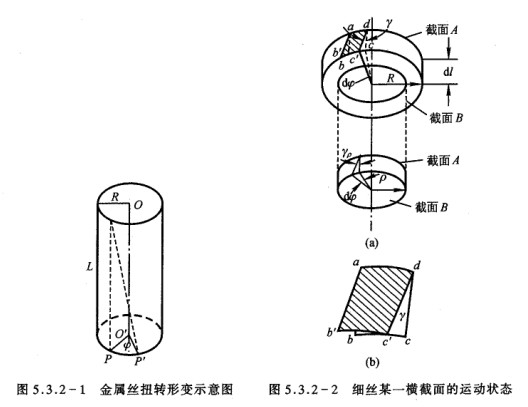
**实验题目：**切变模量

**实验目的:** 用扭摆来测量金属丝的切变模量，同时学习尽量设法避免测量那些较难测准的物理量，测量那些较难测准的物理量，从而提高实验精度的设计思想。

**实验原理：**实验对象是一根上下均匀而细长的钢丝，从几何上说就是一个如图5.3.2-1所示的细长的圆柱体，其半径为R，长度为L。将其上端固定，而使其下端面发生扭转。扭转力矩使圆柱体各截面小体积元均发生切应变。在弹性限度内，切应变γ正比于切应力τ：

 （1）

这就是剪切胡克定律，比例系数G即为材料的切变模量。



钢丝下端面绕中心轴线OO’转过φ角（即P点转到了P’的位置）。相应的，钢丝各横截面都发生转动，其单位长度的转角。分析这细圆柱中长为的一小段，其上截面为A，下截面为B（如图5.3.2-2所示）。由于发生切变，其侧面上的线ab的下端移至b’，即ab转动了一个角度γ，，即切应变

 （2）

在钢丝内部半径为ρ的位置，其切应变为

 （3）

由剪切胡克定律可得横截面上距轴线OO’为ρ处的切应力。这个切应力产生的恢复力矩为



截面A、B之间的圆柱体，其上下截面相对切变引起的恢复力矩M为

 （4）

因钢丝总长为L，总扭转角，所以总恢复力矩

 （5）

所以

 （6）

于是，求切变模量G的问题就转化成求钢丝的扭矩（即其恢复力矩）的问题。为此，在钢丝下端悬挂一圆盘，它可绕中心线自由扭动，成为扭摆。摆扭过的角度φ正比于所受的扭力矩，

 （7）

D为金属丝的扭转模量。将式（7）代入式（6），有

 （8）

由转动定律

 （9）

I0为摆的转动惯量，再由式（7）和（9）可得

 （10）

这是一个简谐运动微分方程，其角频率，周期

 （11）

作为扭摆的圆盘上带有一个夹具，这给测量或计算I0带来困难。为此，可将一个金属环对称地置于圆盘上。设环的质量为m，内外半径分别为r内和r外，转动惯量为

，这时扭摆的周期

 （12）

由式（11）、（12）可得

 （13）

 （14）

 （15）

**实验仪器：**扭摆，千分尺，游标卡尺，卷尺，计时器。

**实验步骤：**

1. 装置扭摆，使钢丝与作为扭摆的圆盘面垂直，圆环应能方便地置于圆盘上。
2. 用螺旋测微器测钢丝直径，用游标卡尺测环的内外径，用米尺测钢丝的有效长度。
3. 写出相对误差公式，据此估算应测多少个周期较合适。
4. 计算钢丝的切变模量G和扭转模量D，分析误差。

**数据处理和分析：**

置信概率均为P=0.65

m=575.9g

由误差传递公式得+

及对L，m，r内，r外及R粗测可知，为主要误差项。保守设计，需让T0，T1小于主要误差的1/5.

及，

先粗测得出周期，T0=2.14s，T1=3.66s

可得n0>23.69

同理可得，n1>40.5

钢丝直径

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| D/mm |  |  | D平均 |
| 0.778 | 0.781 | 0.781 | 0.780 |

0.002

U=0.001

钢丝长度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| L/cm |  |  | L平均 |
| 41.65 | 41.62 | 41.66 | 41.64 |

0.02

U=0.02

圆环外径

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| r外/cm |  |  | r外平均 |
| 11.766 | 11.774 | 11.766 | 11.769 |

0.005

U=

圆环内径

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| r内/cm |  |  | r内平均 |
| 8.180 | 8.166 | 8.168 | 8.171 |

0.008

U=

T0

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 25T0/s |  |  | 平均 |
| 53.59 | 53.53 | 53.6 | 53.57 |
| T0 |  |  |  |
| 2.144 | 2.141 | 2.144 | 2.140 |

0.002

U=0.001

T1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 45T1/s |  |  | 平均 | | 164.53 | 164.57 | 164.46 | 164.52 | | T1 |  |  |  | | 3.656 | 3.657 | 3.655 | 3.656 | |

0.001

U=

由



代入数据计算得：D=0.0272 G=3.04

相对误差分析：

由

并带入数据可算出

=0.19

=0.26

不确定度分析：

可得=2.13\*

故D=（2.720.02）\*

同理可对G分析得

=3.93\*

故G=（3.040.02）\*

**思考题：**

1. ,
2. 对于不同的物理量根据精度需求选取不同的测量工具；先粗测并估计出误差范围内的最少周期数，在进行精确测量；多次测量求平均值；保持转动时圆盘水平，防止其产生斜向速度影响结果。