

实验(二) ^法拉伸法测杨氏弹性模量

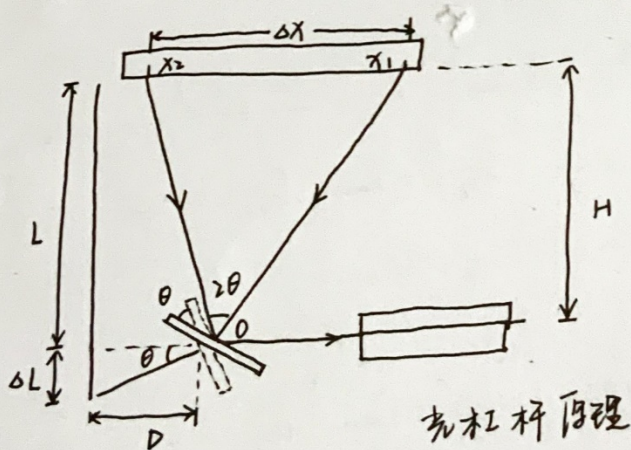
一. 实验目的

- ① 掌握测量微小长度变化的基本实验方法: 光杠杆法
- ② 研究用拉伸法测量金属丝的杨氏弹性模量

二. 实验原理 ③ 掌握用逐差法处理实验数据.

光杠杆: 利用平面镜转动, 将微小角位移放大成较大的线位移后, 再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

$$\bar{\Delta x} = \frac{(\bar{x}_9 + \dots + \bar{x}_5) - (\bar{x}_4 + \dots + \bar{x}_0)}{25} = 3.7 \text{ mm}$$

$$\bar{E} = \frac{8 \Delta m g L H}{\pi D d^2} \cdot \frac{1}{\Delta x}$$

$$\bar{E} = \frac{8 \Delta m g L H}{\pi D (d)^2} \cdot \frac{1}{\Delta x} = \frac{8 \times 1.00 \text{ kg} \times 9.78 \text{ m/s}^2 \times 721.6 \text{ mm} \times 677.5 \text{ mm}}{3.1415 \times 45.92 \text{ mm} \times (0.600 \text{ mm})^2 \times 3.7 \text{ mm}} = 1.991 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$U_L = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}} = \frac{0.8 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 4.6 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$U_H = \frac{\Delta H}{\sqrt{3}} = \frac{0.8 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 5 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$U_D = \frac{\Delta D}{\sqrt{3}} = \frac{0.02 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

$$U_{\Delta m} = \frac{\Delta \Delta m}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 2.9 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$S_{d_{\text{avg}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (d_{\text{avg}i} - \bar{d}_{\text{avg}})^2}{6 \times 5}} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$U_{db} = \frac{\Delta d_b}{\sqrt{3}} = \frac{0.004 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 2.3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$U_d = \sqrt{(S_{d_{\text{avg}}})^2 + (U_{db})^2} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E_{\Delta x} = \frac{\Delta \Delta x}{\Delta x} S_{\bar{x}_0} = \frac{|\bar{x}_0^+ - \bar{x}_0^-|}{2} = 0.1 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_1} = \frac{|\bar{x}_1^+ - \bar{x}_1^-|}{2} = 0.1 \text{ mm}$$

同理 $S_{\bar{x}_2} = 0.2 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_3} = 0.2 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_4} = 0.2 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_5} = 0.2 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_6} = 0.1 \text{ mm}$

$S_{\bar{x}_7} = 0.1 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_8} = 0.2 \text{ mm} \quad S_{\bar{x}_9} = 0.2 \text{ mm}$

由 $U_{x_i} = \sqrt{(S_{\bar{x}_i})^2 + (\frac{\Delta x}{\bar{x}_i})^2}$ 得

$U_{x_0} = 0.3 \text{ mm} \quad U_{x_1} = 0.3 \text{ mm} \quad U_{x_2} = 0.4 \text{ mm} \quad U_{x_3} = 0.4 \text{ mm} \quad U_{x_4} = 0.4 \text{ mm}$

$U_{x_5} = 0.4 \text{ mm} \quad U_{x_6} = 0.3 \text{ mm} \quad U_{x_7} = 0.3 \text{ mm} \quad U_{x_8} = 0.4 \text{ mm} \quad U_{x_9} = 0.4 \text{ mm}$

$$U_{\Delta x} = E_{\Delta x} = \sqrt{\sum_{i=0}^9 \frac{4 U_{x_i}^2}{(\bar{x}_i^+ + \bar{x}_i^-)^2}} = \sqrt{\frac{4 \times (0.3 \times 10^{-3})^2}{(19.8 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.3 \times 10^{-3})^2}{(27.8 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(35.4 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(43.2 \times 10^{-3})^2} +$$

$$\frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(50.4 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(58.4 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.3 \times 10^{-3})^2}{(66 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.3 \times 10^{-3})^2}{(73.8 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(81.6 \times 10^{-3})^2} + \frac{4 \times (0.4 \times 10^{-3})^2}{(89 \times 10^{-3})^2}$$

$$E_{\Delta E} = \frac{U_E}{\bar{E}} = \sqrt{\frac{U_L^2}{L^2} + \frac{U_H^2}{H^2} + \frac{U_D^2}{D^2} + \frac{U_{\Delta m}^2}{\Delta m^2} + \frac{4 U_d^2}{d^2} + E_{\Delta x}^2} = 0.3\%$$

$U_E = \bar{E} E_{\Delta E} = 6 \times 10^8 = 0.006 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

$\therefore \bar{E} =$

$\therefore E = (1.991 \pm 0.006) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

$E_E = 0.3\%$

置信概率 $P = 68.3\%$

四. 实验结论及现象分析

实验测得钢丝的杨氏模量

$$E = (1.991 \pm 0.006) \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$E_E = 0.3\%$$

$$\text{置信概率 } P = 68.3\%$$

五. 讨论问题

1. 材料相同, 但粗细、长度不同的两根钢丝, 其杨氏模量是否相同?

答: 杨氏模量仅与材料有关, 因此这两根钢丝杨氏模量相同.

2. 从误差分析的角度分析为什么同是长度测量, 所用量具不同?

答: 不同量具的误差大小不同, 当测量较长距离时, 可采用大量程

误差较大的量具, 当测量长度较短时, 则应采用量程较小,

误差较小的量具来降低相对误差.

3. 实验中为什么加力减力时, 砝码螺母不能回旋?

答: 由于实验器材原因, 在同方向砝码螺母进行测量时, 若相反方向
转动砝码螺母, 会产生回程误差, 影响实验结果准确性.

4. 用逐差法处理数据优点是什么, 应注意什么问题?

答: 优点是充分利用所测得的多组实验数据, 减小误差.

应注意所测数据需为偶数组.

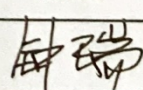
实验现象观察与原始数据记录

$L = 721.6 \text{ mm}$ $H = 677.5 \text{ mm}$ $D = 45.92 \text{ mm}$

吹表	1	2	3	4	5	6
$d_{视i}(\text{mm})$	0.598 0.698	0.598 0.698	0.595	0.600	0.597	0.602
$\bar{d}_{视}(\text{mm})$	0.598					
$d_0(\text{mm})$	+ 0.002					

吹表	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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
加力时刻度 $x_i(\text{mm})$	9.8 9.8	13.8	17.5	21.3	25.0	29.0	32.9	36.8	40.6	44.7
减力时刻度 $x_i(\text{mm})$	10.0	14.0	17.9	21.8	25.3	29.4	33.1	37.0	41.1	45.2
平均刻度 $\bar{x}_i(\text{mm})$	9.9	13.9	17.7	21.6	25.2	29.2	33.0	36.9	40.8	45.0
改变量平均值 $\Delta x(\text{mm})$										

学生	姓名	学号	日期
签字			

教师	姓名
签字	

2020.11.10