

刚体转动惯量测量预习报告

郑晓旻

2024 年 5 月 9 日

目录

1	实验目的	2
2	实验仪器	2
3	实验原理	2
3.1	转动定律法	2
3.2	扭摆法	2
4	实验过程和数据分析	4
5	分析与讨论	4
5.1	误差分析	4
5.1.1	实验中的系统误差	4
5.1.2	实验中的偶然误差	4
5.2	实验后的思考	4

1 实验目的

- 通过实验加深对刚体运动定律的理解
- 学习两种测量刚体转动惯量的实验方法
- 练习用曲线拟合方法处理数据

2 实验仪器

- PASCO 转动及扭摆实验组件 (包含支架、转动传感器、力传感器、铝盘、测试圆环、挂钩、砝码、金属丝等)
- 550 通用接口
- Capstone 软件
- 其它: 水平尺, 螺旋测微计, 游标卡尺, 钢卷尺, 电子天平等

3 实验原理

3.1 转动定律法

如图 1 所示, 在转动惯量测量仪上, 待测物体受到重力提供的外力矩 T 和摩擦力矩 T_μ 的作用, 根据转动定律有:

$$T - T_\mu = I\beta \quad (1)$$

其中 I 为待测物体与转动惯量测量仪的总转动惯量, β 为角加速度。外力矩大小为

$$T = mgr_0 \quad (2)$$

其中 m 为砝码的质量, g 为重力加速度, r_0 为滑轮半径。

在一系列不同重物作用下测得角加速度 β_i , 绘制 T - β 图像, 如图 2 所示。图像应是一条斜率为 I , 截距为 $-T_\mu$ 的直线。用最小二乘法拟合数据点, 可得到总转动惯量 I 和摩擦力矩 T_μ 。

分别测量空载和负载两种情况下的总转动惯量 I_1 和 I_2 , 两者之差即为待测物体的转动惯量:

$$I = I_2 - I_1 \quad (3)$$

需要注意的是, 由于摩擦力矩可能随转速变化, 上述方法假设了 T_μ 为常数。为尽量减小误差, 应控制转速在较小的范围内变化。

3.2 扭摆法

如图??所示, 将待测物体悬挂在扭丝上, 偏离平衡位置后释放, 在扭力矩 T 的作用下做扭摆运动。设转角为 θ , 扭丝的扭力系数为 k , 则根据胡克定律有:

$$T = -k\theta \quad (4)$$

由转动定律可得扭摆的运动方程为:

$$I\ddot{\theta} = -k\theta \quad (5)$$

示例图片

图 1: 转动惯量测量仪受力分析

示例图片

图 2: 外力矩 T 与角加速度 β 的关系

其中 I 为待测物体与扭摆的总转动惯量。这是一个简谐振动方程, 特征角频率为

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{I}} \quad (6)$$

实验中, 先测量扭力系数 k 。在扭丝上施加一系列转角 θ_i , 测量相应的回复力矩 T_i , 绘制 $T-\theta$ 图像, 如图 3 所示。图像应为一条过原点的直线, 斜率即为 k 。

然后测量扭摆周期 T , 由公式

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (7)$$

计算特征角频率, 代入公式 (6) 即可求得总转动惯量:

$$I = \frac{kT^2}{4\pi^2} \quad (8)$$

分别测量空载和负载两种情况下的扭摆周期, 计算总转动惯量 I_1 和 I_2 , 两者之差即为待测物体的转动惯量:

$$I = I_2 - I_1 \quad (9)$$

需要注意的是, 由于存在空气阻力等因素, 扭摆并非理想的无阻尼简谐振动, 实际测得的周期会略大于理论值。为尽量减小误差, 应使扭摆的初始振幅较小, 并尽快测量周期。

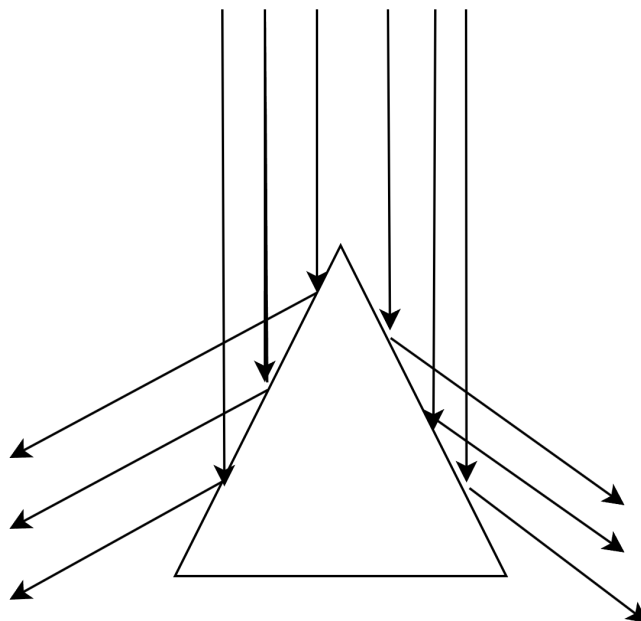


图 3: 回复力矩 T 与转角 θ 的关系

4 实验过程和数据分析

5 分析与讨论

5.1 误差分析

5.1.1 实验中的系统误差

5.1.2 实验中的偶然误差

接线时可能有 xxx 情况，导致 xxx。xx 上的 xx 在某情况下有 xx 的问题存在，经反复调整后得以正常测量。

5.2 实验后的思考

可说明自己做本实验的总结、收获和体会，对实验中发现的问题提出自己的建议。