为 M。由图上得到 M 的数据后可由式 (7) 计算杨氏模量

$$E = 2DL / (SIM) \quad (7)$$

## 4. 注意事项

- (1) 调整好光杠杆和镜尺组之后，整个实验过程都要防止光杠杆的刀口和望远镜及竖尺的位置有任何变动，特别在加减砝码时要格外小心，轻放轻取。
- (2) 按先粗调后细调的原则，通过望远镜筒上的准星看反射镜，应能看到标尺，然后再细调望远镜。调目镜可以看清叉丝，调聚焦旋钮可以看清标尺。

实验数据：

实验中给定的基本数据如下：

一个砝码的质量  $m = (500 \pm 5) \text{ g}$ ， $m = 5 \text{ g}$ ， $D = 2 \text{ mm}$ ， $L = 2 \text{ mm}$ ， $l = 0.2 \text{ mm}$

实验中测量得到的数据如下：

钢丝直径 d (六次测量结果)：0.290mm，0.291mm，0.296mm，0.296mm，0.297mm，0.292mm

钢丝原长  $L = 1005.0 \text{ mm}$ ，光杠杆的臂长  $l = 72.0 \text{ mm}$ ，标尺到平面镜的距离  $D = 1280.0 \text{ mm}$

	加砝码过程刻度 (cm)	减砝码过程刻度 (cm)	平均值 (cm)
$r_0$	3.81	3.82	3.815
$r_1$	2.50	2.49	2.495
$r_2$	1.20	1.20	1.200
$r_3$	-0.08	-0.09	-0.085
$r_4$	-1.39	-1.39	-1.390
$r_5$	-2.67	-2.66	-2.665
$r_6$	-3.94	-3.93	-3.935
$r_7$	-5.21	-5.21	-5.210

表一：增减砝码过程中刻度指示的变化

数据处理：

金属丝直径的平均值  $\overline{d} = \frac{0.290 + 0.291 + 0.296 + 0.296 + 0.297 + 0.292}{6} \text{ mm} = 0.2937 \text{ mm}$

金属丝直径的标准差

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{(0.290 - 0.2937)^2 + (0.291 - 0.2937)^2 + (0.296 - 0.2937)^2 + (0.296 - 0.2937)^2 + (0.297 - 0.2937)^2 + (0.292 - 0.2937)^2}{6 - 1}} \text{ mm} = 0.0301 \text{ mm}$$

那么它的展伸不确定度为

# 实 验 报 告

评分：5-

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-5-14

$$U_{d0.68} = \sqrt{(t_{0.68} \frac{\sigma_L}{\sqrt{n}})^2 + (k_P \frac{\Delta_B}{C})^2} = \sqrt{(1.14 \times \frac{0.0301}{\sqrt{6}})^2 + (1 \times \frac{0.005}{3})^2} mm = 0.0141 mm, P = 0.68$$

先考虑逐差法处理刻度：

$$b_0=r_0-r_4=5.205cm, b_1=r_1-r_5=5.160cm, b_2=r_2-r_6=5.135cm, b_3=r_3-r_7=5.125cm$$

$$\text{其平均值 } \bar{b} = \frac{5.205 + 5.160 + 5.135 + 5.125}{4} cm = 5.156 cm$$

其标准差

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{(5.205 - 5.156)^2 + (5.160 - 5.156)^2 + (5.135 - 5.156)^2 + (5.125 - 5.156)^2}{4 - 1}} cm = 0.036 cm$$

那么 b 的展伸不确定度为：

$$U_{b0.68} = \sqrt{(t_{0.68} \frac{\sigma_L}{\sqrt{n}})^2 + (k_P \frac{\Delta_B}{C})^2} = \sqrt{(1.14 \times \frac{0.036}{\sqrt{4}})^2 + (1 \times \frac{0.05}{3})^2} cm = 0.026 cm, P = 0.68$$

根据杨氏模量的表达式  $E = \frac{2DLF}{Slb} = \frac{8DLF}{\pi b d^2}$ ，那么可以求得

$$\bar{E} = \frac{8DLF}{\pi b d} = \frac{8 \times 1280.0 mm \times 1005.0 mm \times 2 \times 9.8 N}{3.14 \times 72.0 mm \times (0.2937 mm)^2 \times 5.156 cm} = 2.006 \times 10^7 N / cm^2$$

又根据不确定度的传递公式，那么有

$$\begin{aligned} \frac{\Delta E}{\bar{E}} &= \sqrt{(\frac{\Delta D}{D})^2 + (\frac{\Delta L}{L})^2 + (\frac{\Delta F}{F})^2 + (\frac{\Delta l}{l})^2 + (\frac{U_{b0.68}}{\bar{b}})^2 + 2^2 (\frac{U_{d0.68}}{\bar{d}})^2} \\ &= \sqrt{(\frac{2}{1280.0})^2 + (\frac{2}{1005.0})^2 + (\frac{20}{2000})^2 + (\frac{0.2}{72.0})^2 + (\frac{0.036}{5.156})^2 + 4 \times (\frac{0.0141}{0.2937})^2} = 0.097 \end{aligned}$$

不是用这个公式

所以  $E = 0.1943 \times 10^7 N / cm^2$

最终结果写成

$$E = \bar{E} \pm \Delta E = (2.01 \pm 0.19) \times 10^7 N / cm^2, P = 0.68$$

再考虑用图象法处理：

# 实 验 报 告

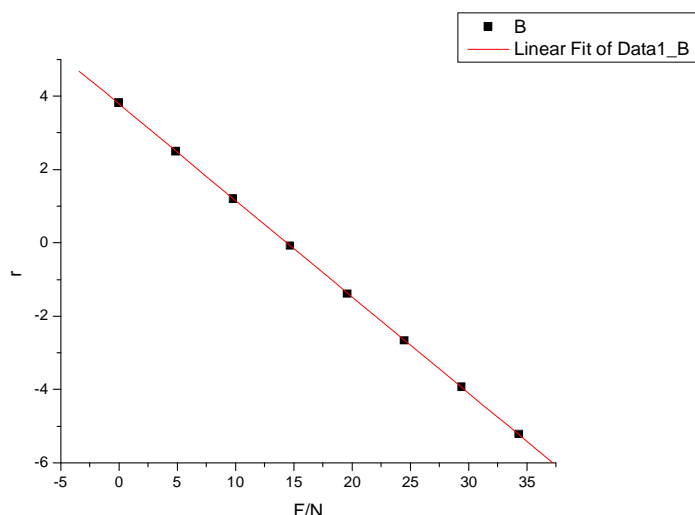
评分：5-

少年班 系 06 级

学号 PB06000680

姓名 张力

日期 2007-5-14



图一：r-F 图

利用 ORIGIN 读出斜率为  $M=0.26294$  (取绝对值后), 那么根据公式计算得

$$E = 2DL/(SIM) = \frac{2 \times 1280.0 \times 1005.0}{\frac{1}{4} \times 3.14 \times (0.2937)^2 \times 72.0 \times 0.26294} N/cm^2 = 2.00(7) \times 10^7 N/cm^2$$

误差分析和上述类似。

实验小结：实验过程中最困难的就是实验中光学仪器的调整，但是我在实验过程中比较顺利，很快就找到了标尺的像并且调整清晰，然后在比较短的时间内顺利完成了实验。这个实验的数据处理比较麻烦，从测量所得结果和误差分析结果来看，实验是比较成功的，在一定误差范围内测得了钢丝的杨氏模量。其中用逐差法和作图法所得到的结果基本一致，可以认为结果是可靠的。

思考题：

利用光杠杆把测微小长度  $L$  变成测  $b$ ，光杠杆的放大率为  $2D/l$ ，根据此式能否以增加  $D$  减小  $l$  来提高放大率，这样做有无好处？有无限度？应怎样考虑这个问题？

Sol：理论上讲，增加  $D$  减小  $l$  是可以提高放大率的，但是在实际的操作过程中，在大多数情况下，一定的放大率已经能够保证人的观测和实验精确度，况且若增大  $D$ ，那么在调整仪器过程中找到标尺的像会更加困难，若减小  $l$ ，那么对  $l$  的测量的误差会变得更大大，同时，放大率如果过大，刻度变化太大，会造成砝码加到一定数量后就已经超过标尺量程，实验无法完成。综合来看，应该使放大率保持在一个合适的数值，过小会造成放大效果不佳，过小会造成实际操作的困难。