

实验名称 拉伸法测杨氏弹性模量

一、实验目的

1. 学习光杠杆测量微小长度变化的原理
2. 研究拉伸法测量金属丝杨氏弹性模量
3. 学习逐差法处理实验数据

二、实验预习

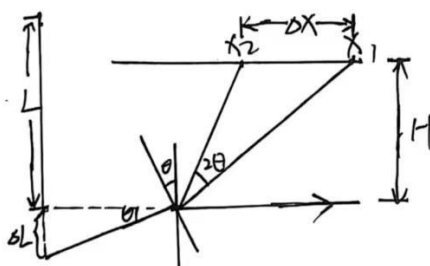
1. 杨氏模量的物理意义是什么? 国际单位是什么?

(1) 描述固体材料抵抗形变能力的物理量

$$2. E = \frac{4LF^2}{\pi d^2}, \text{单位 } N/m^2$$

2. 光杠杆法的原理是什么, 是如何实现微小量放大的? (画出测量原理光路图)。

原理: 通过转动平面镜, 将微小角度放大成较大的线位移, 再进行对微小长度的测量, $\Delta X = \frac{2H}{D} \cdot \Delta L$



3. 本实验需要测量哪些物理量来间接得到杨氏模量?

$L, H, D, d, \Delta X, f$

$$E = \frac{8mgLH}{\pi d^2 D \Delta X}$$

三、实验现象及数据记录

一次性测量数据


$L(\text{mm})$	$H(\text{mm})$	$D(\text{mm})$
723	681	44.10

金属丝直径测量数据 螺旋测微器零差 $d_0 = 0$ mm

序号 i	1	2	3	4	5	6	平均值
直径视值 $d_{\text{视}i}(\text{mm})$	0.60	0.59	0.59	0.60	0.59	0.61	0.60

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 $x_i^+(\text{mm})$	10.0	10.9	11.5	14.1	18.0	22.1	25.9	30.0	34.0	38.1
減力时标尺刻度 $x_i^-(\text{mm})$	10.1	11.1	12.1	15.5	19.3	22.7	27.0	30.5	34.9	38.3
平均标尺刻度 (mm) $x_i = (x_i^+ - x_i^-)/2$	10.05	11.00	11.80	14.80	18.15	22.40	26.45	30.25	34.45	38.20
标尺刻度改变量 (mm) $\Delta x_i = x_{i+5} - x_i$	12.35	15.45	18.45	17.65	17.05					

教师	姓名
签字	

四. 数据处理

(要有详细的计算过程, 推导不确定度的表达式, 计算杨氏模量及其不确定度, 给出完整的测量结果表达形式)

金属丝数据:

数据含 A、B 类不确定度, 仪器误差可以认为满足均匀分布规律

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^6 d_i}{6} = 0.597 \text{ mm} \quad L: U_L = \frac{0.6}{3} = 0.27 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^6 (d_i - \bar{d})^2}}{\sqrt{6 \times (6-1)}} = 0.0003 \text{ mm}$$

$$L = L \pm U_L = (723.0 \pm 0.3) \text{ mm}$$

$$E_L = \frac{U_L}{L} = 0.041\%$$

$$P = 68.3\%$$

$$B = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023 \text{ mm}$$

$$H: U_H = \frac{0.6}{3} = 0.77 \text{ mm}$$

$$U_d = \sqrt{A^2 + B^2} = 0.0040$$

$$H = H \pm U_H = (681.0 \pm 0.3) \text{ mm}$$

$$E_H = \frac{U_H}{H} = 0.044\%$$

$$P = 68.3\%$$

$$\therefore d = (0.597 \pm 0.003) \text{ mm}$$

$$E_d = \frac{U_d}{d} = 0.84\%$$

$$P = 68.3\%$$

$$D: U_D = \frac{0.02}{3} = 0.007 \text{ mm}$$

$$D = D \pm U_D = (44.10 \pm 0.01) \text{ mm}$$

$$E_D = \frac{U_D}{D} = 0.023\%$$

$$P = 68.3\%$$

拉力数据处理同上

$$\bar{\Delta x}_{av} = \frac{\sum_{i=1}^5 \Delta x_i}{5} = 16.88 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^5 (\Delta x_i - \bar{\Delta x}_{av})^2}}{\sqrt{5 \times (5-1)}} = \frac{1.367 \text{ mm}}{1.367 \text{ mm}}$$

$$B = \frac{\sqrt{2} \times 0.5}{\sqrt{3}} = 0.408 \text{ mm}$$

$$U_{\Delta x} = \sqrt{A^2 + B^2} = 1.426 \text{ mm}$$

$$\therefore \Delta x = (16.88 \pm 1.5) \text{ mm}$$

$$E_{\Delta x} = 8.83\%$$

$$P = 68.3\%$$

可得杨氏模量

$$E = \frac{8mgLH}{\pi d^3 D \Delta x} = (2.30 \pm 0.21) \times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$E_u = 8.0\%$$

$$P = 68.3\%$$

五. 实验结论及误差分析

结论: 金属丝的杨氏模量为 $(2.30 \pm 0.21) \times 10^{11} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$,

不确定度 E_u 为 9.00%, 置信概率为 ~~68.3%~~ 68.3%

在不确定度计算中, 数值最大的为 $\frac{U_{0x}}{\sigma_{xav}}$, 因此标尺是最主要的误差来源

六. 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, 杨氏模量只与材料相关

2. 从误差分析的角度分析为什么同是长度测量, 需要采用不同的量具?

不同测量工具的量程与误差不同, 所以物体长度大小决定具体该选择哪种量具.

3. 实验过程中为什么加力和减力过程, 施力螺母不能回旋?

若进行回旋会导致回程误差, 降低实验准确性.

4. 用逐差法处理数据的优点是什么? 应该注意什么问题?

(1) 可充分利用每组数据, 使实验结果更准确.

(2) 测量数据组数应为偶数