

用拉伸法测量金属丝 的杨氏弹性模量

一、教学目的

1. 学会用伸长法测量金属丝的杨氏模量。
2. 掌握光杠杆法测量微小伸长量的原理。
3. 学会用逐差法处理实验数据。

二、教学重点和难点

难点：镜尺组的调整。

重点：光杠杆的原理和逐差法处理实验数据。

三、教学方法

讨论式

四、教学内容

1. 实验原理

材料在外力作用下产生形变，其应力与应变的比值叫做弹性模量，它是反映材料抵抗形变能力的物理量，杨氏模量是固体材料的纵向弹性模量，是选择机械构件的依据之一，也是工程技术中研究材料性质的常用参数。

测定弹性模量的方法很多，如拉伸法、振动法、弯曲法、无干涉法等，本实验采用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量。胡克定律指出，在弹性限度内，弹性体的应力和应变成正比。设有一根长为 L ，横截面积为 S 的钢丝，在外力 F 作用下伸长了，则：

$$\frac{F}{S} = y \frac{\Delta L}{L}$$

式中的比例系数 y 称为杨氏模量，单位为 $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ 。设实验中所用钢丝直径为 d ，则

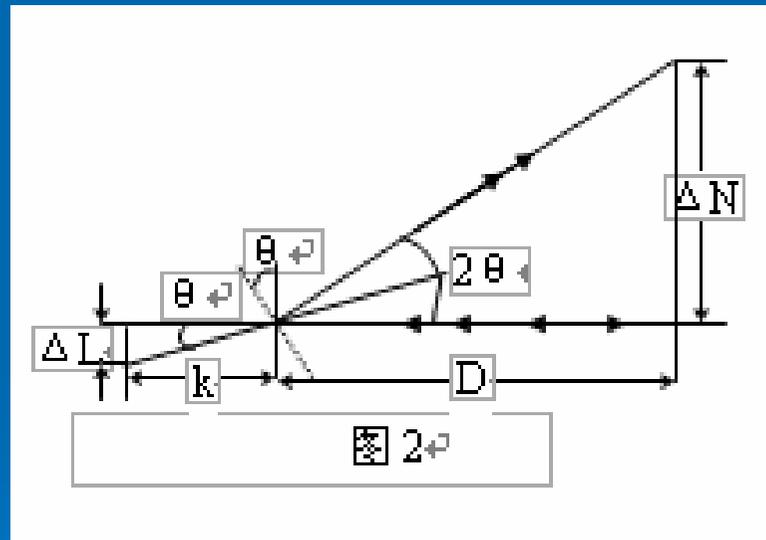
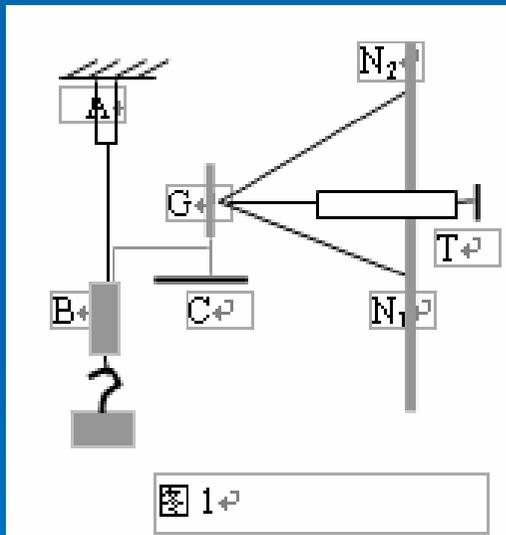
$$s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

将此公式代入上式整理以后得

$$E = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L}$$

上式表明，对于长度 L ，直径 d 和所加外力 F 相同的情况下，杨氏模量 E 大的金属丝的伸长量小。因而，杨氏模量表达了金属材料抵抗外力产生拉伸(或压缩)形变的能力。

如图1，安装光杠杆G及望远镜直横尺。光杠杆前后足尖的垂直距离为 k ，光杠杆平面镜到标尺的距离为 D ，设加砝码 m 后金属丝伸长为 L ，加砝码 m 前后望远镜中直尺的读数差为 N ，则由图2知， $\text{tg} \theta = L/k$ ，反射线偏转了 2θ ， $\text{tg} 2\theta = N/D$ ，当 $\theta < 5^\circ$ 时， $\text{tg} 2\theta \approx 2 \text{tg} \theta$ ，故有 $2 L/k = N/D$ ，即 $L = N \cdot k / 2D$ ，或者 $L = (N_2 - N_1) k / 2D$ 。



将 $F = mg$ 代入上式，得出用伸长法测金属的杨氏模量 E 的公式为：

$$E = \frac{8mgLD}{\pi d^2 \Delta N k}$$

2. 实验仪器介绍

YWC-1杨氏弹性模量测量仪（包括望远镜、测量架、光杠杆、标尺、砝码）、钢卷尺、游标卡尺、螺旋测微器

3. 实验步骤及内容

➤ 杨氏模量测定仪的调整

- (1) 调节杨氏模量测定仪底脚螺丝，使立柱处于垂直状态；
- (2) 将钢丝上端夹住，下端穿过钢丝夹子和砝码相连；
- (3) 将光杠杆放在平台上，调节平台的上下位置，尽量使三足在同一个水平面上。

➤光杠杆及望远镜直横尺的调节

(1) 在杨氏模量测定仪前方约1米处放置望远镜直横尺，并使望远镜和光杠杆在同一个高度，并使光杠杆的镜面和标尺都与钢丝平行；

(2) 调节望远镜，在望远镜中能看到平面镜中直尺的像；

(3) 仔细调节望远镜的目镜，使望远镜内的十字线看起来清楚为止，调节平面镜、标尺的位置及望远镜的焦距，使人们能清楚地看到标尺刻度的像。

➤ 测量

(1) 将砝码托盘挂在下端，再放上一个砝码成为本底砝码，拉直钢丝，然后记下此时望远镜中所对应的读数；

(2) 顺次增加砝码 1 kg ，直至将砝码全部加完为止，然后再依次减少 1 kg 直至将砝码全部取完为止，分别记录下读数。注意加减砝码要轻放。由对应同一砝码值的两个读数求平均，然后再分组对数据应用逐差法进行处理；

(3) 用钢卷尺测量钢丝长度 L ；

(4) 用钢卷尺测量标尺到平面镜之间的距离 D ；

(5) 用螺旋测微器测量钢丝直径 d ，变换位置测五次（注意不能用悬挂砝码的钢丝），求平均值；

(6) 将光杠杆在纸上压出三个足印，用卡尺测量出 k 。

五、实验结果示例

金属丝直径

测量次数	1	2	3	平均值
直径 d/cm				

镜面到标尺的距离、金属丝长度及光杠杆足尖距离

镜面到标尺的距离 D/cm	金属丝长度 L/cm	光杠杆足尖距离 b/cm

加负荷后标尺的读数

次数	砝码 (kg)	标尺读数 (cm)		$n_i = (n_i + n_i) / 2$
		n_i (增加砝码)	n_i (减少砝码)	
0	2.00			
1	3.00			
2	4.00			
3	5.00			
4	6.00			
5	7.00			
6	8.00			
7	9.00			

六、课后思考题

1. 材料相同，但粗细、长度不同的两根钢丝，它们的杨氏弹性模量是否相同？

答：相同。

2. 光杠杆有什么优点？怎样提高光杠杆测量微小长度变化的灵敏度？

答：光杠杆有放大优点。实验测数据时，金属丝要相对静止，否则读数时存在随机误差很大。

3. 用逐差法处理实验数据有什么好处？能否根据实验数据判断金属丝有无超过弹性限度？

答：用逐差法的优点是：尽量利用各测量值，本实验中如果简单地取各次测量的平均值，则中间值都抵消，只有首末两次值起作用，失去了多次测量的意义。如果实验数据存在很大的偏差，可判断金属丝超过弹性限度。