## 实验名称 拉伸法测杨氏弹性模量

### 一、实验目的

① 学习用光杠杆测量微小长度变化的原理

② 研究用~~这种方~~拉伸法测量金属丝的杨氏弹性模量

③ 掌握用逐差法处理实验数据

### 二、实验预习

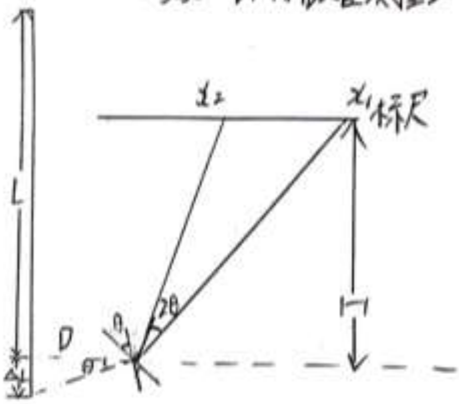
1. 杨氏模量的物理意义是什么?国标单位是什么?

① 描述固体材料抵抗形变能力的物理量，定义为单轴应力和单轴形变的比值

② $N/m^2$

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：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，即将难以测量的ΔL转换为易于测量的标尺差Δx




当金属丝长度改变ΔL时，镜面法线转过θ角，θ角很小时，

$\tan\theta \approx \theta \approx \frac{\Delta L}{D}$

反射光线转动2θ角

$\tan 2\theta \approx 2\theta \approx \frac{\Delta x}{H}$，其中$\Delta x = |x_1 - x_2|$

故$\Delta L = \frac{D}{2H}\Delta x$

3. 本实验需要测量哪些物理量来间接得到杨氏模量?

H：镜面到标尺的距离

D：光杠杆臂长

Δx：标尺读数改变量

d：金属丝直径

L：金属丝原长

$\Delta F = F' - F$，应力改变量

$E = \frac{4\Delta F}{\pi d^2}\frac{L}{\Delta L}$，$\Delta L = \frac{D}{2H}\Delta x$

1

大学物理实验报告 哈尔滨工业大学(深圳)

## 三. 实验现象及数据记录

一次性测量数据

| $L(mm)$ | $H(mm)$ | $D(mm)$ |
|---|---|---|
| ~~7??.6~~ 761.5 | 722.6 | 51.74 |

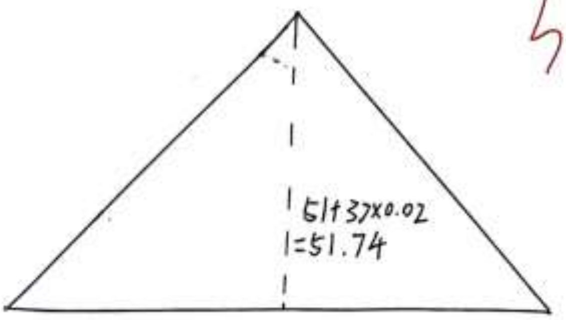
金属丝直径测量数据 螺旋测微器零差 $d_0$= -3.4×0.01=0.034 mm

| 序号 $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 平均值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 直径视值 $d_{视i}(mm)$ | 0.574 | 0.577 | 0.576 | 0.570 | 0.575 | 0.572 | 0.574 |

加减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 $f_i$ (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 $x_i^+$ (mm) | 1.00 | 1.39 | 1.71 | 21.7 | 24.5 | 27.9 | 31.8 | 34.2 | 36.9 | 39.2 |
| 减力时标尺刻度 $x_i^-$ (mm) | 10.9 | 19.5 | 18.0 | 21.2 | 24.9 | 28.2 | 31.2 | 34.9 | 37.5 | 40.1 |
| 平均标尺刻度(mm) $x_i=(x_i^+ + x_i^-)/2$ | 10.5 | 14.2 | 17.5 | 21.5 | 24.7 | 28.1 | 31.5 | 34.5 | 37.2 | 39.6 |
| 标尺刻度改变量(mm) $\Delta x_i = x_{i+5} - x_i$ | 17.6 | 17.3 | 17 | 15.7 | 14.9 | | | | | |

3.0



大学物理实验报告 哈尔滨工业大学(深圳)

**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）

金属丝的平均直径为 $\bar{d} = \overline{d_{读}} - d_0 = 0.574 - (-0.034) = 0.608\,mm$

拉力砝码每增长1kg，标尺读数改变量的平均值为 $\overline{\Delta x} = \frac{17.6+17.5+17+15.5+14.9}{5\times 5} = 3.248mm$

金属丝平均伸长量 $\overline{\Delta L} = \frac{D}{2H}\overline{\Delta x} = \frac{51.74}{2\times 722.6} \times \cancel{0.608}\,5.248$

$= 0.1163mm$

杨氏模量：$\bar{E} = \frac{4\Delta mg}{\pi d^2}\cdot\frac{L}{\Delta L} = \frac{4\times 1kg\times 9.8N/kg}{\pi\times(0.608mm)^2}\times\frac{761.5mm}{0.1163mm}$

$= 2.21013\times 10^5\,N/mm^2$

$= 2.21013\times 10^{11}\,N/m^2$

L、H、D、Δm只有B类不确定度，Δx也只考虑B类不确定度

$\frac{U_L}{L} = \frac{0.8mm}{\sqrt{3}\times 761.5mm}$，$\frac{U_H}{H} = \frac{0.8\,\cancel{0.02}mm}{\sqrt{3}\times 722.6mm}$，$\frac{U_D}{D} = \frac{0.02mm}{\sqrt{3}\times 51.74mm}$

$\frac{U_{\Delta m}}{\Delta m} = \frac{0.005kg}{\sqrt{3}\times 1.00kg}$，$\frac{U_{\Delta x}}{\Delta x} = \frac{0.5mm}{\sqrt{3}\times 5.248}$

d的合成不确定度

$$U_d = \sqrt{(S_{\bar{d}_{读}})^2 + \left(\frac{\Delta_{仪}}{c}\right)^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{6}(d_{i读}-\bar{d}_{读})}{6\times(6-1)} + \frac{0.004}{\sqrt{3}}}$$

∵ $E = \frac{8\Delta mgLH}{\pi D d^2}\cdot\frac{1}{\overline{\Delta x}}$

$$\therefore E_E = \frac{U}{E} = \sqrt{\frac{U_L^2}{L^2} + \frac{U_H^2}{H^2} + \frac{U_D}{D^2} + \frac{U_{\Delta m}^2}{\overline{\Delta m}^2} + \frac{4U_d^2}{d^2} + \frac{U_{\Delta x}^2}{\Delta x}} = 3.66\%$$

$\therefore U_E = \bar{E}\cdot E_E = 0.08045\times 10^{11}\,N/m^2$

∴ $E = (2.21013 \pm 0.08045)\times 10^{11}\,N/m^2$

置信概率为68.3%

3

## 一. 实验结论及误差分析

五. 实验结论及误差分析

结论：金属丝的杨氏模量为 $(2.21013 \pm 0.08045) \times 10^{11} N/m^2$，不确定度：5.66%

置信概率为68.3%。

误差分析：在所有不确定度中 $\frac{u_{\Delta n}}{\Delta n}$ 最大，因此标尺为主要误差来源

## 二. 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？

杨氏模量只与材料有关，所以这两根钢丝的杨氏模量相同。

2.从误差分析的角度分析为什么同是长度测量，需要采用不同的量具？

不同测量工具的的量程和误差大小不同。如果测量的长度较长，就必须选择量程大且误差大的量具；如果测量的长度较小，就应该选择量程小且误差小的量具。

3.实验过程中为什么加力和减力过程，施力螺母不能回旋？

由于实验器材的原因，如果在加力和减力过程将施力螺母回旋，则会产生回程误差，降低实验结果的准确性。

4.用逐差法处理数据的优点是什么？应该注意什么问题？

优点：可以充分利用得到的每一组实验数据，减小误差。

注意：所测量的数据最好是偶数（4, 6, 8, …）组。