**《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

姓名 王传皓 学号 2023K8009922008 专业 计算机科学与技术 班级 2306 分组序号 4 - 05 -09

实验日期 2024 年 11 月 28 日 实验地点 教 是否调课/补课 成绩

杨氏模量与微小量的测量

**一、【实验目的】**

1. 理解各种静态方法测杨氏模量及其测量微小位移方法的原理及优缺点，了解动态法测

杨氏模量的原理；

2. 熟悉霍尔位置传感器的特性，完成样品的测量和对霍尔位置传感器定标，理解传感器

特定曲线对测量的意义；

3. 了解光杠杆法的放大原理和适用条件；

4. 学会读数望远镜、读数显微镜的调节；

5. 学习用逐差法、作图法和最小二乘法处理数据；

6. 学会计算各物理量的不确定度，并用不确定度正确表达实验结果。

第一部分：拉伸法测定金属的杨氏模量

**一、【仪器用具】**

CCD 杨氏弹性模量测量仪、螺旋测微器（量程 25mm，最小分度 0.01mm）、钢卷尺（量程 3m，最小分度 1mm）。

LB-YM1 型 CCD杨氏弹性模量测量仪主要技术指标如下：

(1) 读数显微镜：放大倍数15×

(2) 测量架：测量范围：0—4㎜

(3) 下夹头：含有数字分划板，分划板数值：0.05㎜

(4) CCD：12V电源

(5) 显视器：彩色液晶监视器（纯正品）

(6) 钼 丝：L=1000 Φ0.18

(7) 不绣钢丝：L=1000 Φ0.30

(8) 光学平台：精密铸造，台面含磁不锈钢板。尺寸：405㎜×308㎜×39㎜

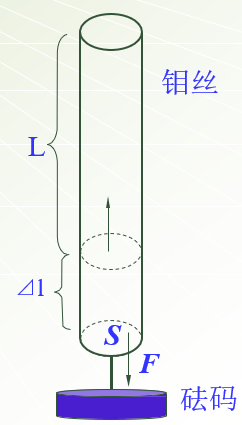
(9) 二维磁力滑座：含有横向纵向及垂直精密移动装置

(10)镀铬钢制砝码：重量：250g/个 数量：8个

(11)水准器：Φ40㎜

**二、【实验原理】**

**1．杨氏模量的定义：**

****杨氏模量（或称弹性模量）是材料的一项固有属性，用于描述材料在弹性范围内的变形抗力。其定义基于对柱状物体受力变形的研究。当柱状物体的长度为L，截面积为S，沿长度方向受外力F作用后伸长量为ΔL。定义正应力σ=为线应变。

实验表明，正应力与线应变成正比，比例系数即为杨氏模量

𝑌即：

整理得：

杨氏模量 𝑌是材料的固有性质，反映了材料抗应变的能力。与弹簧的胡克定律不同，杨氏模量与物体的几何形状无关，只由材料本身的性质决定。

**2．使用拉伸法测量杨氏模量：**

在此实验中，使用拉伸法测量金属丝的杨氏模量。由于金属丝的伸长量的值很小，约数量级。因此利用显微镜和 CCD 成像系统进行精确测量。测量原理如图所示，将金属丝悬挂并连接到十字叉丝板上，砝码盘中的质量为M，金属丝受力增加了。测量金属丝的伸长量，金属丝的初始长度为L，横截面积，直径d用螺旋测微器测出，根据杨氏模量的定义，计算公式为：

在测量中，金属丝的伸长量 ΔL通过显微镜和 CCD 摄像系统直接测量，显微镜将金属丝的伸长量投射到刻度板上，方便精确读数。采用 CCD 系统后，图像信号可以传输至显示器，便于多人观测。

**注意事项：**

1、需保证分划板卡在下衡梁的槽内，避免其在拉直过程中旋转。

2、轻轻加减砝码，防止使砝码盘产生微小振动而造成读数起伏较大，或者钼丝突然受力而断裂。

3、多次测量数据并求平均，包括叉丝读数，金属丝长度和直径等，读数需等刻度值稳定后。

4、CCD 器件不可正对太阳、激光或其他强光源。注意保护镜头，防潮、防尘、防污染。

5、金属丝必须保持铅直形态。测直径时要特别谨慎，避免由于扭转、拉扯、牵挂导致细丝折弯变形。

6、做完实验后归类收纳好各种实验器材

**三、【实验内容】**

**1．拉伸法测量金属丝的杨氏模量：**

**四、【数据处理】**

**五、【思考题】**

第二部分：霍尔位置传感方法测量杨氏模量

**一、【仪器用具】**

杭州大华 DHY‑1A 霍尔位置传感器法杨氏模量测定仪（底座固定箱、读数显微镜及调节机构、SS495A 型集 成霍尔位置传感器、测试仪、磁体、支架、加力机构等）。

样品为黄铜条、铸铁条。

测试仪由霍尔电压测量系统和电子称加力系统构成，霍尔电压测试分为两个量程，带调零功能；电子称加力 系统测量范围 0 ∼ 199.9g。

**二、【实验原理**】

霍尔元件在磁感应强度为 B 的磁场和电流 I 的作用下，产生霍尔电势差

而在保持电流不变的情况下，在一个具均匀梯度的磁场下运动时，输出的霍尔电势差的变化量为

其中上式的 ∆Z 是位移量，故而上式表明，当磁场的梯度变化为恒定时，与 ∆Z 成正比，而这正是我们进行 测量杨氏模量的理论基础：霍尔电势差和位移量之间存在一一对应的关系。

此外，在横梁弯曲的情况下，杨氏模量 E 具有以下的表达式：

其中：d 为两刀口之间的距离，M 为所加的拉力对应的质量，a 是 梁的厚度，b 是梁的宽度，∆Z 是梁中心由于外力作用而下降的距离，g 是重力加速度。

**注意事项：**

1、用千分尺待测样品厚度必须不同位置多点测量取平均值，并且测量黄铜时，用力需适度。

2、用读数显微镜测量铜刀口基线位置时，刀口不能晃动。

3、调整霍尔传感器水平，并对各种元件作位置检查和数字归零处理，

4、实验结束后，关闭电源，整理实验桌面，实验器材放置于实验初始位置。

**三、【实验内容**】

第三部分：动态悬挂法测金属棒的杨氏模量

**一、【仪器用具】**

DHY‑2A 型动态杨氏模量测试台、DH0803 振动力学通用信号源，通用示波器、测试棒（铜、不锈钢）、悬线、专 用连接导线、天平、游标卡尺、螺旋测微计等。

**二、【实验原理**】

先令 y 为棒振动的位移，Y 为棒振动的杨氏模量，S 为棒的横截面积，J 为棒的转动惯量，ρ 为棒密度，x 为位置坐标，t 为时间变量通过分离变数法（即令）可解得

其中称为频率公式，K 为常数，A1, A2, B1, B2, φ 为待定常数，可由边界和初始条件确定。

对于长为 L，两端自由的棒，当悬线悬挂于棒的节点附近时，其边界条件为：自由端横向作用力

F 为零，弯矩 M 亦为零:

将边界条件带入通解 y = (x, t) 中可的超越方程 cos KL · chKL = 1. 其第一个根为0，对应于静态值，第二个 根 K1L ≈ 4.7300，此时的共振频率称为基频 (或固有频率)

。对于直径为 d，长为 L，质量为 m 的圆形棒， 可知在此频率下共振时，其杨氏模量：

测试棒在作基频振动时存在两个节点，它们的位置距离端面 0.224L（距离另一端面为 0.776L）处，理论上，悬 挂点应取在节点处测试棒难于被激振和拾振，为此可在节点两旁选不同点对称悬挂，用外推法找出节点处的共振频率。

**注意事项：**

1、本实验中只能测出测试的共振频率。但由于二者相差很小，故固有频率可用共振频率代替。

2、安装测试棒时，应先移动支架到既定位置，再悬挂，需保证横向水平，悬线与测试棒轴向垂直。

3、在示波器显示出现共振现象之后，需十分缓慢地微调频率调节细调旋钮，使波形振幅达到极大值。

4、因为设备尺寸原因，部分设备在 0.0365L、0.9635L 处悬线不能竖直，此时该点要丢弃不测。

**三、【实验内容**】