

质量与密度的测量

唐延宇 PB22030853

2023 年 5 月 10 日

1 数据处理

1.1 卡尺法

圆柱直径 $d = 2.480 \text{ cm}$, 高 $h = 4.000 \text{ cm}$, 质量 $m = 163.11 \text{ g}$, 则圆柱体积为

$$\begin{aligned} V &= \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 h \\ &= \pi \times \left(\frac{2.480}{2} \right)^2 \times 4.000 \text{ cm}^3 \\ &= 19.32 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

则圆柱密度为:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} = \frac{163.11}{19.32} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \\ &= 8.44 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \end{aligned} \quad (2)$$

1.2 流体静力学法

实验时平均水温 $t = 26.1^\circ\text{C}$, 查表得与此温度最接近纯水密度为:

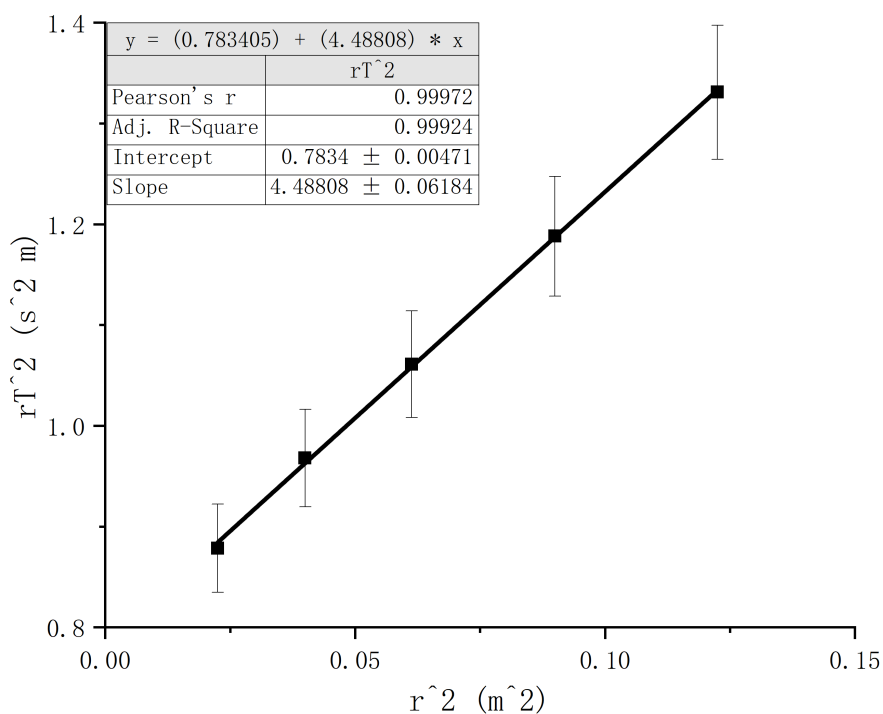
$$\rho_0(t = 26.0^\circ\text{C}) = 0.996808 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

圆柱排开水的质量 $m_0 = 19.40 \text{ g}$. 则圆柱体密度可如下计算:

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_0 \cdot \frac{m}{m_0} \\ &= 0.996808 \times \frac{163.11}{19.40} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \\ &= 8.38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \end{aligned} \quad (3)$$

表 1: $r - T$ 关系表

T/s	2.42	2.2	2.07	1.99	1.95
r/cm	0.15	0.2	0.2475	0.3	0.35

图 1: $rT^2 - r^2$ 拟合直线图

1.3 转动惯量法

实验测得的 r, T 关系如表 1 所示. 实验中使用的两小铜块总质量 $2m = 30.00 \text{ g}$. 又由:

$$\frac{g}{4\pi^2} r T^2 = r^2 + \frac{I_c}{2m} \quad (4)$$

可知 $rT^2 - r^2$ 呈线性关系, 且直线在纵轴上的截距即为 $\frac{I_c}{2mg} \cdot 4\pi^2$ 用 Origin 作 $rT^2 - r^2$ 最小二乘的拟合直线如图 1 所示. 由图可知, 图线纵轴截距为 $0.783 \text{ m} \cdot \text{s}^2$, 则:

$$\begin{aligned}
 I_c &= b \cdot \frac{2mg}{4\pi^2} \\
 &= \frac{0.783 \times 30.00 \times 9.79}{4\pi^2} \\
 &= 5.83 \text{ g} \cdot \text{m}^2
 \end{aligned} \quad (5)$$

实验测得金属棒长度 $L = 6.000 \text{ cm}$, 金属棒距木棒重心 $r = 0.35 \text{ m}$, $T = 1.67 \text{ s}$. 则金属棒质量为:

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{I_r}{\frac{T^2}{4\pi^2}gr - \frac{1}{12}L^2 - r^2} \\ &= \frac{5.83}{\frac{1.67^2}{4\pi^2} \times 9.79 \times 0.35 - \frac{0.06^2}{12} - 0.35^2} \text{ g} \\ &= 48.88 \text{ g} \end{aligned} \quad (6)$$

1.4 弹簧法

方案简述 先测得仅托盘振动时的周期 T_0 , 及托盘与砝码一同振动时的周期 T_1 , 由:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m_0}{k}} \quad (7)$$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1 + m_0}{k}} \quad (8)$$

而 m_1 已知, 则可确定 m_0 . 再将砝码取下, 挂上待测金属片, 有:

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m + m_0}{k}} \quad (9)$$

数据计算 实验测得 $T_0 = 1.26 \text{ s}$, $T_1 = 1.76 \text{ s}$, $T_2 = 1.52 \text{ s}$. 由上述推导可得:

$$\frac{m_1}{m_0} = \frac{T_1^2 - T_0^2}{T_0^2} \quad (10)$$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{T_2^2 - T_0^2}{T_0^2} \quad (11)$$

$$\Rightarrow \frac{m}{m_1} = \frac{T_2^2 - T_0^2}{T_1^2 - T_0^2} \quad (12)$$

代入数据计算可得:

$$\begin{aligned} m &= m_1 \cdot \frac{T_2^2 - T_0^2}{T_1^2 - T_0^2} \\ &= 100.49 \times \frac{1.52^2 - 1.26^2}{1.76^2 - 1.26^2} \text{ g} \\ &= 48.10 \text{ g} \end{aligned} \quad (13)$$

2 误差分析

本实验可能的误差来源有如下几个主要方面:

1. 流体静力学法测量时, 由于实验者的手存在轻微晃动, 电子天平读数也存在浮动. 故实验者采取了取其浮动区间中点值的做法减小误差. 但不可否认, 仍然可能有误差存在.

2. 采用转动惯量法间接确定金属棒质量的调整木棒重心时, 由于木棒较轻, 在最终调整时较难把握添加胶带的长度, 造成木棒重心与悬挂点间存在一定距离.
3. 在测量弹簧振动周期时, 由于没有较好的平衡位置参照物, 实验者采用了振子速度为零的点作为计时起点与终点, 而非速度最大的点. 这增大了人的计时误差.
4. 砝码年限较久, 其质量存在一定误差.
5. 各测量仪器的误差, 但相对操作误差而言较小.