

班号 自动化5班 学号 190320517姓名 葛旭

教师签字

钟瑞 2020.11.10.实验日期 11.10

组号

B4

预习成绩

总成绩

实验(二) 拉伸法测杨氏弹性模量

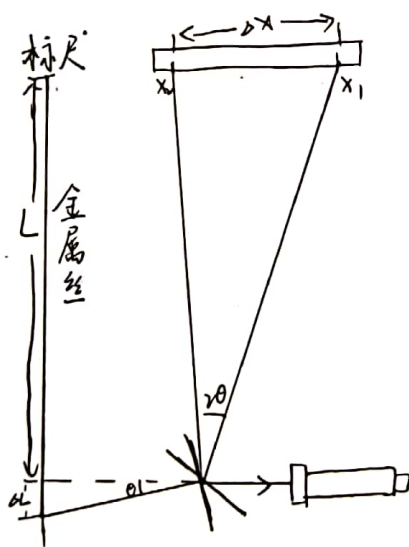
一. 实验目的

1. 掌握测量微小长度变化的基本实验方法: 光杠杆法的原理
2. 研究用拉伸法测量给定金属丝的杨氏弹性模量
3. 掌握用逐差法处理实验数据

二. 实验原理

光杠杆原理: 利用平面镜转动, 将微小角位移
放大成较大的线位移后进行测量微小长度变化
即将很难测量的 ΔL , 转换为易于测量的标尺差 Δx .

其中 $\Delta L = D \cdot \theta$, $\Delta x = H \cdot 2\theta$ 因此 $\Delta x = \frac{2H}{D} \cdot \Delta L$



三. 数据处理

$$L = 72.21 \text{ cm} \quad H = 67.90 \text{ cm} \quad D = 50.70 \text{ mm} \quad d_0 = -0.005 \text{ mm}$$

$$\bar{d}_{\text{测}} = \frac{0.602 + 0.601 + 0.607 + 0.602 + 0.611 + 0.603}{6} \text{ mm} = 0.604 \text{ mm}$$

$$\bar{d} = \bar{d}_{\text{测}} + d_0 = 0.599 \text{ mm}$$

$$\bar{E} = \frac{8 \rho g L H}{\pi D (\bar{d})^2} \frac{1}{\bar{\alpha}} = \frac{8 \times 9.78 \times 72.21 \times 10^{-2} \times 67.9 \times 10^{-2}}{\pi \times 50.7 \times 10^{-3} \times (0.599 \times 10^{-3})^2 \times 3.424 \times 10^{-2}} = 1.9604 \times 10^{11} = 196.04 \text{ GPa}$$

$$U_L = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.8 \times 10^{-3}}{72.21} = 4.6188 \times 10^{-6} \quad U_H = U_L = 4.6188 \times 10^{-6} \quad U_D = \frac{0.02 \times 10^{-3}}{50.7} = 1.1547 \times 10^{-5}$$

$$U_{\bar{d}} = \frac{0.003}{0.599} = 0.0029 \quad U_d = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \quad \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.004}{72.21} = 0.0023$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (d_{\text{测}i} - \bar{d}_{\text{测}})^2}{6 \times (6-1)}} = \sqrt{\frac{(0.002 \times 10^{-3})^2 + (0.003 \times 10^{-3})^2 + (0.003 \times 10^{-3})^2 + (0.002 \times 10^{-3})^2 + (0.001 \times 10^{-3})^2 + (0.001 \times 10^{-3})^2}{30}}$$

$$= 1.5916 \times 10^{-6}$$

$$\therefore U_d = 0.0023 \quad \Delta X = \frac{(x_9 + x_8 + x_7 + x_6 + x_5) - (x_4 + x_3 + x_2 + x_1 + x_0)}{25} \quad \bar{\Delta X} = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{x}_{i+5} - \bar{x}_i}{25}$$

$$\bar{x}_i = \frac{x_i^+ + x_i^-}{2} \quad E_{\Delta X} = \frac{U_{\Delta X}}{\bar{\Delta X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 \left(\frac{\partial \Delta X}{\partial x_i}\right)^2 U_{x_i}^2}{25}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{x_i^2} U_{x_i}^2}{25}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 \frac{4 U_{x_i}^2}{(x_i^+ + x_i^-)^2}}{25}}$$

$$S_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^2 (x_i^+ - \bar{x}_i)^2 + (x_i^- - \bar{x}_i)^2}{2 \times (2-1)}} = \frac{|x_i^+ - x_i^-|}{2} = \frac{4.6 \times 10^{-4}}{2} \quad U_{x_i} = \sqrt{S_{\bar{x}_i}^2 + \left(\frac{\Delta x}{C}\right)^2}$$

$$\therefore E_{\Delta X} = \frac{U_{\Delta X}}{\bar{\Delta X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i^+ - x_i^-)^2 + \frac{4}{3} (\pi)^2}{(x_i^+ + x_i^-)^2}} = 0.0110 \quad \therefore U_{\Delta X} = 0.011 \times 0.3424 \times 10^{-2} = 3.7664 \times 10^{-5}$$

$$\therefore \bar{E}_E = \frac{U_E}{\bar{E}} = \sqrt{\frac{U_L^2}{L^2} + \frac{U_H^2}{H^2} + \frac{U_D^2}{D^2} + \frac{U_{\bar{d}}^2}{(\bar{d})^2} + \frac{U_{\Delta X}^2}{(\bar{\Delta X})^2}} = 0.0114 \times 100\% = 1.14\%$$

$$U_E = \bar{E} \cdot \bar{E}_E = 1.9604 \times 10^{11} \times 0.0114 = 2.2349 \times 10^9 = 2.2349 \text{ GPa}$$

$$\therefore E = \bar{E} \pm U_E = (196.04 \pm 2.24) \text{ GPa}$$

$$\bar{E}_E = 1.14\%$$

$$\text{置信概率 } P = 68.3\%$$



四. 实验结论及现象分析

随着拉力的增加, 细丝逐渐绷紧,

最上方的标尺示数发生变化.

结论: 通过各物理量的测量, ^{利用光杠杆法}可以算得
细金属丝的杨氏模量.

五. 讨论问题

1. 材料相同, 但粗细长度不同的两根钢丝它们的杨氏模量是否相同?
相同. 杨氏模量是沿纵向的弹性模量. 根据胡克定律, 在物体的弹性限度内, 应力与应变成正比, 仅取决于材料本身的物理性质, 与尺寸无关.
2. 从误差分析的角度分析为什么同是长度测量, 需要采用不同量具?
因为对不同的物理量, 需要的精度不同, 所以要用不同量具进行测量.
3. 实验过程为什么加力和减力过程, 施力螺母不能回旋?
避免产生回程误差.
4. 用逐差法处理数据的优点是什么? 应注意什么问题?
系统误差一定的时候才可以使用, 这样使用逐差法可以避免系统误差对试验的影响.



实验现象观察与原始数据记录

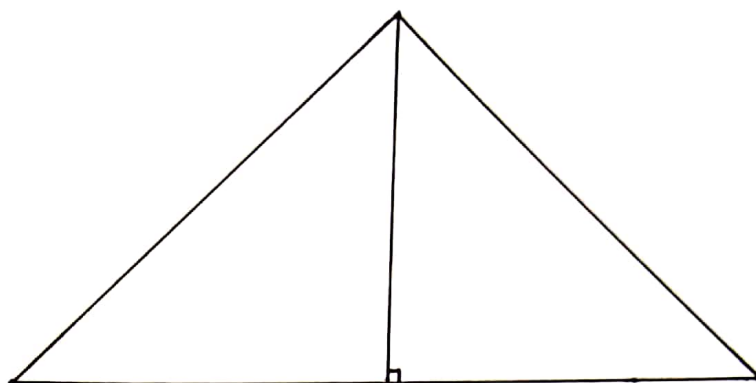
$$L = 72.21 \text{ cm}$$

$$H = 67.90 \text{ cm}$$

$$D = 5.11 \text{ cm}$$

游标卡尺

$$D = 50 + 35 \times 0.02 \text{ mm} = 50.70 \text{ mm}$$



$$d_0 = -0.5 \times 0.01 \text{ mm} = -0.005 \text{ mm}$$

d	1	2	3	4	5	6
	$0.5 + 10.2 \times 0.01$	$0.5 + 12.1 \times 0.01$	0.607 mm	0.602 mm	0.611 mm	0.603 mm
	$= 0.602 \text{ mm}$	$= 0.601 \text{ mm}$				

次数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_i(\text{kg})$	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
$(\text{cm}) X_i^+$	1.20	1.55	1.90	2.25	2.59	2.90	3.29	3.61	3.98	4.30
$(\text{cm}) X_i^-$	1.21	1.59	1.91	2.29	2.60	2.97	3.29	3.60	3.98	4.29
$X_i = \frac{X_i^+ + X_i^-}{2}$	1.205	1.57	1.905	2.27	2.595	2.935	3.29	3.605	3.98	4.295
\bar{x}	$= 0.3424 \text{ mm cm}$									

学生	姓名	学号	日期
签字			

教师	姓名
签字	钟瑞

2020.11.10.

