

实验报告

姓名:朱沾丞 学号:PB19111674

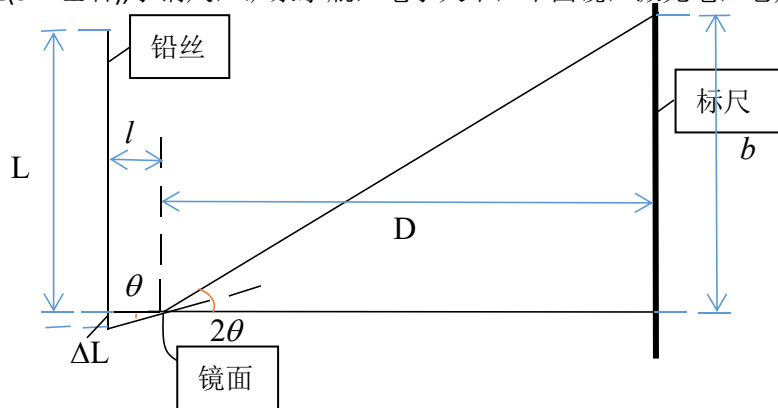
实验名称 杨氏模量测量实验

实验目的 1、掌握利用伸长法测量金属丝杨氏模量的方法

2、掌握光杠杆测量长度微小变化的原理

实验器材 铅丝(3m 左右),小钢尺, 矿泉水瓶, 电子天平, 平面镜, 激光笔, 卷尺, 胶带

实验原理图



实验原理

材料受力后发生形变,但在弹性限度内,材料内部的应力与其内部的应变之比为一个常数,

我们称之为弹性模量。对于条状物体,又称为杨氏模量。杨氏模量计算公式为: $E = \frac{F/S}{\Delta L/L}$,

其中 F/S 为应力, $\Delta L/L$ 为应变, E 代表杨氏模量, E 的大小标志了金属丝的刚性。利用光

杠杆原理,结合上图中列出的数据,得到 $E = \frac{2D}{l} * \frac{LF}{Sb}$, 利用密绕法得到材料直径后即可

计算材料的杨氏模量。

实验步骤

1、找到合适的悬点将铅丝悬挂起来,并在下方放置一托盘以盛放重物,随后按原理图搭建实验光路。待铅丝绷紧后测量其长度为 L , 测得镜面到标尺距离为 D , 光杠杆臂长为 l 。

2、打开激光笔,在标尺上标下初始位置。向空的矿泉水瓶内注入水,并用电子天平测出水瓶与水的总质量 m_i , 放置到托盘上后,等待光斑位置稳定测量光斑偏移初始点的距离 b_i 。

(因镜面到标尺距离为 $D=8.144m$, 故物体质量不宜太大,否则光斑移动距离过大,无法测量,因此采用电子天平来测量其质量的方法。)

3、对步骤 2 重复 9 次。

4、测量完光斑偏移后,卸下铅丝,将铅丝在一段圆柱体上密绕 30 匝,测量 30 匝铅丝的总宽度。

5、整理器材。

6、分析数据,得出测得的杨氏模量值并进行误差分析。

7、撰写实验报告。

实验数据

截取的铅丝绳长度 L : 2.24m

密绕 30 匝后测量其宽度为 2.96cm

平面镜到铅丝绳的距离: 1.62cm

镜面到标尺的距离: 8.144m

实验序号	重物质质量	光斑偏移初始点距离
1	35.7g	15.00cm
2	75.7g	30.26cm
3	103.0g	37.89cm
4	126.4g	44.35cm
5	149.4g	50.25cm
6	164.7g	53.00cm
7	199.4g	58.41cm
8	225.0g	63.00cm
9	274.5g	67.75cm
10	317.6g	73.75cm

数据处理

铅丝直径为 $D = \frac{L}{30} = 0.987mm$

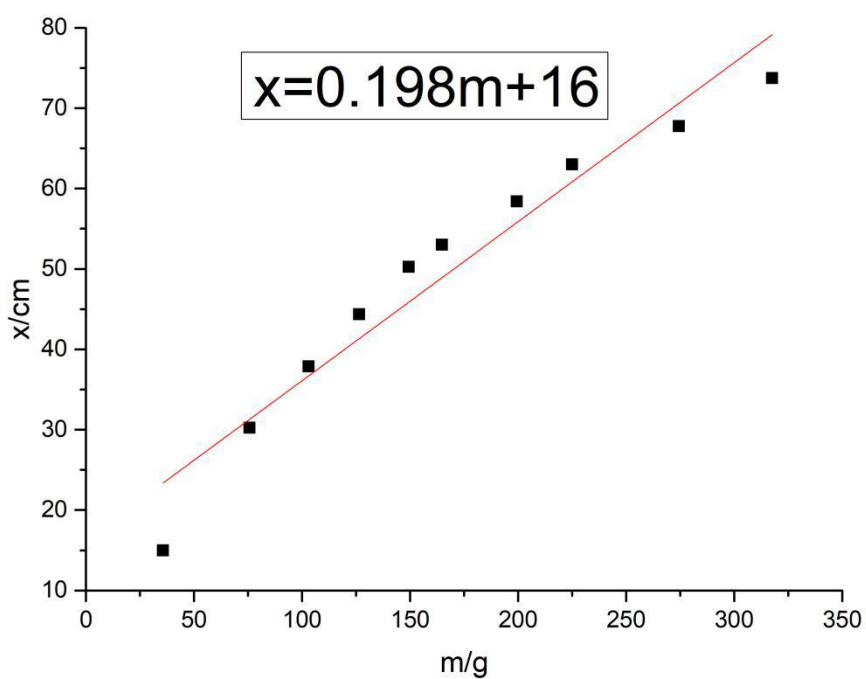


图 1 光斑偏移量与重物质量关系的拟合曲线图

由 origin 计算斜率标准差为 $s_m = 0.017cm/g$

截距标准差为 $s_b = 3cm$

故拟合直线为 $m = 0.198x + 16$

代入公式 $E = \frac{2D}{l} * \frac{LF}{Sb}$

$$\text{得到 } E = \frac{2 \times 8.144}{0.0162} \cdot \frac{2.24}{\pi \left(\frac{0.0296/30}{2} \right)^2} \cdot \frac{1 \times 10^{-3}}{0.198 \times 10^{-2}} \cdot 9.79 \text{ N/m}^2 = 1.46 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

查询资料得到铅丝的标准值是 $1.6 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

误差分析

- 1、铅丝绳在实验过程中并不完全伸直，导致测得的长度小于实际长度，导致计算所得到的铅丝的杨氏模量值偏小。
- 2、在绕制铅丝以求其截面直径时，由于并未能做到完全密绕，某些位置总存在着间隔，导致测得的直径略大于真实直径。
- 3、在实验过程中，取放物体时此系统会受到影响，导致光杠杆的臂长在过程中存在着一定的改变。
- 4、由于镜面到标尺的距离较长，约 8.144m ，此时激光笔在墙上打出的并不是一个点，而是一个小圆，导致在测量时难以确定光点的中心位置，存在一定的偏差。
- 5、镜面到标尺距离远，采用卷尺测量其间距离时，卷尺收重力影响存在一定的弯曲，导致测出的距离不准确。

实验小结

- 1、测量金属丝的杨氏模量实验对装置的稳定性要求比较高，因此要求在放置重物时尽量不引起实验装置的改变。且由于居家材料有限，难以在铅丝下悬挂很多重物，因此不再选择以一瓶水的质量为单位的方式，而是采用了用电子天平测量每次悬挂的重物质量的方式，由于重物质量改变较小，光点改变不明显，于是增大了镜面到标尺的距离。因此整个实验装置所占据的空间更大，但稳定性较难保证，在铅丝处一些轻微的变化都会引起标尺处很大的变化，必须要等待较长时间，其才能恢复稳定。
- 2、在计算中应用了一定的近似处理，将 θ 处理为一个微量，经过计算这样的近似是合理的。具体过程如下：

我们可以得到 $\frac{b/D}{\Delta L/l} = \frac{\tan 2\theta}{\tan \theta} = \frac{2}{1 - \tan^2 \theta} > 2$ 故通过计算可以得到真实的杨氏模量值为

$$E = \frac{2}{1 - \tan^2 \theta} \cdot \frac{2D}{l} \cdot \frac{LF}{Sb}。接下去估算 \theta 的量级。E 的量级为 10^{10} ，以悬挂重物质量为 $500\text{g}$$$

为例，计算得到 θ 的量级为 10^{-3} ，不妨取 θ 的值为 1×10^{-3} ，故 E 的相对偏差为

$$\delta = \frac{\left| \frac{2}{1 - \tan^2 \theta} - 2 \right|}{2} = 1 \times 10^{-6} \ll 1，可见将 \theta 处理为微量是合理的。$$

实验合影

