

第一部分 测量记录

实验一：直接测量金属圆柱体的密度

质量 m (g)	底面直径 d (cm)	高度 h (cm)
163.42	2.500	3.992

实验二：流体静力称法测量金属圆柱体的密度

空气中质量 m (g)	$\Delta m = m - m_1$ (g)	水温 T (C°)
163.48	19.42	23.0/23.4

实验三：用转动定律测量物体的质量

距离 r (cm)	周期 nT (s)
20.15	66.93
25.15	63.09
30.22	60.28
35.12	58.80
40.20	58.21

$2m_0$ (g)	29.97
L (cm)	6.198
R (cm)	34.55
nT_L (s)	49.78

注： $n = 30$

实验四：动力学法测量物体的质量

1. 测量方法设计

分别测量砝码与未知托盘 ($m_0 + m_1$)，未知托盘与待测金属薄片 ($m_1 + m$) 和仅有未知托盘 (m_1) 时的周期 T_1 ， T_2 ， T_3 ：

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0 + m_1}{k}} \quad (1)$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m + m_1}{k}} \quad (2)$$

$$T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}} \quad (3)$$

联立 (1)、(2)、(3) 式可得待测金属薄片的质量 m 。

2. 测量数据

nT_1 (s)	53.44
nT_2	46.58
nT_3	38.09

注： $n = 30$

第二部分 数据处理

实验一：直接测量金属圆柱体的密度

金属圆柱体的体积 V 为：

$$V = Sh = \frac{\pi d^2 h}{4} = \frac{\pi \times 2.500^2 \times 3.992}{4} = 19.597 \text{ cm}^3$$

金属圆柱体的密度为：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{163.42}{19.597} = 8.34 \text{ g/cm}^3$$

实验二：流体静力称法测量金属圆柱体的密度

将物体放入水中时，物体所受浮力为：

$$F = \rho_0 g V = m_0 g$$

其中 m_0 为排开的液体的质量， ρ_0 为液体密度。本次实验中测量前后液体平均温度 $T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 23.2\text{C}^\circ$ ，查表侧此时液体密度 $\rho_0 = \frac{0.997563 + 0.997443}{2} = 0.997503\text{ g/cm}^3$ 由此测得待测固体密度 ρ 为：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{m_0} \rho_0 = \frac{m}{\Delta m} \rho_0 = \frac{m}{m - m_1} \rho_0 = \frac{163.48}{19.42} \times 0.997503 = 8.40\text{ g/cm}^3$$

实验三：用转动定律测量物体的质量

在小角度 (φ) 摆动下，刚体转动惯量 I 与刚体质量 m ，刚体的质心到转轴的距离 r 的关系为：

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{mgr}{I}$$

其中 T 为摆动周期。

同时，由刚体转动惯量对的平行轴定理可知：设刚体绕过质心轴转动惯量为 I_c ，将质心朝任何方向移动距离 r ，刚体的转动惯量为：

$$I = I_c + mr^2$$

由此根据转动惯量 I 与 r 、 T 的关系测得金属棒 L 的质量 m 。如下图，先利用图 1:(a) 算出木条的 I_c ，再根据图 1:(b) 算出 L 的质量 m 。

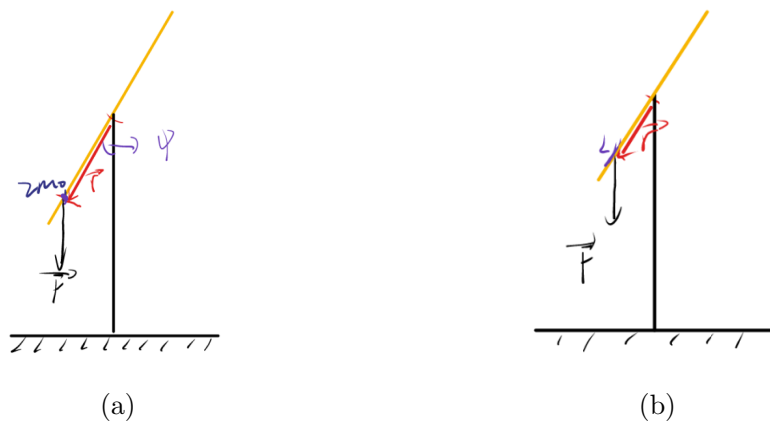


图 1: 转动惯量实验图解

1. 确定木条的转动惯量 I_c

对于图 1 : (a) 中的木条而言:

$$I = I_c + 2m_0r^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 2m_0r_0\right)^2 \quad (\text{由于 } r_0 \ll r)$$

$$\Rightarrow \frac{gr}{4\pi^2}T^2 = r^2 + \frac{I_c}{2m_0}$$

因此可以根据实验测得 r , T , $2m$ 算出 I_c 。这里我们利用最小二乘法拟合出 $rT^2 - r^2$ 的图像:

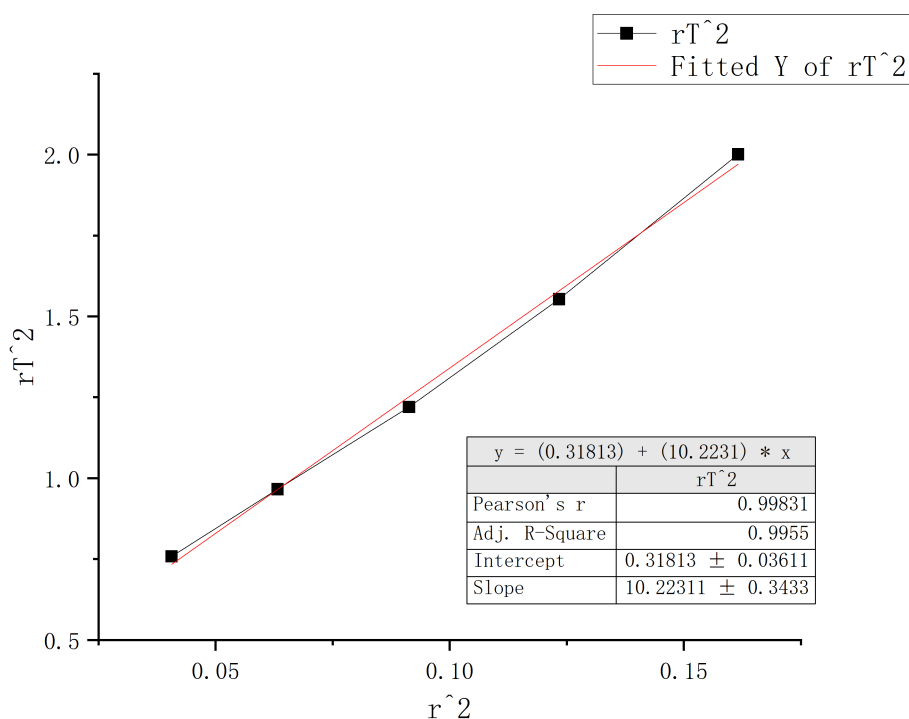


图 2: 最小二乘法: $rT^2 - r^2$ 关系图

根据截距 b 可得 I_c :

$$b = \frac{4\pi^2}{g} \cdot \frac{I_c}{2m_0} = 0.31813 \text{ m} \cdot \text{s}^2$$

$$\Rightarrow I_c = \frac{b \cdot 2m_0 \cdot g}{4\pi^2} = 2.3668 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

2. 计算 L 的质量 m

利用图 1 : (b) 计算 L 的质量 m 有:

$$\begin{aligned}
 I &= I_c + \frac{1}{12}mL^2 + mR^2 \\
 \Rightarrow \frac{gR}{4\pi^2}T_L^2 &= I_c + \frac{1}{12}mL^2 + mR^2 \\
 \Rightarrow m &= \frac{I_c}{-\frac{L^2}{12} + \frac{gRT_L^2}{4\pi^2} - R^2} \\
 &= \frac{0.0023668}{-\frac{0.06198^2}{12} + \frac{9.8 \times 0.3455 \times 1.6593^2}{4 \times \pi^2} - 0.3455^2} \text{ kg} \\
 &= 20.323 \times 10^{-3} \text{ kg} \\
 &= 20.32 \text{ g}
 \end{aligned}$$

实验四：动力学法测量物体的质量

根据第一部分实验四中的设计，令 $\frac{T_1}{T_3} = a$ ， $\frac{T_2}{T_3} = b$ ，可得：

$$m = \frac{b-1}{a-1}m_0 = \frac{46.58/38.09 - 1}{53.44/38.09 - 1}m_0 = \frac{0.223}{0.403} \times 100 = 57.82 \text{ g}$$