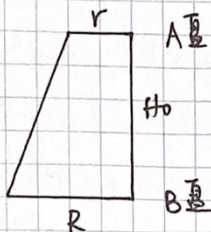


## 1. 利用三线摆测定刚体转动惯量传统方法

(1) 实验原理:

B盘转 $\alpha$ 角, 上升高度 $h$ .  $\alpha$ 为小角

$$H_0^2 + (R-r)^2 = (H_0 - h)^2 + R^2 + r^2 - 2Rr \cos \alpha$$

$$\Rightarrow h \approx \frac{Rr\alpha^2}{2H_0}$$

有能量守恒:

$$\frac{1}{2} I \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} m \dot{h}^2 + mgh = \text{Const}$$

$$\frac{1}{2} I \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} m \frac{R^2 r^2 \dot{\alpha}^2}{4H_0^2} + \frac{Rr\alpha^2}{2H_0} g m = \text{Const}$$

$$\text{简谐: } \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{Rrgm}{H_0 I}} = \frac{2\pi}{T}$$

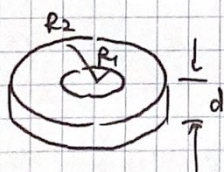
$$\Rightarrow I = \frac{RrgmT^2}{4\pi^2 H_0} \quad (1)$$

(1) 式成立条件为 $\alpha$ 很小, 三边 $l$ 相等、张力相等, 上下盘水平且绕过两盘中心的轴转动。

(2) 实验方法: (1) 式中右边各物理量均是可测量的, 为此可以先测出无负载时圆盘B的转动惯量 $I_0$ , 然后把一个要测定转动惯量的物体放在圆盘B上, 保证质心在转轴上, 测出此时转动惯量 $I_1$ , 此时 $m$ 取圆盘与物体质量之和, 物体转动惯量 $I = I_1 - I_0$ 。

2. 在不测量三线摆的几何参数和悬盘质量、不查询 $g$ 、非小角度的情况下, 选用系列规则工件(已知转动惯量)结合配重砝码测定待测工件即及其质量。

(1) 规则工件转动惯量测定

圆环尺寸 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $d$ 可用钢直尺读出质量 $m$ 可用电子天平称出认为圆环材质均匀, 密度 $\rho = \frac{m}{\pi d(R_2^2 - R_1^2)}$ 

$$\text{转动惯量: } I = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi r d dr \cdot \frac{m}{\pi d(R_2^2 - R_1^2)} \cdot r^2 = \frac{1}{4} m (R_1^2 + R_2^2) \quad (2)$$

利用式(2), 即可测出三个圆环的转动惯量

记作 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 同时记三个圆环质量分别为 $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$

## 12) 实验方案 不测尺寸等物理量得到待测工件及悬垂转动惯量

$$T^2 = \frac{4\pi^2 H I}{\alpha m_0 g R r} \quad \alpha \text{ 由 } \theta_0 \text{ 决定}$$

当有充裕的配重砝码时, 我们可以固定  $m_0$  (即悬垂与悬盘上放置物与悬盘下悬挂的配重质量之和), 此时在悬盘上放置 1, 2, 3 号圆环即可只放 1, 2, 3.  $I = I_0 + I_1, I_0 + I_2, I_0 + I_3$ ,  $I_0$  为悬盘转动惯量

取其中两个  $I = I_0 + I_1 + I_2, I_0 + I_1 + I_3, I_0 + I_2 + I_3$  定义  $I' = I - I_0$   
 取三个  $I = I_0 + I_1 + I_2 + I_3$

此时固定最大振幅  $\theta_0$ , 每次测量保证总质量  $m_0$  (通过增减砝码) 一致  
 可线性拟合  $I' - T^2$ ,  $I'$  为  $I_1, I_2, I_3, I_1 + I_2, I_1 + I_3, I_2 + I_3, I_1 + I_2 + I_3$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 H}{\alpha m_0 g R r} (I_0 + I')$$

$$\frac{\alpha m_0 g R r}{4\pi^2 H} T^2 - I_0 = I'$$

得到截距  $b = -I_0$ , 即可测得悬盘转动惯量

同理, 可以得到待测工件绕某轴的转动惯量  $I_x = -b - I_0$

此时  $b$  为该次线性拟合所得截距

## 3. 实验开始时装置状态:

悬线 三边长度相等, 上下盘水平, 且悬垂转动时下方悬挂的配重只上下运动, 不跟随悬垂一起左右转动

## 4. 要点: ① 保证每次实验最大振幅相同

② 为了避免圆盘 B 发生左右摆动, 故不直接扭转悬垂 B, 而是使上面的水平圆盘 A 绕其自身轴偏转一角度

③ 为了保证  $m_0$  一致, 可以将不参与扭转的其余圆环放在下端悬垂托物上  
 这样自然保证了  $m_0$  一致.

④ 要保证所测物块的质心都位于轴线上.

5. 与传统方法相比, 误差来源变少了. 在传统方法中须测量  $R, r, H, m_0$  等物理量而新方法中仅得到几个圆环的转动惯量即可; 而且传统方法仅通过一组数据即得到, 本方法可通过线性回归得到; 传统方法须严格要求小角度, 但本方法则可规避掉.