

# Readme

## 1、实验内容说明

本实验的内容分成两部分：实验内容 A 在 405 室、实验内容 B 在 408 室。

## 2、怎么分小组？

前一半同学为 A 组，第一次完成实验内容 A，另一半为 B 组，第一次完成实验内容 B，一周后对调。

若这组同学 $\leq 10$  人，则不分小组，第一次在 405 室，第二次在 408 室。

实验设备 1 人 1 套。

## 3、关于实验预习

本实验不需写预习报告，预习成绩由课堂练习生成。所有学生需在指定时间内当堂提交课堂练习给任课老师。

## 4、关于实验操作

根据操作页进行实验，本实验的注意事项和操作技巧较多，需要注意的有：

- (1) 勿碰金属丝（一进门就将书包等物放在桌旁的地上，以免挂断细丝）；
- (2) 本实验操作中设置了若干**停工待检点（W 点）**，完成相应操作遇到 W 点时，请报告任课老师，以便进行现场确认；
- (3) 待任课老师在原始数据记录上签名后才可整理实验装置。

## 5、关于实验报告

完成 A、B 两部分实验后一周内，提交一份实验报告。

报告应包含实验原理、原始数据和数据处理三部分。实验原理部分应给出重要的公式、图表及简要文字说明，原始数据记录上应有任课老师的签名，数据处理部分只需完成电子讲义中标“♥”号的内容，不需要计算不确定度。

# 测量金属丝的杨氏模量和泊松比

## 一、基本原理

### 1、金属丝的杨氏模量与泊松比

杨氏模量是材料的重要力学参数，反映了材料抵抗形变能力的大小。拉力  $F$  与丝的原始横截面  $A$  之比定义为应力，伸长量  $\Delta L$  与丝的原始长度  $L$  之比定义为纵向线应变。在弹性范围内，应力与应变满足胡克定律：

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L} \quad (1)$$

其中  $E$  为材料的杨氏模量，用砝码拉伸金属丝提供  $F$ ， $A$  的测量方法见附录 1。

式 (1) 中只考虑了材料的微小纵向应变，忽略了横向变化。横向变化量  $\Delta d$  与丝的原始横向长度  $d$  之比定义为横向线应变。在实践中，纵向拉伸应变还会导致横向收缩应变。实验表明，在材料弹性范围内，横向线应变  $\Delta d/d$  与纵向线应变  $\Delta L/L$  之比为常数：

$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

(2) 式中的负号表示纵向拉伸导致横向收缩， $\mu$  为横向变形系数或称泊松比。

式 (2) 中的  $\Delta d$  太小，因此本实验无法直接测量  $\mu$ ，但可通过非平衡电桥测量金属丝经拉伸后的微小电阻变化而间接得到。

### 2、非平衡电桥

非平衡电桥与传感器配合使用，可测量温度、应力、位移等物理量。图 1 为非平衡电桥的原理图，其中电阻箱  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  为电桥的三个臂，电阻箱  $R_4$  与金属丝电阻  $R_5$  串联构成第四臂， $R_0$  为电位器， $C$  是滑动头。当电桥平衡时：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4 + R_5}$$

任意桥臂阻值变化时，电桥将偏离平衡位置。金属丝受到拉伸引起电阻变化  $\Delta R_5$ ，当  $R_4 + R_5$  的相对阻值变化量小于 1% 时，桥电压  $U_g$ （即 D、E 之间的电压）与该桥

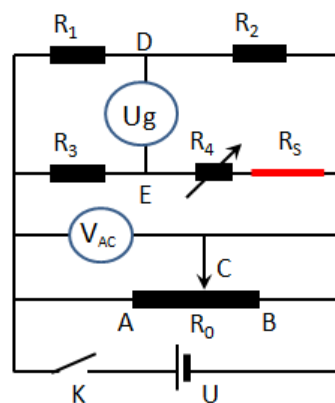


图 1 非平衡电桥

臂的电阻变化量近似满足线性关系：

$$U_g \approx \frac{U_{AC}}{4} \cdot \frac{\Delta R_s}{R_4 + R_s} \tag{3}$$

即将电阻的微小变化量转化成直流电压信号进行测量。

本实验的研究对象为金属丝。

二、 待研究的问题

- 1、 测量金属丝的杨氏模量；
- 2、 忽略拉伸过程中金属丝电阻率的变化，利用非平衡电桥测量金属丝相关物理量的变化，进而计算其泊松比。

三、 实验仪器

序号	设备名称	数量
1	金属丝（已焊接两根导线）	1
2	木支架（已装配电位器、开关、电桥盒等）	1
3	卷尺（最大允差 2.0mm）	1
4	JCD <sub>3</sub> 型读数显微镜（最大允差 0.015mm）	1
5	读数显微镜垫块	1
6	ZX38A/10 型交直流电阻箱（0.1 级）	1
7	KEITHLEY 台式万用表（使用方法见附录）	1
8	低压钠灯（双线平均波长λ=0.5893μm）及电源	1
9	钠灯木垫块	1
10	直流稳压电源(~1.5V)	1
11	劈尖玻璃片	2
12	砝码托盘（配 10 个增砵砝码，每个砝码 100.0g）	1
13	导线	8

#### 四、实验内容与要求

本实验分两部分：实验内容 A、实验内容 B。实验内容 A 的任务是测量金属丝的直径，实验内容 B 的任务是测量金属丝的杨氏模量和泊松比。

#### 实验内容 A

##### 1、设计实验方案

请根据实验室提供的实验仪器和已知参数，设计干涉法测量金属丝直径的实验方案，要求：

- 1) 测量直径  $d$  的相对不确定度小于 1.0%
  - 2) 说明各参数的应该如何测量？
- 2、调整螺栓，使木支架平衡，金属丝与桌面平行，距桌面 77mm。(W 点)
- 3、托盘上放置 2 个砝码，利用所给设备搭建干涉法测量金属丝直径的装置，看到干涉条纹后，请报告教师，以确认干涉条纹的效果。(W 点)
- 要求：干涉条纹清晰，与劈尖顶端保持平行。
- 4、以读数显微镜主尺刻度为参考，每个区域 10mm，将劈尖分成 5 个区域。观察并定性记录 5 个区域的干涉条纹清晰度的变化。(W 点)
- 5、测量金属丝的直径  $d$
- 1) 根据设计方案测量数据，共测 3 组（劈尖长度只测一次）
  - 2) 计算金属丝的直径  $d$  ♥

##### 注意：

- (1) 读数显微镜较沉重，搬运时若有困难，请向老师求助，以免摔坏仪器；
  - (2) 调节读数显微镜时要特别小心，避免碰触金属丝；
  - (3) 应拿捏劈尖玻璃片的侧面，并不要将劈尖玻璃瓶移出桌面区域；
  - (4) 钠灯不能频繁开关，关闭钠灯电源后要等 5 分钟才能再次点亮。
- 5、整理仪器，将支架平衡调乱，钠灯放置于支架中央区域。

## 实验内容 B

### 1、设计实验方案

请根据实验室提供的实验仪器和已知参数，设计测量金属丝杨氏模量和泊松比的实验方案，要求给出相关公式。

### 2、测量金属丝的杨氏模量 $E$ 和泊松比 $\mu$

1) 按图 1 连接电路，其中  $R_1=R_2=R_3=51.00\Omega$ ，用 KEITHLEY 台式万用表（操作说明见附录）监测  $U_g$  和分压  $U_{AC}$ ，其中  $U_{AC}$  取  $0.3\sim 0.5V$ ；（W 点）

2) 调节变阻箱  $R_4$ ，使电桥平衡（W 点）

3) 调整读数显微镜观察金属丝右侧焊点的位置（W 点）

4) 根据设计方案进行实验测量

5) 求金属丝的杨氏模量  $E$ （合肥地区重力加速度  $g=9.795\text{ m/s}^2$ ）。♥

6) 求金属丝的泊松比  $\mu$ 。♥

注意：

（1） 尽量减小焊接的导线对金属丝的应力作用，以免影响测量；

（2） 接通开关后，仪器设备需要预热 10 分钟以使读数稳定；

（3） 加砝码时要轻，以免拉断金属丝；

（4） 每次加砝码后，等 1 分钟再读数，以使读数相对稳定；

（5） 本实验中  $|U_g| < 0.020mV$  即可视为电桥平衡。

3、待  $U_g$  示数稳定后，分别朝金属丝上的两个焊接点哈气，同时观察桥电压  $U_g$  的读数变化。

1) 描述哈气时桥电压  $U_g$  的变化，是增大还是减少？

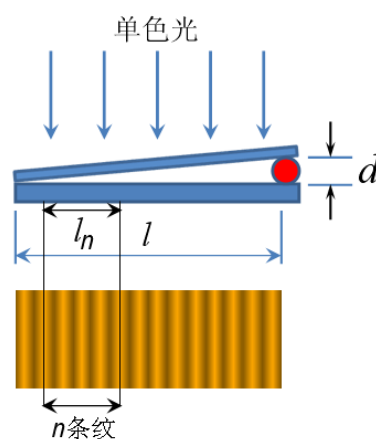
2) 上述现象由什么效应产生？♥

4、拆除电路接线，将两端的高度调节螺栓调乱，整齐摆放设备。

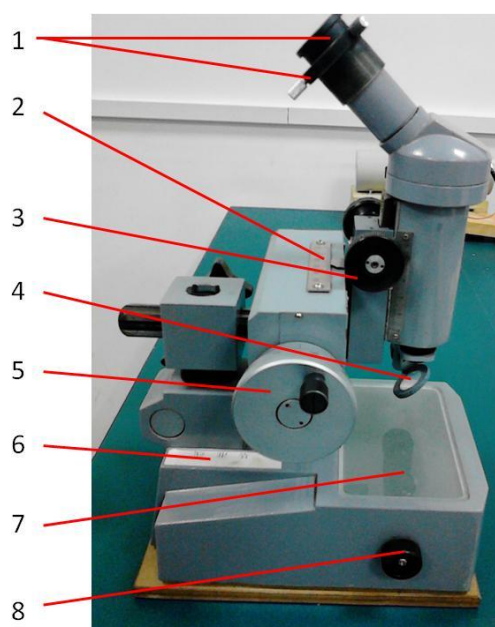
## 附录 1：干涉法测细丝直径

参见右图，设劈尖长度为  $l$ ，金属丝直径为  $d$ 。  
当单色光垂直照射劈尖时，会产生等厚干涉现象，  
当扫描  $n$  条亮纹(或暗纹)时读数显微镜移动  $l_n$ ，  
则由几何关系有：

$$\frac{d}{l} = \frac{n \cdot \lambda / 2}{l_n}$$
$$\Rightarrow d = \frac{n \cdot l \cdot \lambda}{2l_n}$$



## 附录 2：读数显微镜操作说明



- 1、目镜及锁紧螺钉
- 2、标尺
- 3、调焦手轮
- 4、45° 半反镜
- 5、测微鼓轮
- 6、基线
- 7、工作台
- 8、反光镜旋轮

### 附录 3：直流稳压电源的使用说明



1. 输出/输入转换开关：打到左侧；
2. 固定文件位开关：3.6V 档；
3. 电源电压输出：电压输出接口（标 OUTPUT）；
4. 实验中输出电压：1.0~1.5V（调电压调节旋钮）。

### 附录 4：KEITHLEY 台式万用表的操作说明

将表笔香蕉插头插入 1000V 电压输入端，开启左下角的电源按钮后，KEITHLEY 台式万用表通常就能正常工作，按几次“Digit”按钮，使测量精度切换到 0.001mV 即可。如果窗口未显示“mV DC”字样，请按照以下步骤操作：

- 1、按图 1 接好电路；
- 2、按“DCV”按钮以显示直流电压；
- 3、按“AUTO”按钮自动选择量程；
- 4、若要测“ $\mu\text{V}$ ”直流信号，按“Digits”按钮，使测量精度切换到 0.001mV。