

# 北京化工大学 实验报告

课程名称: 大学物理实验 实验日期: 2023 年 10 月 30 日

班级: 化生C2001 学生姓名: 徐远

实验名称: 拉伸法测杨氏模量

## 一、实验步骤

### 1. 仪器调整

1) 调节底座调平螺钉, 使仪器水平(可用水准器), 测试仪器调直, 使金属丝下端的小圆柱与砝码平台无摩擦地上下自由移动, 旋紧金属丝上端的紧固座, 使圆柱两侧刻槽对准砝码平台两侧的限位螺钉, 两侧同时对称地将限位螺钉旋入刻槽中部, 在减少摩擦的同时, 又能避免发生扭摆和晃动现象。

2) 调节望远镜目镜, 使眼睛能够看到清晰的刻线板像。再将物镜对准小圆柱平面中部刻线, 调节显微镜前后距离, 直到眼睛能够看清小圆柱平面中部刻线的像。同时, 稍微旋转显微镜, 确保分划板中读数标尺线与刻线像完全平行, 并消除视差, 最后锁定显微镜底座。

注意: 因读数显微镜成倒像, 所以待测金属丝受力伸长时, 视场内的十字叉丝向上移动, 金属丝回缩时, 十字叉丝向下移动。

### 2. 测量

1) 先记下未加砝码时水平叉丝对准的标尺刻度  $n_0$ ; 然后逐次加质量为  $100\text{g}$  的砝码, 直到  $1000\text{g}$ 。每加一个砝码后, 要等系统稳定下来再记录显微镜中的读数  $n_i$ ; 然后逐次取下砝码, 直至完全卸完所加砝码, 自取下一个砝码时等稳定后记下望远镜中每次相应的读数  $n_i$ 。

2) 用外径千分尺测量钢丝直径  $d$ , 在不同部位测量五次。

3) 用钢卷尺分段测量钢丝原长  $L$ , 测量一次。

## 二、实验数据列表

钢丝原长  $L = 89.00\text{cm}$

表1 加外力后标尺的读数

| 序号               | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $m/\text{g}$     | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  |
| $n_i/\text{mm}$  | 1.691 | 1.759 | 1.844 | 1.915 | 1.964 | 2.029 | 2.064 | 2.161 | 2.232 | 2.275 | 2.365 |
| $n_i'/\text{mm}$ | 1.680 | 1.747 | 1.823 | 1.936 | 1.985 | 2.051 | 2.092 | 2.156 | 2.229 | 2.280 | 2.365 |

表中,  $n_i$  为每次增加砝码时, 标尺的读数,  $n_i'$  为每次减少砝码时, 标尺的读数

表2 钢丝直径测量数据 外径千分尺零点读数:  $0.001\text{mm}$

| 序号            | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 平均值    |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $d/\text{mm}$ | 0.295 | 0.292 | 0.293 | 0.293 | 0.294 | 0.2934 |



### 三、数据处理

#### 1. L的数据处理并写出结果表达式

$$\Delta(L) = \Delta l_{\text{ms}} = 0.05 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{结果表达式: } L = (89.00 \pm 0.05) \text{ cm} \quad E = \frac{0.05}{89.00} \times 100\% = 0.056\%$$

#### 2. 钢丝伸长量的数据处理

表3 钢丝伸长量的实验的测量数据

| 序号                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m/g                   | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  |
| $l_i/\text{mm}$       | 1.691 | 1.759 | 1.844 | 1.915 | 1.964 | 2.029 | 2.064 | 2.161 | 2.232 | 2.275 | 2.365 |
| $l'_i/\text{mm}$      | 1.680 | 1.749 | 1.823 | 1.936 | 1.985 | 2.051 | 2.109 | 2.156 | 2.229 | 2.280 | 2.365 |
| $\bar{l}_i/\text{mm}$ | 1.686 | 1.754 | 1.834 | 1.926 | 1.974 | 2.040 | 2.078 | 2.158 | 2.230 | 2.278 | 2.365 |

表4 钢丝伸长量的数据处理表格

| 序号              | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $F_i/\text{N}$  | 4.9005 | 4.9005 | 4.9005 | 4.9005 | 4.9005 |
| $C_i/\text{mm}$ | 0.354  | 0.324  | 0.324  | 0.304  | 0.304  |

$$(i) \bar{l}_i = \frac{1}{2}(l_i + l'_i), \text{ 如 } \bar{l}_1 = \frac{1}{2} \times (1.691 + 1.680) \text{ mm} = 1.686 \text{ mm}$$

$$(ii) F_i = |m_{i+5} - m_i| \times 9.801 \text{ N} = 0.5 \times 9.801 \text{ N} = 4.9005 \text{ N}$$

$$(iii) C_i = |\bar{l}_{i+5} - \bar{l}_i| \quad C_1 = |\bar{l}_6 - \bar{l}_1| = (2.040 - 1.686) \text{ mm} = 0.354 \text{ mm}$$

$$C_2 = (2.078 - 1.754) \text{ mm} = 0.324 \text{ mm} \quad C_3 = (2.158 - 1.834) \text{ mm} = 0.324 \text{ mm}$$

$$C_4 = (2.230 - 1.926) \text{ mm} = 0.304 \text{ mm} \quad C_5 = (2.278 - 1.974) \text{ mm} = 0.304 \text{ mm}$$

$C_i$  准确度评定:

$$(1) \bar{C} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 C_i = \frac{1}{5} \times (0.354 + 0.324 + 0.324 + 0.304 + 0.304) \text{ mm} = 0.3220 \text{ mm}$$

$$(2) S(C) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(0.354 - 0.3220)^2 + (0.324 - 0.3220)^2 + (0.324 - 0.3220)^2 + (0.304 - 0.3220)^2 + (0.304 - 0.3220)^2]} \\ = 0.0205 \text{ mm}$$

完成报告日期

年

月

日

|    |       |  |
|----|-------|--|
| 评语 | 成绩    |  |
|    | 辅导教师  |  |
|    |       |  |
|    | 年 月 日 |  |



扫描全能王 创建



# 北京化工大学 实验报告

课程名称: 杨氏模量 实验日期: 2023 年 10 月 30 日

班级: 化生C201 学生姓名: 徐远

由  $\bar{c}$  和  $S(c)$  得, 3 $\sigma$  区间为  $[0.2605, 0.3835]$ , 故该测量列没有坏值

## ② A类不确定度

$$v = n - 1 = 4, p = 0.683 \text{ 对应 } t_p = 1.14, \text{ 查表}$$

$$U_A(\bar{c}) = t_p \frac{S(c)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.0205}{\sqrt{5}} \text{ mm} = 0.0104 \text{ mm}$$

## B类不确定度

$$U_B(\bar{c}) = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.004}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0023 \text{ mm}$$

## 总不确定度

$$U_{p(2\sigma)}(\bar{c}) = 2 \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.0104)^2 + (0.0023)^2} \text{ mm} = 0.021 \text{ mm}$$

$$\text{④ 结果表达式 } C = \bar{c} \pm U(\bar{c}) = (0.322 \pm 0.021) \text{ mm}$$

$$E(\bar{c}) = \frac{U(\bar{c})}{\bar{c}} \times 100\% = \frac{0.021}{0.322} \times 100\% = 6.5\%$$

## 3. 钢丝直径的数据处理

$$\text{① } \bar{d} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 d_i = \frac{1}{5} \times (0.295 + 0.292 + 0.293 + 0.293 + 0.294) \text{ mm} = 0.2934 \text{ mm}$$

$$\text{② } S(d) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(0.295 - 0.2934)^2 + (0.292 - 0.2934)^2 + (0.293 - 0.2934)^2 + (0.293 - 0.2934)^2 + (0.294 - 0.2934)^2]} \text{ mm} = 0.0011 \text{ mm}$$

由  $\bar{d}$  和  $S(d)$  知, 3 $\sigma$  区间  $[0.2901, 0.2967]$ , 故该测量列没有坏值

## ③ A类不确定度

$$v = n - 1 = 4, p = 0.683 \text{ 对应 } t_p = 1.14, \text{ 查表}$$

$$U_A(\bar{d}) = t_p \frac{S(d)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.0011}{\sqrt{5}} \text{ mm} = 0.0006 \text{ mm}$$

## B类不确定度

$$U_B(\bar{d}) = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.004}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0023 \text{ mm}$$

## 总不确定度

$$U_{p(2\sigma)}(\bar{d}) = 2 \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.0006)^2 + (0.0023)^2} \text{ mm} = 0.0048 \text{ mm}$$

$$\text{⑥ } \bar{d}_{\text{修}} = \bar{d} - d_0 = (0.2934 - 0.001) \text{ mm} = 0.2924 \text{ mm}$$

$$\text{⑦ 结果表达式 } d = (0.2924 \pm 0.0048) \text{ mm}$$

$$E(\bar{d}) = \frac{0.0048}{0.2924} \times 100\% = 1.6\%$$



4. 因为F为标测量量,故可以对其进行不确定度评定。

5. 杨氏模量的计算及其不确定度的评定

由  $E = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta z}$  知

$$\bar{E} = \frac{4 \times 4.9005 \times 0.89}{\pi \times (0.2924 \times 10^{-3})^2 \times 0.322 \times 10^{-3}} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 2.02 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\frac{U(\bar{E})}{\bar{E}} = \sqrt{\left(\frac{U(L)}{\bar{L}}\right)^2 + \left(2 \frac{U(d)}{\bar{d}}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta z)}{\bar{\Delta z}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.05 \times 10^{-2}}{89.00 \times 10^{-2}}\right)^2 + \left(2 \times \frac{0.0048 \times 10^{-3}}{0.2924 \times 10^{-3}}\right)^2 + \left(\frac{0.021 \times 10^{-3}}{0.322 \times 10^{-3}}\right)^2}$$

$$= 0.073$$

$$U(\bar{E}) = 0.073 \times 2.02 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 0.15 \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

∴ 结果表达式  $E = (2.02 \pm 0.15) \times 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$

$$\bar{E}(\bar{E}) = \frac{0.15}{2.02} \times 100\% = 7.4\%$$

$$E = \frac{|\bar{E} - E_0|}{E_0} = \frac{|2.02 \times 10^{11} - 2.00 \times 10^{11}|}{2.00 \times 10^{11}} \times 100\% = 1.0\%$$

#### 四 实验结果分析

$E(L)$ 、 $E(\Delta z)$  偏大, 但百分差E较小, 整体数据较为合理可信。

1. 仪器使用时间较长, 金属丝灵敏度可能下降, 导致误差。  
形变
2. 若在不够稳定时就读数, 会带来误差。
3. 由于肉眼不够准确, 不能使十字刻线与横线完全对齐带来误差

完成报告日期

年 月 日

|        |  |         |
|--------|--|---------|
| 评<br>语 |  | 成 绩     |
|        |  | 辅 导 教 师 |
|        |  |         |
|        |  | 年 月 日   |



扫描全能王 创建



# 实验报告原始数据

实验名称: 杨氏模量

实验日期: 2023.10.30

班级: 化生2001

学生姓名: 徐还

同组人: \_\_\_\_\_

钢丝原长  $L = 89.00 \text{ cm}$

表1 加外力后标尺的读数

| 序号               | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $m/g$            | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  |
| $n_i/\text{mm}$  | 1.691 | 1.739 | 1.785 | 1.915 | 1.964 | 2.029 | 2.064 | 2.161 | 2.232 | 2.275 | 2.365 |
| $n_i'/\text{mm}$ | 1.680 | 1.749 | 1.823 | 1.936 | 1.985 | 2.051 | 2.092 | 2.156 | 2.229 | 2.280 | 2.365 |

表中,  $n_i$  为每次增加砝码时, 标尺的读数;  $n_i'$  为每次减少砝码时, 标尺的读数

表2 钢丝直径测量数据

外径千分尺零点读数: 0.001 mm

| 序号            | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 平均值 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| $d/\text{mm}$ | 0.295 | 0.292 | 0.293 | 0.293 | 0.294 |     |

辅导教师:

刘 4

年 月 日



扫描全能王 创建