

拉伸法和扭转法（1011） 实验预习报告

实验名称：拉伸法测钢丝弹性模量

日期：_____

评分：_____

一、 实验目的

- (1) 学习两种测量微小长度的方法，光杠杆法、霍尔位置传感器法。
- (2) 熟练使用游标卡尺和千分尺，正确读取游标，注意千分尺的规范操作。

二、 实验原理：

一条各向同性的金属棒（丝），截面积为 A ，在外力作用下伸长 δL ，当是平衡状态时，如忽略金属棒本身的重力，则棒中任一截面上，内部的恢复力必与外力相等。在弹性限度内，

按胡克定律应有应力（ $\sigma = \frac{F}{A}$ ）与应变（ $\varepsilon = \frac{\delta L}{L}$ ）成正比关系，即 $E = \frac{\text{应力}}{\text{应变}} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ ， E 为

该金属的弹性模量（又称杨氏模量）。弹性模量 E 与外力 F ，物体的长度 L 以及截面积 A 的大小均无关，只取决于棒的材料性质，是表征材料力学的一个物理量。

若金属棒为圆柱形，直径为 D ，在金属棒（丝）下端悬以重物产生的拉力为 F ，则

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\delta L}{L}} = \frac{4FL}{\pi D^2 \delta L}$$

测出等式右边各项，则可以算出该金属的弹性模量，其中 F 、 L 、

D 可根据一般的方法测得，测量的难点是在弹性限度内， $F=mg$ 不可能很大，相应的 δL 很小，用一般的工具不易测出，因此选用光杠杆法测量微小长度变化。

光杠杆的结构为一个直立的平面镜装在倾角调节架上，它与望远镜、标尺、二次反射镜组成光杠杆调节系统。实验时，测得光杠杆两个前足尖放在弹性量测定仪的固定平台上，后足尖放在待测金属丝的测量端面上，当金属丝受力后，产生微小伸长，后足尖便随被测量端面一起微小移动，并使光杠杆绕前足尖转动一微小角度，从而带动光杠杆反射镜转动相应微小角度。这样标尺的像在光杠杆反射镜和二次反射镜之间反射，便把这一微小位移放大成较大的线位移。这就是光杠杆产生光放大的基本原理。

开始时光杠杆反射镜与标尺在同一平面，在望远镜上读到的标尺读数为 r_0 ；当光杠杆反

射镜的后足尖下降 δL 时，产生一个微小偏转角 θ ，在望远镜上读到的标尺数为 r_i ，则放大

后的钢丝伸长量 $C_i = r_i - r_0$ （视伸长） $\delta L_i = \sigma \tan \theta = b \theta$ ， b 为光杠杆前后足尖的垂直距

首先调整望远镜，使其与光杠杆等高，然后左右平移望远镜与二次反射镜，直至凭目测从望远镜上方观察到光杠杆反射镜中出现二次反射镜的像，再适量转动二次反射镜至出现标尺的像。

②调焦找尺

首先调节望远镜目镜旋轮，使“十”字叉丝清晰成像（目镜调焦），然后调节望远镜物镜焦距，至标尺与“十”字叉丝无视差。

③细调光路水平

观察望远镜水平叉丝所对应的标尺上的实际读数是否一致，若明显不同，则说明入射光线与反射光线未沿水平面传播，可适当调节二次反射镜的俯仰，直到望远镜读出的数恰为其实际位置为止。调节过程中还应兼顾标尺像上下清晰程度一致，若清晰度不同，则适当调节望远镜俯仰螺钉。

（2）测量数据

①首先预加 10kg 拉力，将钢丝拉直，然后逐次改变钢丝拉力，测量望远镜水平叉丝对应的标尺读数，然后取两次结果的平均值。

②根据量程相对不确定度的大小，选择合适的长度测量仪器，分别用卷尺、游标卡尺或千分尺测 L 、 H 、 σ 各一次，测钢丝直径 D 若干次。

（3）数据处理

选择用逐差法、一元线性回归或图解决计算弹性模量，并估量不确定度。其中 L 、 H 、 σ 各量只测量了一次。由于实验条件的限制，它们的不确定度不能简单地只由量具的仪器误差来决定。

①测量钢丝长度 L 时，由于钢丝上下端装有紧固头，米尺很难测量，故其误差限可达 0.3cm。

②测量锤尺间距 H 时，难以保证米尺大小，不弯曲和两端对准，若该距离为 1.2–1.5m，则误差可限定为 0.5cm。

③用卡尺测量光杠杆前后足距 b 时，不能保证完全是垂直距离，该误差限定可定为 0.02cm。

（此处另起一张实验报告纸）

实验名称：扭摆法测定转动惯量

日期：_____

评分：_____

一、实验目的

- (1) 学习两种物理实验的方法——比值测量法和转换测量法
- (2) 熟悉扭摆的构造及使用方法，掌握数字式计时器的正确使用
- (3) 用扭摆测定的几种不同形状物体的转动惯量，并与理论值进行比较
- (4) 验证转动惯量平行轴定理

二、实验原理

扭摆工作原理：扭摆的垂直轴上装有一根薄片状的螺旋弹簧，用以产生恢复力矩在轴的上方可以装上各种待测物体，垂直轴与支座间装有轴承，使摩擦力矩尽可能降低。将物体在水平面内转过一角度 θ 后，在弹簧的恢复力矩作用下，物体就开始绕垂直轴作往返扭转运动。根据胡克定律，弹簧受扭转面产生的恢复力矩 M 与所转过的角度 θ 成正比，即 $M = -k\theta$ 式中， k 为弹簧的扭转常数。根据转动定律 $M_{\text{总}} = I\beta$ (I 为物体绕转轴的转动惯量， β 为角加

速度)，忽略轴承的摩擦力矩，则有 $M_{\text{总}} = M$ 。由 $\beta = \ddot{\theta}$ ，并令 $\omega^2 = \frac{k}{I}$ ，得

$\beta = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{k}{I}\theta = -\omega^2\theta$ ，上述方程表示扭摆运动具有角谐振动的特性。角加速度与角位

移成正比，且方向相反，此方程的解为 $\theta = A\cos(\omega t + \varphi)$ 。式中， A 为谐振动的角振幅， φ

为初相位角， ω 为角（圆）频率，此谐振动的周期为 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}}$ 。测得扭摆摆动周期

后，在 I 和 k 中任何一个量已知时即可计算出另一个量。

本实验用一个几何形状规则的物体（圆柱），其转动惯量 (I_0) 可以根据它的质量和几何尺寸用理论公式直接计算得到，再算出本仪器弹簧的 k 值，若要测定其他形状物体的转动惯量，只需要将待测物体安放在本仪器顶部各种夹具上，测定其摆动周期，可换算出该物体绕转动轴的转动惯量。

理论分析证明，若质量为 m 的物体绕过质心轴的转动惯量为 I_c ，当转轴平行移动距离 x 时，则此物体对新轴线的转动惯量变为 $I_c + mx^2$ 。这称为转动惯量的平行轴定理。

三、 实验仪器

扭摆，塑料圆柱体，金属空心圆筒，实心塑料（木）球，金属细长杆（两个滑块可在上面自由移动），数字式计时器，电子天平

四、 实验内容

1. 调整测量系统

用水准仪调整仪器水平，设置计时器

2. 测量数据

①装上金属载物盘，测定其摆动周期 T_0 ，将塑料圆柱体垂直放在载物盘上，测出摆动周期 T ，测定扭摆的弹簧扭转常数 k 。

②测定金属圆筒、塑料（或木）球与金属细长杆的转动惯量，列表时注意给出各待测物体转动的惯量的测量公式和理论计算公式。

③验证转动惯量的平行轴定理。将滑块对称地放置在细杆两边的凹槽内（此时滑块质心离转轴的距离分别为 5.00，10.00，15.00，20.00，25.00，单位 cm），测出摆动周期 T_5 。

④测量其它常数，利用电子天平，测出塑料圆柱、金属圆柱、塑料（或木）球与金属细长杆的质量，并记录有关物体的内、外径和长度。

3. 数据处理——用列表法处理数据

①设计原始数据记录表格。

②算出金属圆筒、塑料（或木）球和金属细长杆的转动惯量 I_2 ， I_3 ， I_4 ，并与理论计算值 I_2 ， I_3 ， I_4 比较，求百分差。

③验证平行轴定理。