实验报告
拉伸法测量钢丝的杨氏模量

少年班学院
马天开 PB21000030

2022 年 5 月 9 日

1 实验背景及目的

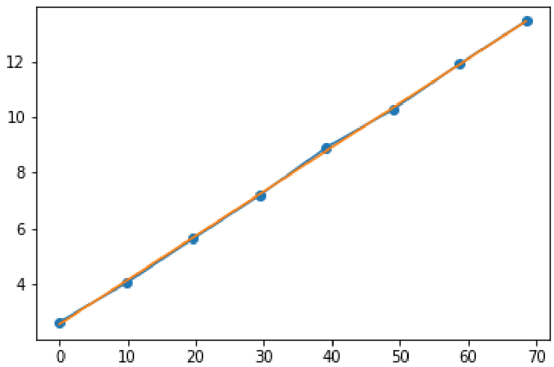
实验背景：杨氏模量是描述刚性材料在弹性限度内材料拉伸（或压缩）性能的物理量，仅取决于材料本身的性质，与尺寸、形状、外力大小（弹性限度内）无关。更具体地说，杨氏模量越大，物体约不容易发生形变。

$$E = (F/S)/(\Delta L/L) = FL/S\Delta L$$

实验目的：利用光杠杆放大法测量形变量，利用线性回归给出钢丝杨氏模量的计算值。

2 实验原理

实验装置下图所示：



其中金属丝的长度约为 $1m$，上端加紧在支架顶部。金属丝的下部连接了一个管制器，管制器连有一个法玛托盘。

通过调节砝码盘上法码的数量可以调整受力。

在望远镜的像中读数可以得到 ΔL，从而计算出杨氏模量。

3 实验过程

- 调节仪器：保持支架、工作平台水平；调整平台上下位置，与管制器顶部齐平。
- 调节光杠杆的刀口嵌入管制器平台对应位置
- 调节望远镜、直尺、光杆杆之间的相对位置，调整望远镜目镜及物镜焦距，使标尺清晰。
- 在砝码托上逐次曾加砝码，记录每增加一个砝码后标尺像的读数 b_i，然后再逐次减去，记录对应的读数 b_i，取两次记录的平均值。
- 测量金属丝长度 L，平面镜与标尺之间的距离 D，光杠杆的臂长 l，金属丝的直径 d

4 实验数据

b_i 的读数：

砝码数	读数 1	读数 2	平均值
m_0	2.67	2.60	2.635
m_0+m	4.00	4.06	4.03
m_0+2m	5.53	5.71	5.62
m_0+3m	6.92	7.45	7.185
m_0+4m	8.58	9.23	8.905
m_0+5m	9.88	10.65	10.265
m_0+6m	11.40	12.41	11.905
m_0+7m	13.30	13.60	13.45

螺旋测微器零示数：$-0.010cm$

直径 d 的读数：$0.267cm, 0.271cm, 0.273cm$

金属丝的长度 L：$81.90cm, 81.82cm, 81.79cm$

距离 D：$157.42cm, 157.31cm, 157.53cm$

光杠杆的长度 l：$7.02cm, 7.05cm, 7.03cm$

单个砝码重量：$0.5kg$（标称值）

5 数据处理

由以上数据，首先计算出各项的平均值分别为：

$$\begin{cases} \bar{d} = 0.280cm \\ \bar{L} = 81.84cm \\ \bar{D} = 157.42cm \\ \bar{l} = 7.03cm \end{cases}$$

同时，由于测量次数均为 $n=3$，可以计算出各组的 A 类不确定度分别为：

$$\begin{cases} u_{A(d)} = 0.00178cm \\ u_{A(L)} = 0.0329cm \\ u_{A(D)} = 0.0635cm \\ u_{A(l)} = 0.00913cm \end{cases}$$

钢丝的长度 L，取置信区间 0.997：

$$\Delta L = 1.2mm, C = 3$$

$$\therefore u_{B(l)} = 0.0004m$$

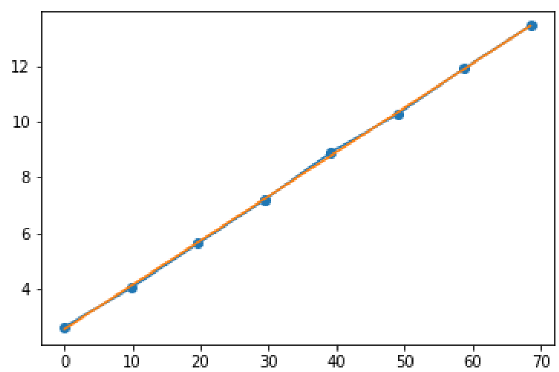
类似的，可以计算出：

$$\begin{cases} u_{A(d)} = 0.00013cm \\ u_{A(L)} = 0.04cm \\ u_{A(D)} = 0.04cm \\ u_{A(l)} = 0.04cm \end{cases}$$

所以，最后计算各测量值的展伸不确定度为：

$$\begin{cases} U_d = 0.00178cm \\ U_L = 0.0331cm \\ U_D = 0.075cm \\ U_l = 0.041cm \end{cases}$$

另外计算受力 F_i，取重力加速度 $g = 9.79m/s^2$，做 $b_i \sim F_i$ 的图像：



回归直线：$b_i = 0.159 * F_i + 2.552$

由公式 $E = \dfrac{2DLF}{Slb}$，得到：

$b_i = \dfrac{2DLF_i}{SLE} = \dfrac{8DLF_i}{\pi d^2 lE}$

$\therefore E = \dfrac{8DL}{\pi d^2 lk} = 1.9253 \times 10^{11} N/m^2$

同时，斜率的标准差 S_k 满足：

$S_k = k \cdot \sqrt{\dfrac{\frac{1}{R^2} - 1}{n-2}} = 0.796 \times 10^{-5}$

综上，E 的不确定度满足：

$$\frac{U_E}{E} = \sqrt{4(\frac{U_d}{d})^2 + (\frac{U_l}{l})^2 + (\frac{U_L}{L})^2 + (\frac{U_D}{D})^2 + (\frac{t_p S_k}{k})^2}$$

=0.014

$$\therefore \Delta E = 0.027 \times 10^{11} N/m^2$$

6 实验结论

$E = 1.9253 \pm 0.027 \times 10^{11} N/m^2 (P = 0.997)$，与公认值 $2.0 \times 10^1 1 N/m^2$ 的相对误差在 $\omega = 3.7\%$，符合预期。

7 思考题

- 利用光杠杆把测微小长度 ΔL 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？

  可以提高放大率，但受限于标尺量程，有可能会导致实验测量的数据点减少，从而影响精度。

- 实验中，各个长度量用不同的仪器来测量是怎样考虑的，为什么？

  要综合考虑待测物体的长度是否超出量程范围，并且考虑精度来尽可能降低不确定度。