

实验步骤

- 验证转盘的旋转频率 f_R 和旋转仪的旋进周期 T_p 呈线性关系,并通过测绘 f_R (T_p)函数图确定转动惯量
- 通过绘制 f_N (f_R) 或是同期 T_R (T_N) 曲线图, 验证转盘的旋转频率 f_R 和旋转仪的回转频率 f_N 呈线性关系

实验目的

探究旋转仪的旋进和回转并测定其转动惯量

概述

圆盘的旋转运动分为旋进和回转,主要取决于是否有外力的作用,且作用在圆盘转轴上的额外力矩会使平衡。

状态下的旋转圆盘偏离原先的平衡位置.由于旋进周期取决于自转周期,这样就可以测定转盘的转动惯量。

所需仪器

数量	描述	型号
1	旋转仪	U52006
2	光栅	U11365
1	激光二极管, 红色	U22000
1	3B NETlog™ (230 V, 50/60 Hz)	U11300-230 或
	3B NETlog™ (115 V, 50/60 Hz)	U11300-115
1	3B NETlab™	U11310
3	三脚架 150 mm	U13270
3	广用夹	U13255
3	不锈钢棒 750 mm	U15003

基本原理

旋转陀螺是一个绕给定点的固定轴旋转的刚体，如果有外力作用在轴上，那么它的力矩会使角动量产生变化，陀螺就会沿着垂直于轴和作用在它上面的外力的方向移动，这样的运动就称为旋进，如果陀螺被从旋转轴推开那它就会进行倾斜运动，这种运动就称为回转运动，总之，这两种运动是互相叠加的。

试验中,我们使用的是旋转仪而不是陀螺，其大转圆盘固定在某一支撑点的轴进行低摩擦旋转，调整轴承点与重心一致来达到平衡，如果旋转仪处于平衡状态，且圆盘处于旋转状态,那么动量 L 是恒定的：

$$(1) \quad L = I \cdot \omega_R$$

I : 转动惯量, ω_R 角速度

如下是旋转仪的转盘的转动惯量：

$$(2) \quad I = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2$$

M : 圆盘的质量, R : 圆盘的半径

如果通过质量为 m 的物块作用在旋转轴上，额外的重力会产生一个扭矩使角动量发生变化。

$$(3) \quad \tau = m \cdot g \cdot r = \frac{dL}{dt}$$

r : 旋转轴的支撑点到额外重力的距离

然后旋转轴以如下角度作旋转，如图片2所示。

$$(4) \quad d\varphi = \frac{dL}{L} = \frac{m \cdot g \cdot r \cdot dt}{L}$$

同时也开始旋进，这样就可以推导出旋进角速度：

$$(5) \quad \omega_P = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{m \cdot g \cdot r}{L} = \frac{m \cdot g \cdot r}{I \cdot \omega_R}$$

当 $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$:

$$(6) \quad \frac{1}{T_R} = f_R = \frac{m \cdot g \cdot r}{I} \cdot T_P$$

如果圆盘在没有任何额外外部扭矩作用下旋转，并且旋转轴微微偏向一边，那么旋转仪就会开始回转，且回转的角速度与自转的角速度成正比。

$$(7) \quad \omega_N = C \cdot \omega_R \quad \text{和} \quad T_R = C \cdot T_N$$

C : 常数

借助光电挡光板本实验包括回转、旋进和自传运动，这样随着时间发生变化的脉冲被 3B NETlog™ 和 3B NETlab™ 记录和显示。

评价

通过记录脉冲随着时间的变化可以测定自传、旋进和回转的周期，根据公式 (6) 可以看出旋进周期与自传周期成反比，而回转周期和自传周期成正比。

试验中可以通过 $f_R(T_P)$ 的斜率得出旋转仪转盘的转动惯量，并将其与公式 (2) 求出的理论值进行比较。

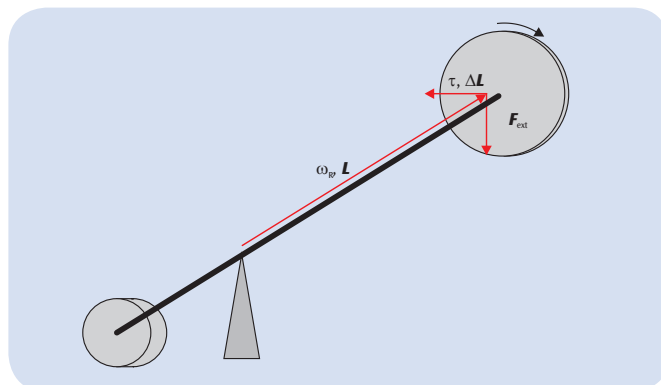


图1: 旋转仪旋进示意图

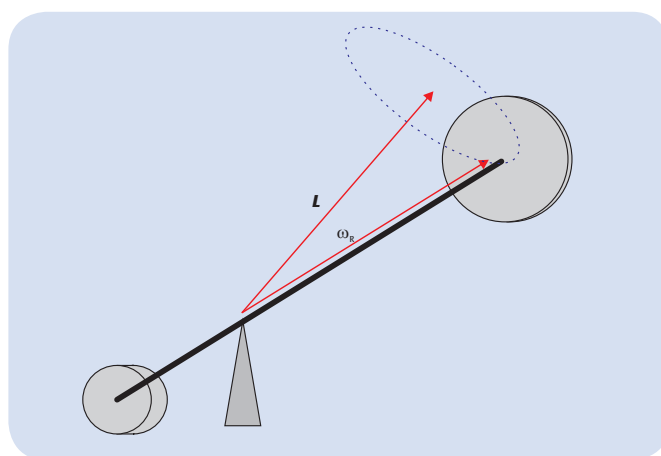


图2: 旋转仪回转示意图

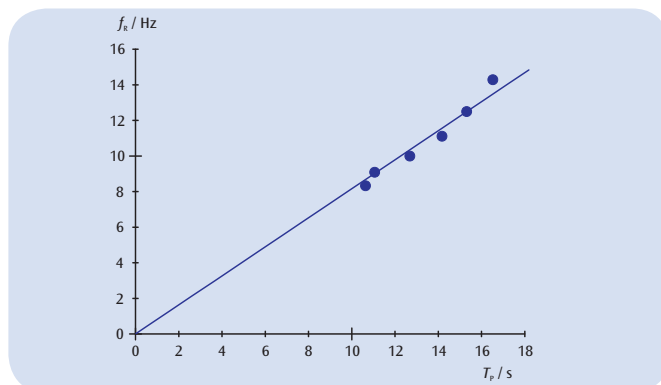


图3: 转盘的自传频率 f_R 对应其旋进周期 T_P 的函数关系图

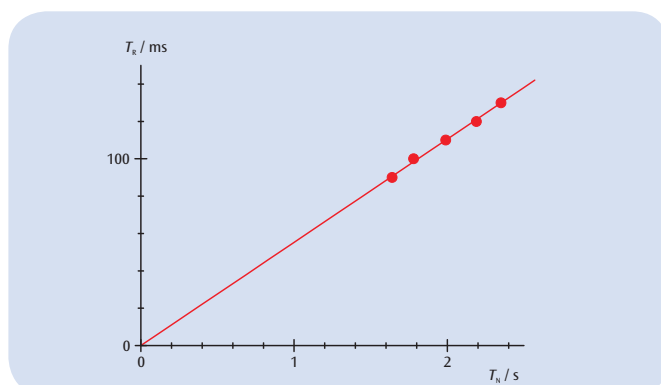


图4: Period of rotation T_R as a function of period of nutation T_N