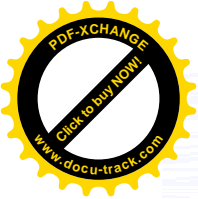


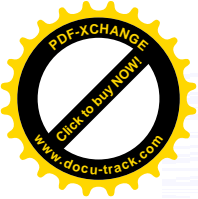
# 大学物理实验

(杨氏模量)



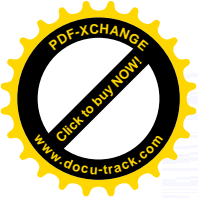
## 今日提问:

- 1、什么是杨氏模量？
- 2、什么是光杠杆？为什么要用光杠杆放大？
- 3、为什么要用逐差法处理数据？
- 4、如何维护钢丝的平直状态，避免测量直径，时使伸长部分扭折。



# 主要内容

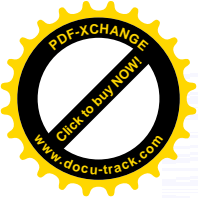
- 1 实验目的.....
- 2 实验仪器.....
- 3 实验原理.....
- 4 实验内容和步骤.....
- 5 报告要求.....



# 实验目的

杨氏模量是描述材料抵抗形变能力的物理量，该值越大，材料越不容易变形。是工程设计的重要参数

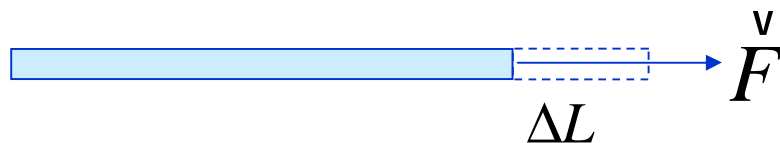
- ✓ 掌握用伸长法测量金属丝杨氏模量的方法
- ✓ 理解光杠杆测量长度微小变化的原理
- ✓ 学会用逐差法处理数据
- ✓ 进行测量结果的不确定度分析



# 实验原理

## 1、杨式模量:

假设一根横截面积为 $S$ , 长为 $L$ 的材料, 在大小为 $F$  的力的拉压下, 伸缩短了 $\Delta L$ 则:



$$\frac{\Delta L}{L} : \text{应变}$$

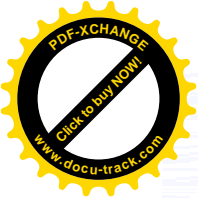
$$\frac{F}{S} : \text{应力}$$

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

应力和应变的比成为杨式模量

$$E = \frac{FL}{S\Delta L}$$

本实验目标:  
钢材的杨氏模量



# 实验原理

2、钢丝杨式模量测量方法：
$$E = \frac{FL}{S\Delta L}$$

$S = \frac{\pi d^2}{4}$   $d$  为细铁丝的直径，可用螺旋测微仪测量

$F$  : 可由实验中钢丝下面悬挂的砝码的重力给出

$L$  : 可由米尺测量

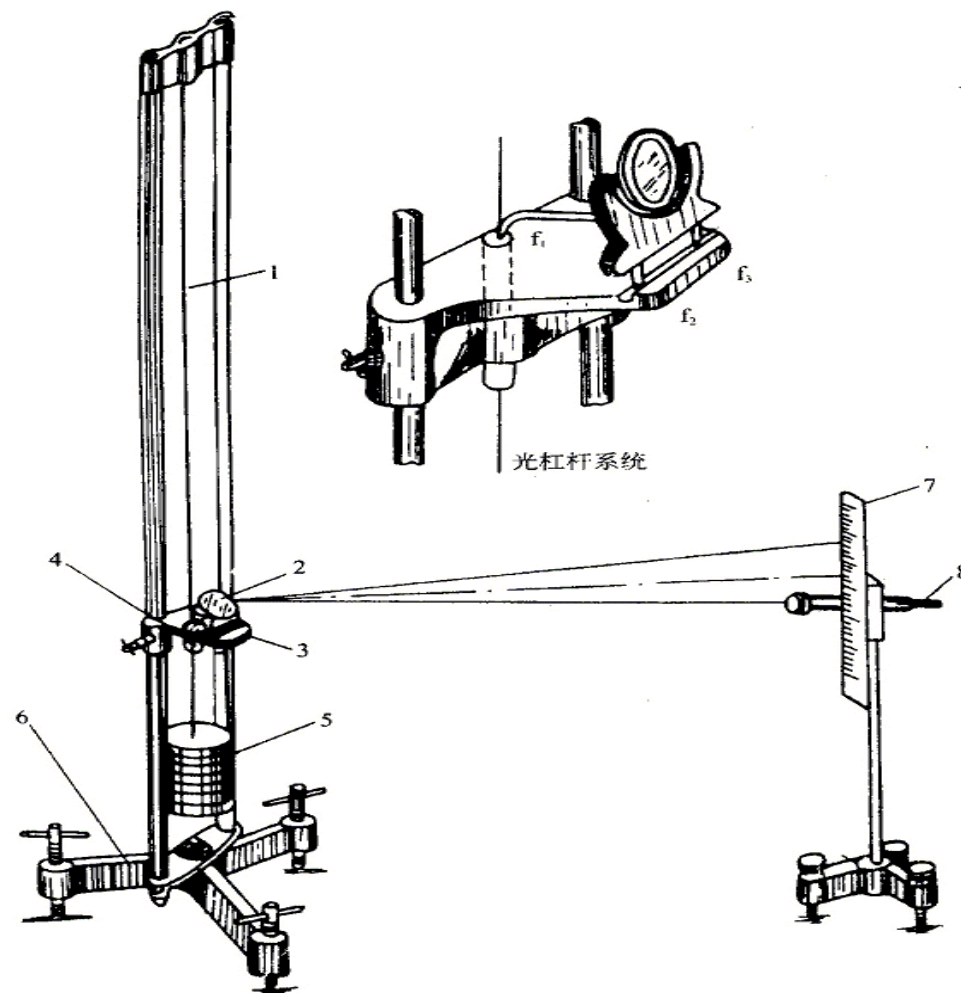
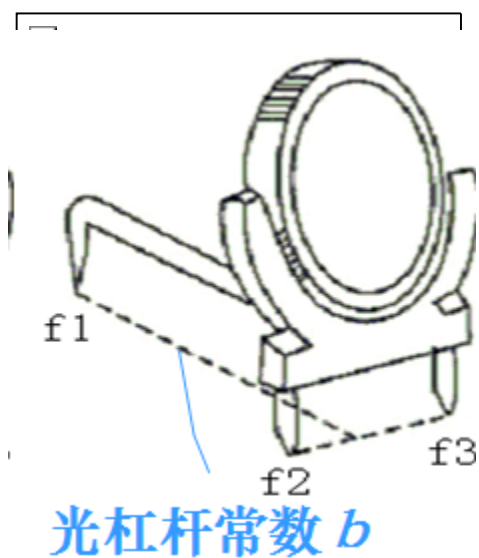
$\Delta L$  : 是一个微小长度变化量，本实验利用光杠杆的光学放大作用实现对金属丝微小伸长量  $\Delta L$  的间接测量。

思考: 为什么  $d$  要用 螺旋测微仪量,  $L$  由米尺测量?

# 实验原理

目的 原理 仪器 步骤 报告要求

## 光杠杆的光学放大原理



# 实验原理

## 光杠杆的光学放大原理

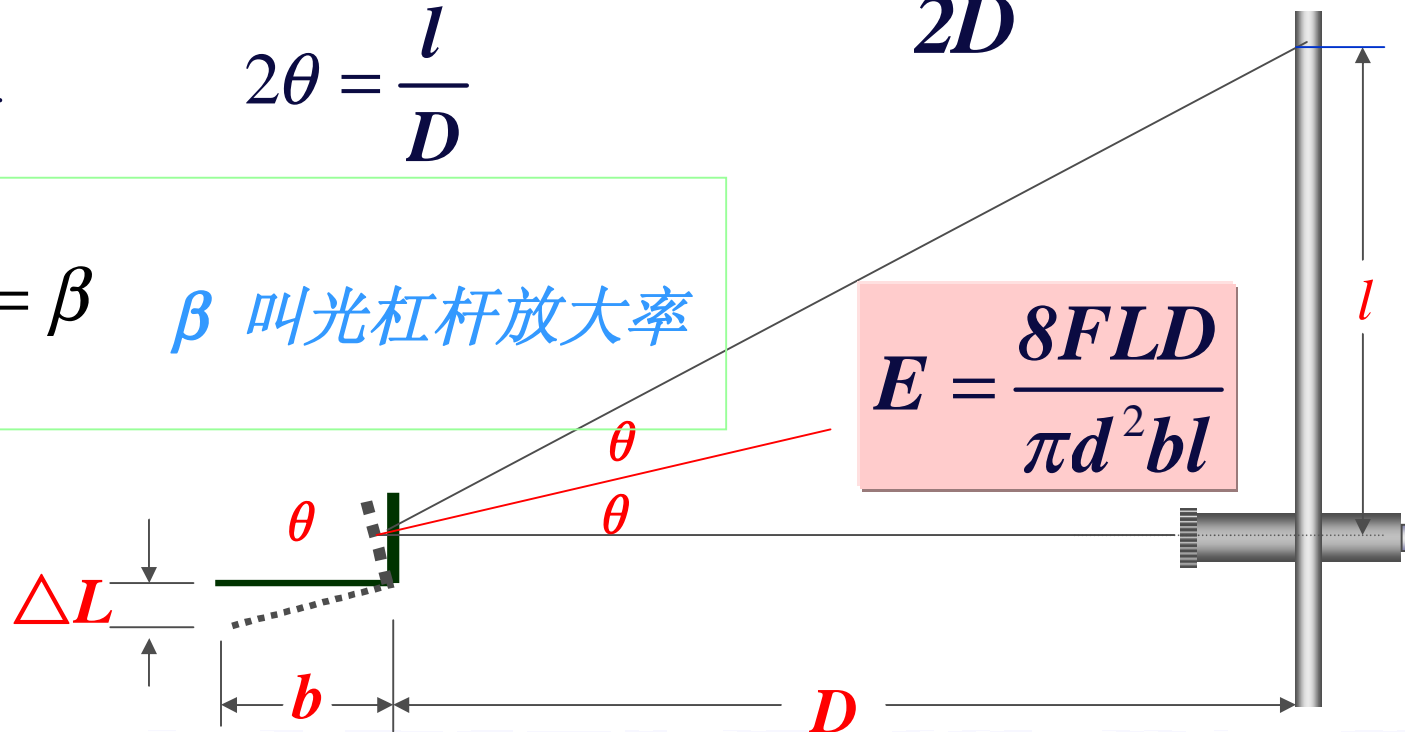
$$\tan \theta = \frac{\Delta L}{b} \xrightarrow{2\theta \ll 5^\circ} \theta = \frac{\Delta L}{b} \xrightarrow{\quad} \Delta L = \frac{lb}{2D}$$

$$\tan 2\theta = \frac{l}{D} \quad 2\theta = \frac{l}{D}$$

$$E = \frac{FL}{S\Delta L}$$

$$\frac{l}{\Delta L} = \frac{2D}{b} = \beta \quad \beta \text{ 叫光杠杆放大率}$$

$$E = \frac{8FLD}{\pi d^2 bl}$$







# 实验原理

关于仪器选择:

测量范围

相对不却定度

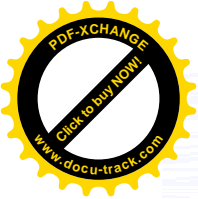
$$E = \frac{8FLD}{\pi d^2 bl}$$

砝码 卷尺 卷尺 千分尺 卡尺 米尺

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L'}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2}$$

思考:为什么 $d$ 要用 螺旋测微仪量,  $L$  由米尺测量?

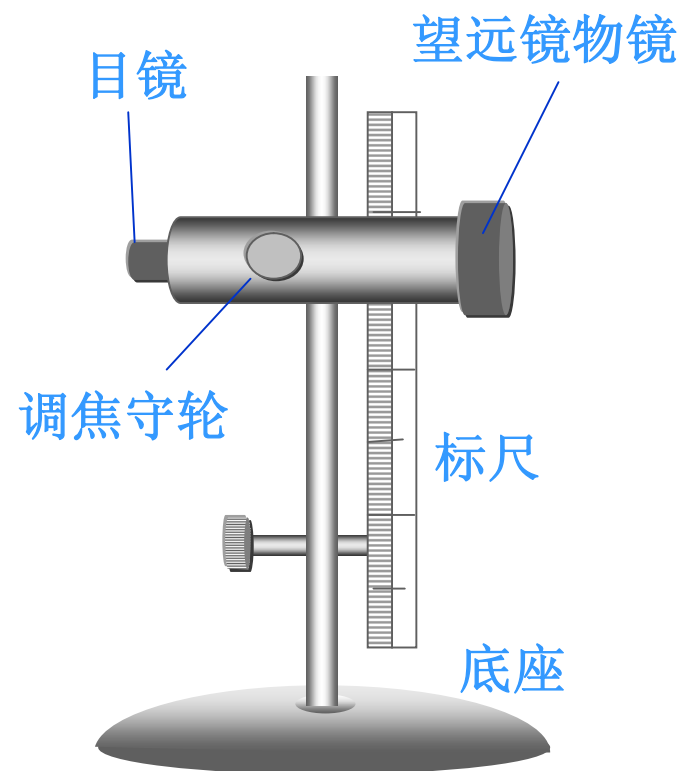
在传播公式中,  $2\frac{\Delta d}{d}$  影响比较显著, 所以选择精度高的仪器

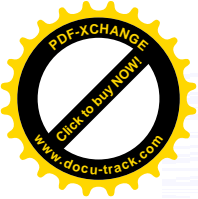


# 实验原理

## 尺读望远镜组：

测量时，望远镜水平地对准光杠杆镜架上的平面反射镜，经光杠杆平面镜反射的标尺虚象又成实象于分划板上，从两条视距线上可读出标尺像上的读数。





# 实验仪器

杨氏模量测定仪

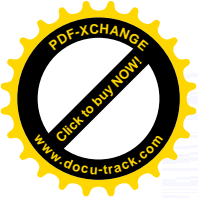
螺旋测微计

游标卡尺

米尺

砝码

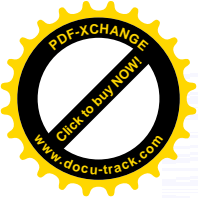
待测金属丝



# 实验步骤

## 1、调节仪器： 调节光杠杆和望远镜：

- (1) 调整望远镜水平, 光杠杆平面镜竖直
- (2) 调整望远镜与光杠杆平面镜高度相同
- (3) 沿望远镜外侧边沿上方使凹口、瞄准星面镜在同一直线上, 左、右移动望远镜在镜子里找到竖直尺的像; 若找不到, 可微调镜子的角度, 直到找到为止。
- (4) 旋动望远镜目镜, 使十字叉丝清晰; 再旋动聚焦手轮, 直到看清竖直尺的像。



# 实验步骤

## 2、记录金属丝伸长变化

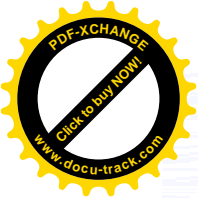
逐次加一个砝码，在望远镜中读对应标尺的位置，共7次；然后将所加砝码逐次去掉，并读取相应读数。

加砝码	$r_0$	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	$r_6$	$r_7$
减砝码	$r'_0$	$r'_1$	$r'_2$	$r'_3$	$r'_4$	$r'_5$	$r'_6$	
平均值	$\bar{r}_0$	$\bar{r}_1$	$\bar{r}_2$	$\bar{r}_3$	$\bar{r}_4$	$\bar{r}_5$	$\bar{r}_6$	$r_7$

用差逐法计算每增减4个砝码，钢丝的伸长量

$$l_1 = r_5 - r_1 \quad l_2 = r_6 - r_2 \quad l_3 = r_7 - r_3 \quad l_4 = r_8 - r_4$$

	1	2	3	4	平均
$l_i$					



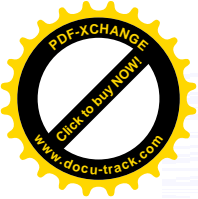
# 实验步骤

3、测量金属丝长度 $L$ 、平面镜与竖尺之间的距离 $D$ ，金属丝直径 $d$ ，光杠杆常数 $b$ 。

(1)用钢卷尺测量 $L$  和 $D$

(2)在钢丝上选不同部位用螺旋测微计测量 $d$

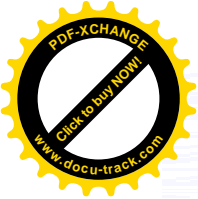
(3)取下光杠杆在展开的白纸上同时按下三个尖脚的位置，用直尺作出光杠杆后脚尖到前两尖脚连线的垂线，用游标卡尺测出 $b$



# 实验步骤

## 注意：

- 1、实验系统调好后，一旦开始测量 $r_i$ ，在实验过程中不能对系统的任何一部分进行调整，否则，所有数据将重新再测。
- 2、加减砝码时要轻拿轻放，系统稳定后才能读取刻度尺，读数过程中不要按压桌面。
- 3、光杠杆后脚尖不能接触钢丝。
- 4、注意维护钢丝的平直状态，在钢丝两端夹点外测量直径，避免伸长部分扭折。



# 报告要求

## 1、计算杨氏模量 $E$ :

$$E = \frac{8FLD}{\pi d^2 bl} = \frac{8 \times 0.360 \times 4 \times 9.8 \times 0.3742 \times 1.515}{3.14 \times 0.49^2 \times 10^{-6} \times 8.4 \times 10^{-2} \times 0.63 \times 10^{-2}} \\ = 1.60 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

## 2、计算 $\Delta E$ : 测量结果的相对不确定度

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{\bar{d}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{\bar{l}}\right)^2} = N\%$$

## 3、规范表示测量结果

## 4、回答问题

$$\left\{ \begin{array}{l} E = E \pm \Delta E \\ P = 0.683 \\ \frac{\Delta E}{E} = N\% \end{array} \right.$$





一.  $F, L, D, b$ 各量均为单次测量量, 不确定度为:

$$\Delta = \Delta_{\text{仪器误差}} / \sqrt{3} \quad \mathbf{P = 0.683}$$

$$\text{例如: } \Delta F = 4 \times (1\text{kg} / 1\text{个砝码}) \times 9.80 \div \sqrt{3} = 0.03\text{N}$$

二.  $d, \bar{l}$ 为多次测量量, 其不确定度为:

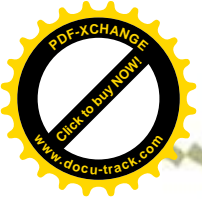
$$\Delta_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{N} - N_i)^2}{k(k-1)}}$$

$$\Delta_B = \frac{\Delta_{\text{仪器误差}}}{\sqrt{3}}$$

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_A)^2 + (\Delta_B)^2}$$

$$\mathbf{P = 0.683}$$





Thank You !

