【实验目的】

1. 熟悉扭摆的构造及使用方法，掌握数显计时计数毫秒仪的正确使用；
2. 学会用扭摆测定弹簧的扭转常量；
3. 学会用扭摆法测定有规则几何形状的物体的转动惯量；
4. 验证平行轴定理.

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. 扭摆法摆动周期公式推导

由推导知 $T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{I}{K}}$（I为物体绕转轴的转动惯量，K为弹簧的扭转常量）

实验时先算出金属载物圆盘的弹簧的K值，再测定其上其它有规则几何形状的被测物体的I，测得T，由上式可知该被测物体绕转轴的I. 规则几何形状被测物可由理论公式直接测得.

2. 比较法测定扭转常量.

转动惯量 I_0—金属载物圆盘，I_1 塑料圆柱体；金属载物圆盘摆动周期T_0，两者为T_1

由上式知 $\frac{T_0}{T_1}=\frac{\sqrt{I_0}}{\sqrt{I_0+I_1}}$ / $\frac{I_0}{I_1}=\frac{T_0^2}{T_1^2-T_0^2}$，由理论公式 $I_{1理}=\frac{1}{8}m_{柱}D_{柱}^2$ 得 $K=4\pi^2\frac{I_{1理}}{T_1^2-T_0^2}$

3. 有规则几何形状物体的转动惯量.

(1). 金属载物圆盘的转动惯量I_0

设其周期为T_0，则由上式知K. 得 $I_0=\frac{KT_0^2}{4\pi^2}$

(2). 塑料圆柱体的转动惯量I_1

塑料圆柱体的转动惯量 $I_1=\frac{KT_1^2}{4\pi^2}-I_0$，又∵ $I_{1理}=\frac{1}{8}m_{柱}D_{柱}^2$　∴ $E_1=\frac{|I_{1理}-I_1|}{I_{1理}}\times100\%$

(3). 金属大圆筒的转动惯量I_2

$I_2=\frac{KT_2^2}{4\pi^2}-I_0$　∵ $I_{2理}=\frac{1}{8}m_{筒}(D_{外1}^2-D_{内1}^2)$　∴ $E_2=\frac{|I_{2理}-I_2|}{I_{2理}}\times100\%$

(4). 尼龙球的转动惯量I_3

$I_3=\frac{KT_3^2}{4\pi^2}-I_0'$　∵ $I_{3理}=\frac{1}{10}m_{球}D_{球}^2$　∴ $E_3=\frac{|I_{3理}-I_3|}{I_{3理}}\times100\%$

(5). 金属细杆的转动惯量I_4

$I_4=\frac{KT_4^2}{4\pi^2}-I_0''$　∵ $I_{4理}=\frac{1}{12}m_{杆}L_{杆}^2$　∴ $E_4=\frac{|I_{4理}-I_4|}{I_{4理}}\times100\%$

4. 平行轴定理的验证

$I=I_m+mx^2$　∵ $I_{5理}=\frac{1}{8}m_{滑}(D_{外2}^2-D_{内2}^2)+\frac{1}{12}m_{滑}L_{滑}^2$

$I_5=\frac{KT_5^2}{4\pi^2}-I_0''-I_4-2mx^2$　∴ $E_5=\frac{|I_{5理}-I_5|}{I_{5理}}\times100\%$

【实验内容】（重点说明）

1.仪器调整

(1).调整扭摆基座底脚螺丝，使水准泡中气泡居中；

(2) 装上金属载物盘，并调整光电门位置，使金属载物盘上的挡光杆摆动时能挡住发射、接收红外线的小孔；

(3). 开启数显计时计数毫秒仪，按"功能"按钮，选择"周期"功能，"周期"左边指示灯亮起。预置周期数，如设置与10次，按"执行"按钮，等待采样时间；

(4). 拨动金属载物圆盘，使之摆动起来，按"复位"按钮，开始采样周期的时长；

2. 用电子秤和游标卡尺测量待测物体的质量和必要的几何尺寸；

3. 测定扭摆的扭转常量

(1) 测定金属载物盘的摆动周期 T_0；

(2). 测定金属载物盘上放置塑料圆柱体的摆动周期 T_1；

(3). 计算 k、I_0、I_1、$I_{1理}$、E_1

4. 测定金属大圆筒、木球和金属细长杆的转动惯量

5. 验证转动惯量平行轴定理.

【实验器材及注意事项】

实验器材：数显计时计数毫秒仪、光电门、电子秤、

注意事项：1. 转动轴必须插入载物圆盘，并将螺丝旋紧，使它与弹簧组成牢固的系统。若发现转动次数之后便停下，因为螺丝未旋紧；

2. 弹簧有一定的使用寿命和强度，不得随意玩弹簧，实验时摆动角不宜太大；

3. 圆柱体和大圆筒放在载物圆盘上时，须放正，不能倾斜；

4. 挡光杆必须通过光电探头间隙内的两个小孔。光电探头应放置在挡光杆的平衡位置处；

5. 在验证转动惯量平行轴定理时两个圆筒一定要对称放置.

【数据处理与结果】

$m_{盘}=277.5g$ $m_{1大柱}=902.5g$ $m_{2小柱}=432.8g$ 预置次数皆为 6.

项目	$T_{0盘}$/(s)	$T_{1大柱}$/(s)	$T_{2小柱}$/(s)	$D_{1大柱}$/(mm)	$D_{2小柱}$/(mm)
平均值	0.6062	1.1152	0.8870	99.50	99.63

(1). 计算 k.

$I_{1大柱}=\frac{1}{8}m_{1柱}D_{1柱}^2=\frac{1}{8}\cdot 902.5\times10^{-3}\cdot(99.50\times10^{-3})^2\approx1.12\times10^{-5}$

由比较法公式得 $k=4\pi^2\frac{I_{1柱}}{T_1^2-T_0^2}=4\pi^2\cdot\frac{1.12\times10^{-5}}{1.1152^2-0.6062^2}\approx5.046\times10^{-4}$

(2). 计算圆盘 I_0

由公式得 $I_0=\frac{kT_0^2}{4\pi^2}\approx4.701\times10^{-6}$

(3). 计算大圆柱 I_1、E_1

$I_1=\frac{kT_1^2}{4\pi^2}-I_0\approx1.12\times10^{-5}$

$E_1=\frac{|I_{1理}-I_1|}{I_{1理}}\times100\%\approx0.089\%$

(4). 计算小圆柱 $I_{2理}$、I_2、E_2

$I_{2理}=\frac{1}{8}m_{2柱}D_{2柱}^2=\frac{1}{8}\times432.8\times10^{-3}\cdot(99.63\times10^{-3})^2\approx5.390\times10^{-6}$

$I_2=\frac{kT_2^2}{4\pi^2}-I_0\approx5.356\times10^{-6}$

$E_2=\frac{|I_{2理}-I_2|}{I_{2理}}\times100\%\approx0.63\%$

【误差分析】

1. 实验时摆动角度过大，未待到完全稳定时再按"执行"测量周期；
2. 由于预置次数设置未达到最合理，导致所测周期幅度相差偏大；
3. 弹簧本身并不能做到长久持续的偏转，不能完全稳定；
4. 由于圆柱可能存在磨损，直径测量含有误差；
5. 计算过程中由于保留一定的有效数字导致误差在计算时累积。

【实验心得及思考题】

实验心得：首先，这次实验让我重新温故了有关转动惯量的知识，加深了知识的了解；其次，在预习实验时，重新对公式的由来、推理有了清晰的认识；再者，本实验新一次地接触到了扭摆实验装置，对数显计时计数毫秒仪也有了实际操作上的认识，也对游标卡尺的读数进行了温故。总之，这次实验让我温故了很多，才也收获颇丰。

思考题：1. 因为只有取下支架夹具，两者才能算是形状规则的刚体，我们才能利用公式计算其转动惯量理论值；

2. 将物体置于圆盘上绕特定轴转动，求出整体的转动惯量，减去圆盘的转动惯量，即该物体的转动惯量。若特定轴为圆盘中心，则可直接得到，将其质心置于轴心；若质心与轴心有距离x，可用平行轴定理 $I = I_0 + mx^2$ 计算得到。其中质心可用重力悬挂法得到。

【数据记录及草表】

1. 金属圆盘

预置次数6. 圆盘质量 $m_0=277.5g$

实验次数	1	2	3	4	5	平均值
$T_总$(s)	3.638	3.638	3.635	3.637	3.636	3.637
T_0(s)	0.6063	0.6063	0.6058	0.6062	0.606	0.6062

2. 大圆柱

预置次数6 质量 $m_1 = 902.5g$

实验次数	1	2	3	4	5	平均值
$T_总$(s)	6.687	6.697	6.685	6.697	6.689	6.691
T_0(s)	1.1145	1.1162	1.1142	1.1162	1.1148	1.1152

3. 小圆柱

预置次数6 质量 $m_2 = 432.8g$

实验次数	1	2	3	4	5	平均值
$T_总$(s)	5.308	5.337	5.337	5.308	5.319	5.322
T_0(s)	0.8847	0.8895	0.8895	0.8847	0.8865	0.887

4. 测直径

实验次数	1	2	3	4	5	平均值
D大圆柱(mm)	99.52	99.50	99.50	99.52	99.50	99.50
D小圆柱(mm)	99.64	99.62	99.6[illegible]	[illegible]	99.60	99.63

教师签字：