

班级 土木一班 学号 190410102 姓名 方尧 教师签字

实验日期 7.4 组号 C1 预习成绩 总成绩

实验（一） 拉伸法测杨氏弹性模量

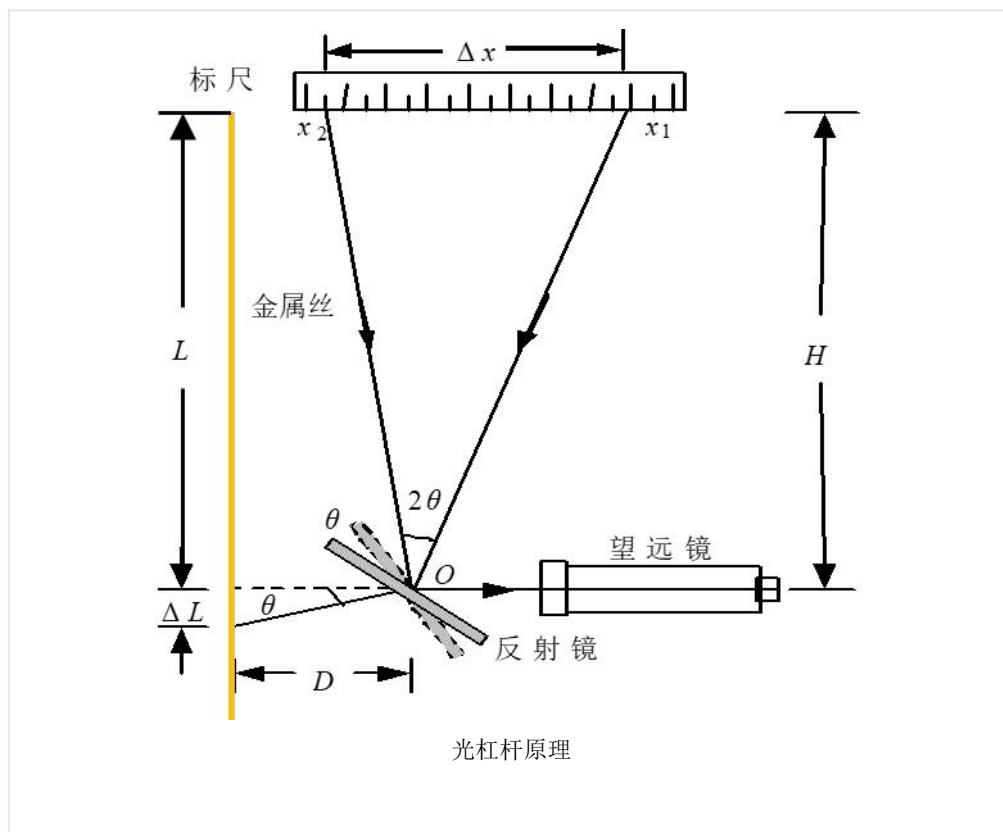
一. 实验目的

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

$$d_0 = -0.005\text{mm}; \text{直径平均值 } \bar{d} = \frac{1}{6} \cdot \sum_{i=1}^6 d_i + d_0 = 0.597\text{mm};$$

由公式 $x_i = \frac{1}{2} \cdot (x_i^+ + x_i^-)$ 可得

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
拉力视值	0kg	1kg	2kg	3kg	4kg	5kg	6kg	7kg	8kg	9kg
X_i/cm	2.31	2.75	3.23	3.70	4.15	4.61	5.08	5.54	6.01	6.47

$$\text{利用逐差法: } \frac{\Delta x}{m} = \frac{\sum_{i=1}^5 (x_{i+5} - x_i)}{5\text{kg} \times 5} = 4.626 \times 10^{-3} \text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\text{根据 } E = \frac{8mgLH}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{\Delta x} = \frac{8gLH}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{\Delta x/m}; \text{ 带入 } \frac{\Delta x}{m} \text{ 可得 } \bar{E} = 1.96 \times 10^{11} \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$E(m, L, H, d, D, \Delta x) = \frac{8mgLH}{\pi d^2 D} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}(x^+ + x^-)}$$

$$\ln E = \ln(16g/\pi) + \ln m + \ln L + \ln H - 2\ln d - \ln D - \ln(x^+ + x^-)$$

$$e = \frac{U}{\bar{E}} = \left[\left(\frac{\partial \ln E}{\partial m} \right)^2 \cdot U_m^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial L} \right)^2 \cdot U_L^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial H} \right)^2 \cdot U_H^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial d} \right)^2 \cdot U_d^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial D} \right)^2 \cdot U_D^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial x^+} \right)^2 \cdot U_{x^+}^2 + \left(\frac{\partial \ln E}{\partial x^-} \right)^2 \cdot U_{x^-}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(注:这里用 e 代表相对不确定度,避免与杨氏模量符号 E 重复)

$$m: \bar{m} = 4.5\text{kg}; \left. \frac{\partial \ln E}{\partial m} \right|_{m=\bar{m}} = \frac{1}{\bar{m}} = \frac{2}{9}; U_m = u_m = 0.005\text{kg};$$

$$L: \left. \frac{\partial \ln E}{\partial L} \right|_{L=0.716} = \frac{1}{L} \Big|_{L=0.716} = \frac{1}{0.716}; U_L = 0.8\text{mm} = 8 \times 10^{-4}\text{m};$$

$$H: \left. \frac{\partial \ln E}{\partial H} \right|_{H=0.684} = \frac{1}{H} \Big|_{H=0.684} = \frac{1}{0.684}; U_H = 0.8\text{mm} = 8 \times 10^{-4}\text{m};$$

$$d: \bar{d} = 5.97 \times 10^{-4}\text{m}; \left. \frac{\partial \ln E}{\partial d} \right|_{d=\bar{d}} = -\frac{2}{\bar{d}}; U_d = 0.004\text{mm} = 4 \times 10^{-6}\text{m};$$

$$D: \left. \frac{\partial \ln E}{\partial D} \right|_{D=0.0371} = -\frac{1}{D} = -\frac{1}{0.0371}; U_D = 0.02\text{mm} = 2 \times 10^{-5}\text{m};$$

$$x^+ \& x^- : \bar{x}^+ = 4.367 \text{ cm} = 4.367 \times 10^{-2} \text{ m}; \bar{x}^- = 4.367 \text{ cm} = 4.400 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\left. \frac{\partial \ln E}{\partial x^+} \right|_{x^+ = \bar{x}^+, x^- = \bar{x}^-} = \left. \frac{\partial \ln E}{\partial x^-} \right|_{x^+ = \bar{x}^+, x^- = \bar{x}^-} = - \left. \frac{1}{x^+ + x^-} \right|_{x^+ = \bar{x}^+, x^- = \bar{x}^-}$$

$$U_{x^+} = U_{x^-} = 0$$

$$\text{带入公式得到 } e = 1.36\%; U = e \cdot \bar{E} = 0.027 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$E = (\bar{E} \pm U) = (1.96 \pm 0.027) \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{相对不确定度 } e = \frac{U}{\bar{E}} = 1.36\%$$

$$P = 68.3\%$$

四. 实验结论及现象分析

$$E = (\bar{E} \pm U) = (1.96 \pm 0.027) \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{相对不确定度 } e = \frac{U}{\bar{E}} = 1.36\%$$

$$P = 68.3\%$$

五. 讨论问题

问题一：

相同；杨氏模量是材料的性质与形状等无关

问题二：

不同的两量具有不同的精度和量程适用于不同的测量量。对于米数量级和毫米数量级的测量量而言，所需要的精度不同，所要达到的测量目的不同。例如米为数量级的测量量用游标卡尺，显然量程不够，精度过大，得不偿失；以厘米为单位的测量量用米尺去测量，显然精度过低。故不同的测量量应当选用合适的量具去测量。

问题三：

本身测量加力和减力测量，就是为了消除回程差，若在加力和减力过程中，施力旋母回旋，则无法达到消除回程差的目的。

实验现象观察与原始数据记录

大学物理实验报告

哈尔滨工业大学(深圳)

实验现象观察与原始数据记录

表 1-1 一次性测量数据

L(mm)	H(mm)	D(mm)
716.0	684.0	37.10

表 1-2 金属丝直径测量数据 螺旋测微器零差 $d_0 = -0.005 \text{ mm}$

序号 i	1	2	3	4	5	6	平均值
直径视值 $d_{ni}(\text{mm})$	0.605	0.600	0.600	0.602	0.602	0.600	

表 1-3 加減力时标尺刻度与对应拉力数据

序号 i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
拉力视值 $f_i(\text{kg})$	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
加力时标尺刻度 $x_i^+(\text{mm})$	2.30	2.72	3.22	3.69	4.12	4.60	5.05	5.52	6.00	6.45
減力时标尺刻度 $x_i^-(\text{mm})$	2.32	2.78	3.24	3.70	4.18	4.62	5.10	5.55	6.02	6.49
平均标尺刻度(mm) $x_i = (x_i^+ + x_i^-)/2$										
标尺刻度改变量(mm) $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$										

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	7.4

教师	姓名
签字	韩建卫

1

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	7.4

教师	姓名
签字	