

三线摆法测定 刚体的转动惯量

一、实验目的

- 1、学会用三线摆法测定物体的转动惯量。
- 2、学会用累积放大法测量周期运动的周期。
- 3、验证转动惯量的平行轴定理。
- 4、通过对数据进行处理分析，掌握实验基础知识。

二、实验原理

- 转动惯量是刚体转动惯性大小的量度，是表征刚体特性的一个物理量。
- 刚体对于某一给定轴的转动惯量，是刚体中每一单元质量的大小与单元质量到转轴的距离的平方的乘积的总和。
- 如果刚体的质量是连续分布的，则转动惯量可表示为：

$$I = \int r^2 dm$$

- 均匀圆柱及圆环绕中心轴转动的转动惯量的理论值：

$$I_{\text{块理}} = \frac{1}{2} m_{\text{块}} \overline{R_{\text{块}}}^2$$

$$I_{\text{环理}} = \frac{1}{2} M_{\text{环}} (R_{\text{内}}^2 + R_{\text{外}}^2)$$

转动惯量的测量，一般都是使刚体以一定的形式运动。通过表征这种运动特征的物理量与转动惯量之间的关系，进行转换测量。

测量刚体转动惯量的方法有多种，三线摆法是具有较好物理思想的实验方法，它具有设备简单、直观、测试方便等优点。

三线摆实验装置的示意图

- 上、下圆盘均处于水平，
- 悬挂在横梁上。
- 三个对称分布的等长悬线
- 将两圆盘相连。
- 上圆盘固定，下圆盘
- 可绕中心轴作扭摆运动。

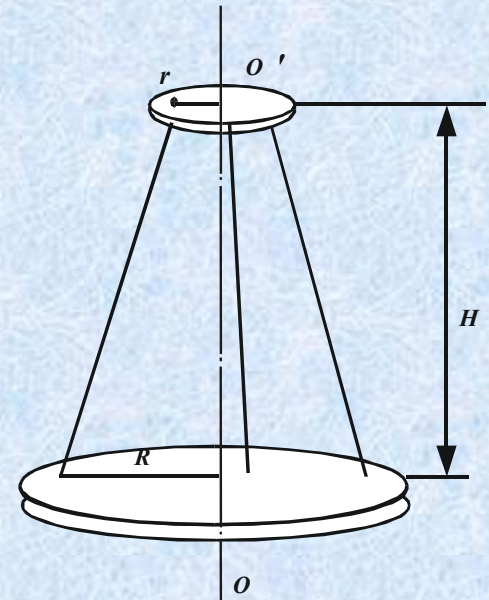


图1 三线摆实验装置图

- 当下盘转动角度很小，且略去空气阻力时，扭摆的运动可近似看作简谐运动。
运动方程：

$$\theta = \theta_0 \sin \frac{2\pi}{T_0} t$$

- 根据机械能守恒定律可得： $\frac{1}{2} I \omega_0^2 = mgh$

- 由此可得 $I = \frac{mghT^2}{2\pi^2 \theta_0^2}$ (1)

- 图2中的几何关系中可得

$$Hh - \frac{h^2}{2} = Rr(1 - \cos \theta_0)$$

略去 $\frac{h^2}{2}$ 取 $1 - \cos \theta_0 \approx \theta_0^2 / 2$

则有 $h = \frac{Rr\theta_0^2}{2H}$ (2)

代入 (1) 式整理得

$$I = \frac{m g R r}{4\pi^2 H} T^2$$

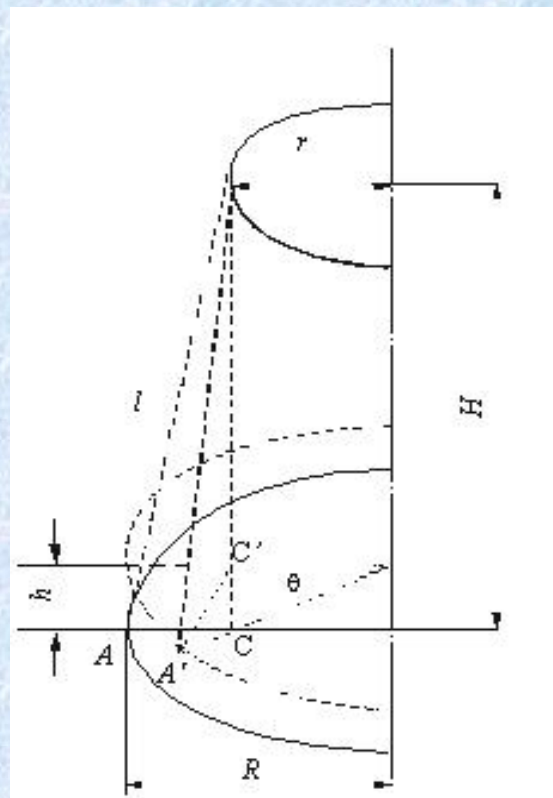


图2 几何图

三、实验内容和步骤

- 1、用米尺测出两圆盘之间的垂直距离 H 。
- 2、用游标卡尺测出待测圆环的内、外直径、和小圆柱体的直径；
- 3、记录各刚体的质量。
- 4、测量周期。

- (1) 调上下转盘水平。
- (2) 设置周期数30，并“置数”确认。
- (3) 调试光电门高度和前伸长度，使挡光柱无阻碍从光电门中间经过。
- (4) 左右快速轻转上盘制动轴，其带动下盘转动，振幅要控制在2厘米之内。
- (5) “执行”测量，依次测出下盘空时、放圆环时、放圆柱时的周期（各测5次取平均值）。
- (6) 验证平行轴定理将两圆柱体对称放置在下盘上，测出其与下盘共同转动的周期 T_x 和两小圆柱体的间距 $2x$ 。改变两圆柱体放置的位置，再次测量，共5次。

思考题

- 1. 用三线摆测刚体转动惯量时，为什么必须保持下盘水平？
- 2. 在测量过程中，如下盘出现晃动，对周期测量有影响吗？如有影响，应如何避免之？
- 3. 三线摆放上待测物后，其摆动周期是否一定比空盘的转动周期大？为什么？
- 4. 测量圆环的转动惯量时，若圆环的转轴与下盘转轴不重合，对实验结果有何影响？
- 5. 如何利用三线摆测定任意形状的物体绕某轴的转动惯量？
- 6. 三线摆在摆动中受空气阻尼，振幅越来越小，它的周期是否会变化？对测量结果影响大吗？为什么？