

分组序号: YK02-2

《基础物理实验》实验报告

实验名称: 测量金属的杨氏模量 指导教师: 张易

姓名: 丁毅 学号: 2023K8009908031 专业: 电子信息工程 班级: 2303 座号: 6

实验日期: 2024.11.25 实验地点: 教学楼 710 是否调课/补课: 成绩:

目录

1	拉伸法测量金属的杨氏模量	2
1.1	实验目的	2
1.2	实验仪器与要求	2
1.3	实验原理	2
1.4	实验内容	3
1.5	实验结果与数据处理	3
2	霍尔位置传感方法测量杨氏模量	5
2.1	实验目的	5
2.2	实验器材	5
2.3	实验原理	5
2.4	实验内容	5
2.5	实验结果与数据处理	5
3	动态悬挂法测量材料的杨氏模量	6
3.1	实验目的	6
3.2	实验器材	6
4	思考题与实验心得	7
4.1	思考题	7
4.2	实验反思与心得体会	7

第1部分 拉伸法测量金属的杨氏模量

1.1 实验目的

1. 学会用 CCD^①杨氏模量测量仪测量长度的微小变化量
2. 学会测定金属丝杨氏弹性模量的一种方法
3. 学习用逐差法、作图法和最小二乘法处理数据
4. 学会不确定的计算方法, 结果的正确表达

1.2 实验仪器与要求

实验仪器 CCD 杨氏弹性模量测量仪、螺旋测微器、钢卷尺。

CCD 杨氏弹性模量测量仪的主要技术指标有:

1. 采用分划板 + CCD 测量显微镜系统 + 彩色液晶监视器方案
2. 立柱: 不锈钢双柱高约 85 cm
3. 钼丝: 长约 60 cm, 直径 0.18 mm, 悬挂位置及长度可调节
4. 监视器: 彩色液晶监视器
5. 分划板: 刻度范围 4mm, 分度值 0.05mm, 设有限位槽, 可防止来回摆动, 采用 LED 照明
6. CCD 测量显微镜系统: 放大倍率 60 倍, 内含电子刻度线, 可二维调节, 可卸下用于其他微位移测量场合, 采用高级面阵 CCD, 信噪比 ≥ 52 db, 分辨率 480 TVL, 视频输出幅度: $1.0 V_{p-p}/75 \Omega$
7. 砝码组: 10 个砝码, 2 个 100 g 及 8 个 200 g
8. 底座沉稳, 可进行水平调节, 设有储藏格可贮存砝码组
9. 测量相对不确定度: $< 5\%$

1.3 实验原理

物体在外力作用下都会发生形变。当形变不超过某一限度时, 撤走外力之后, 形变消失, 物体形状恢复原状态, 这样的形变称为弹性形变。弹性形变发生时, 物体内部会产生恢复原状的内应力。弹簧模量即为反映材料形变与内应力关系的物理量。

1.3.1 杨氏模量

记柱状物体的长度为 L , 截面积为 S , 沿长度方向受外力 F 作用后伸长 (或缩短) ΔL , 单位横截面积上垂直作用力 $\frac{F}{S}$ 称为正应力, 物体的相对伸长 $\frac{\Delta L}{L}$ 称为线应变。在弹性范围内, 正应力与线应变成正比, 即

$$\frac{F}{S} = Y \frac{\Delta L}{L} \quad (1.1)$$

该规律称为虎克定律。式中比例系数 Y 即为杨氏弹性模量, 其单位为 N/m^2 , 其完全由材料的性质决定, 与材料的几何形状无关。

本实验中测量钼丝的杨氏弹性模量, 实验方法为将钼丝悬挂在支架上, 上端固定, 下端通过加砝码对钼丝施加力 F (由砝码的质量求出), 测出钼丝相应的伸长量 ΔL , 用钢卷尺测出钼丝长度 L , 用螺旋测微器测出钼丝直径 d , 则可求得钼丝横截面积 $S = \frac{\pi d^2}{4}$ 。那么根据虎克定律可知

$$Y = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} \quad (1.2)$$

^①Charge Coupled Device, 电荷耦合器件

1.3.2 测量原理

实际测量过程中, 钼丝的伸长量很小, 约为 10^{-1} mm 数量级。所以本次实验中 ΔL 的测量采用显微镜和 CCD 成像系统进行测量。钼丝下端加上一定质量的砝码时, 十字叉丝随着金属丝的伸长同样下降 ΔL , 而叉丝板通过显微镜的物镜成像在最小分度为 0.05 mm 的分划板上, CCD 摄像机的镜头将显微镜的光学图象汇聚到 CCD 上, 再变成视频电信号, 经视频电缆传送到显示器上, 供实验者读取。

1.4 实验内容

1.4.1 注意事项

1. 使用 CCD 摄像机时, 不能将 CCD 器件正对太阳、激光或其他强光源, 注意保护镜头, 如非特别需要不要随意卸下。
2. 钼丝必须保持直线形态。测量直径时需要特别谨慎, 避免扭转、拉扯、牵挂钼丝导致其折弯变形。
3. 读数时需等到刻度值稳定后才能进行读数。
4. 将砝码放置于砝码盘的时候需保证轻拿轻放, 防止钼丝突然受力而断裂。

1.4.2 调节仪器

用螺旋底角调平底座, 使叉丝组分划板正对 CCD 摄像头。调节下横梁高度, 保证叉丝组放置在下横梁的槽内。将 CCD 摄像头与分划板放置在同一水平面上, 调节 CCD 摄像头位置, 直到可以观察到清晰的像且分划板刻度尺的像在监视器的中心。

1.4.3 测量数据

1. 在测量钼丝杨氏模量前, 先放 2 块 100 g 的砝码把钼丝拉直, 保证分划板在下横梁槽内, 避免在拉直过程中分划板的旋转。
2. 记下待测细丝下的砝码盘中仅有已加的 2 块 100 g 砝码时屏幕上显示的毫米尺在横线上的读数 l_0 , 然后再砝码上依次加上 8 个 $M = 200$ g 的砝码, 记下相应的叉丝读数 l_i ($i = 1, 2, \dots, 8$)。然后逐一减掉砝码, 再读取 l'_8, l'_7, \dots, l'_1 。此过程中需注意轻拿轻放砝码, 避免因增减砝码使得砝码盘产生微小振动而使得读数起伏较大。
3. 取同一符合下叉丝读数的平均值 $\bar{l}_1, \bar{l}_2, \dots, \bar{l}_8$, 用逐差法求出钼丝荷重增减四个砝码时光标的平均偏移量 Δl 。
4. 用钢卷尺测量上下夹头之间的钼丝长度 L 。
5. 用螺旋测微器测量钼丝直径 d , 由于钼丝直径可能不均匀, 需再上、中、下各部进行测量, 每个位置在相互垂直的方向各测一次。
6. 将前述原理公式整理可得

$$Y = \frac{4MgL}{\pi d^2 \Delta l} \quad (1.3)$$

式中 Δl 与 M 有对应关系, 本实验中 Δl 是荷重增减 4 个砝码所引起的光标偏移量, 则 M 为 4 个砝码的质量。

1.5 实验结果与数据处理

1.5.1 数据记录

1. 钼丝长度 $L = 578.9$ mm, 其不确定度为 $u(L) = \sqrt{\frac{d^2}{10^2} + \frac{e^2}{3}} = 1.159$ mm
2. 钼丝直径数据记录详见表 1

3. (此处读数估读所用最小精度为 $\frac{d}{5}$) 实验过程中加上两个 100 g 砝码作为底码后, 初始读数为 $l_0 = 1.05\text{ mm}$, 此后累加与累减 8 个 200 g 砝码时记录叉丝读数如表 2

表 1: 铝丝直径测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	平均值 \bar{d}
$d\text{ (mm)}$	0.178	0.180	0.170	0.176	0.180	0.176	0.1767

表 2: 增减砝码时叉丝读数数据记录

$\sum M\text{ (g)}$	$\overline{M}\text{ (g)}$	$\sum \bar{l}\text{ (mm)}$	$\bar{\bar{l}}\text{ (mm)}$	$\sum l_i M_i\text{ (mm}\cdot\text{g)}$	$\overline{l_i M_i}\text{ (mm}\cdot\text{g)}$
7200	900	15.15	1.89375	15175	1896.875

1.5.2 逐差法处理数据

你好

1.5.3 最小二乘法处理数据

你好

1.5.4 作图法处理数据

根据表 2 中数据, 以最小二乘法拟合目标函数 $\Delta l = am + b$, 其中 a, b 为待定常数, 可以得到 $a = 9.17 \times 10^{-4}\text{ mm/g}$, 如图:

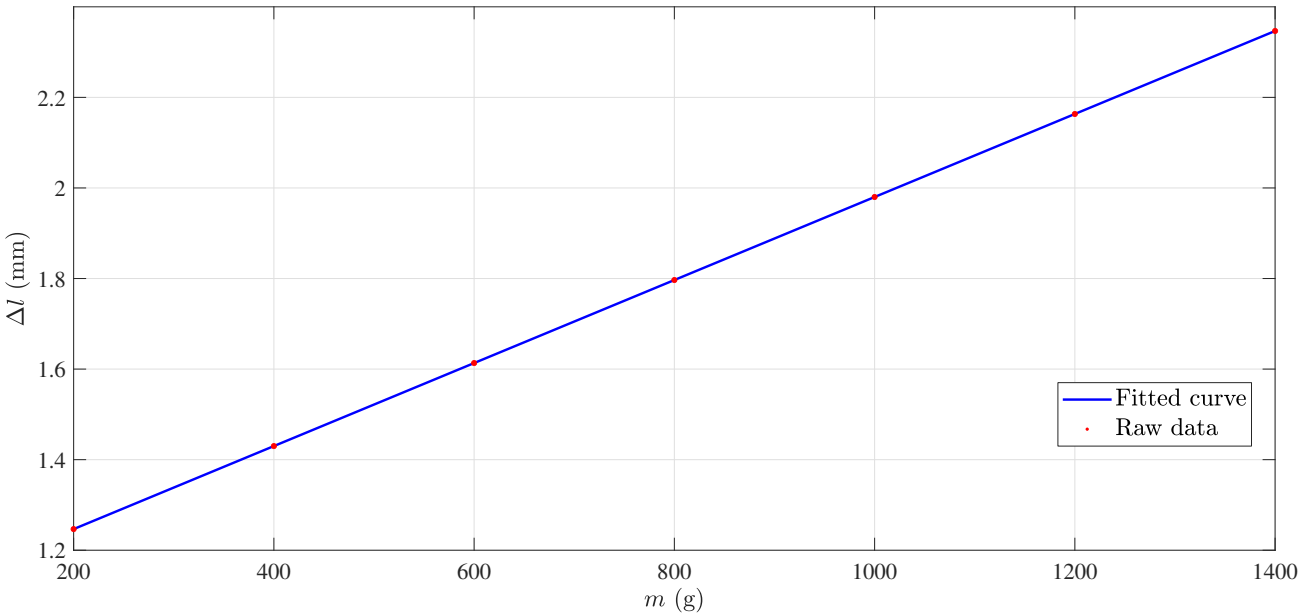


图 1: 作图法求杨氏模量

由此计算得

$$Y = \frac{4gL}{\pi d^2 k} = 2.523 \times 10^{11}\text{ N/m}^2$$

(1.4)

与理论值的相对误差为 9.70 %.

第2部分 霍尔位置传感方法测量杨氏模量

2.1 实验目的

2.2 实验器材

2.3 实验原理

2.3.1 霍尔位置传感器的定标

霍尔元件置于磁感强度为 B 的磁场中, 再垂直于磁场的方向上加上电流 I , 那么在与这两者垂直的方向上产生霍尔电势差

$$U_H = K \cdot I \cdot B \quad (2.5)$$

其中 K 为元件的霍尔灵敏度。若保持霍尔元件的电流 I 不变, 而使其在一个均匀梯度的磁场中移动时, 输出的霍尔电势差变化量为

$$\Delta U_H = K \cdot I \cdot \frac{dB}{dZ} \cdot \Delta Z \quad (2.6)$$

上式中 ΔZ 为位移量。

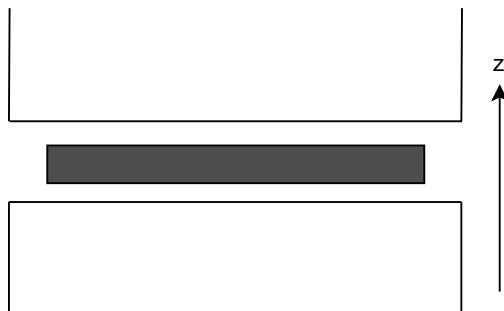


图 2: 梯度均匀磁场的实现

2.3.2 弯曲法测杨氏模量

2.4 实验内容

2.4.1 注意事项

2.4.2 实验步骤

2.5 实验结果与数据处理

2.5.1 数据记录

第3部分 动态悬挂法测量材料的杨氏模量

3.1 实验目的

3.2 实验器材

第4部分 思考题与实验心得

4.1 思考题

4.2 实验反思与心得体会