



大学物理-基础实验 | 数据处理与实验讨论

姓名 王嘉璐
学号 PB21051167
班级 21 级 209 院 05 班 (工程科学学院 5 班)
日期 2022 年 4 月 7 日

质量和密度的测量[†]

1 卡尺法测量金属圆柱体的密度

1.1 数据处理

金属圆柱体质量 m 的平均值为

$$\bar{m} = \frac{163.13 + 163.14 + 163.14}{3} g = 163.137g$$

其直径 D 的平均值为

$$\bar{D} = \frac{25.02 + 25.00 + 25.02}{3} mm = 25.013mm$$

其高度 H 的平均值为

$$\bar{H} = \frac{40.20 + 40.22 + 40.20}{3} mm = 40.207mm$$

因此, 其密度为

$$\rho = \frac{\bar{m}}{\frac{\pi}{4} \bar{H} \bar{D}^2} = \frac{163.137}{\frac{\pi}{4} \times 40.207 \times 25.013^2} g/cm^3 = 8.26g/cm^3。$$

1.2 实验讨论

在本测量方法中, 质量的测量使用电子天平, 结果较准确; 测量体积时, 借助圆柱体的体积公式, 分别测量其直径与高度, 由于金属圆柱柱并不是规则的圆柱体 (上表面接有锁扣), 且其表面有凹槽、凸起, 会较大程度使其体积测量偏大。因此, 本法测得金属圆柱体的密度偏小。

2 流体静力称衡法测量金属圆柱体的密度

2.1 测量方法

利用浮力公式及牛顿第三定律, 可用电子天平直接测量金属圆柱体排开液体的质量 m_0 。

先将装有适量水的烧杯放在电子天平上, 待水稳定后, 按“清零/校准”键, 使天平示数为 0。然后, 用金属丝悬挂金属圆柱体使其悬浮在水中, 不接触杯壁, 待物体及示数稳定后, 天平示数即为 m_0 。

2.2 数据处理

金属圆柱体排开液体质量 m_0 的平均值为

$$\bar{m}_0 = \frac{19.36 + 19.35 + 19.35}{3} g = 19.353g$$

[†]本报告由王嘉璐撰写, 存在一定不足, 仅供参考。如需了解不足、获取最新版本, 请访问我的主页 home.ustc.edu.cn/~luiswang。

实验过程中，室内温度为 25.5 °C，查表可得水的密度取 $\rho_0 = 0.996940\text{g/cm}^3$ 。因此，金属圆柱体的密度为

$$\rho = \frac{\bar{m}}{m_0} \rho_0 = \frac{163.137}{19.353} \times 0.996940\text{g/cm}^3 = 8.40\text{g/cm}^3。$$

2.3 实验讨论

在本测量方法中，将体积的测量转换为物体排开液体质量的测量，将不易直接测量的物理量转换为容易测量的物理量，提高了实验精度。由本法测得结果，与卡尺法比较，卡尺法测得结果偏小，符合理论分析。

3 利用转动定律测量金属棒的质量

3.1 数据处理

根据

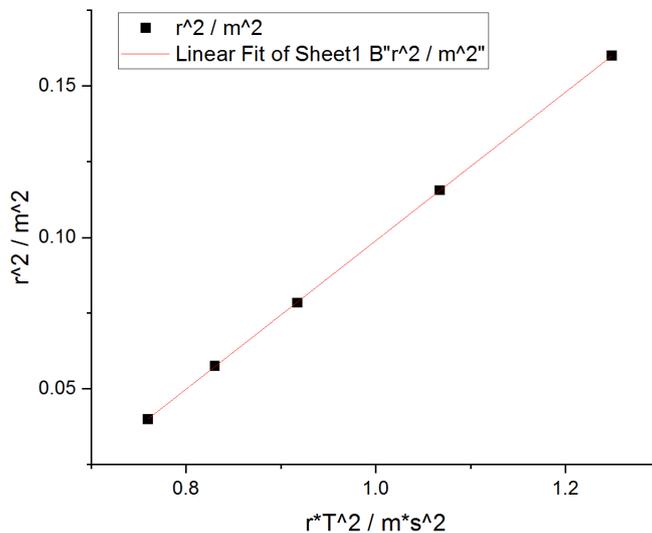
$$r^2 = \frac{g}{4\pi^2} \cdot rT^2 - \frac{I_C}{2m}$$

利用 5 组小铜块距转轴距离 r 与周期 T 的数据，以 rT^2 为自变量 X 、 r^2 为因变量 Y ，处理实验所得数据，结果如表一。

r^2/m^2	0.0400	0.0576	0.0784	0.1156	0.1600
$rT^2/m \cdot s^2$	0.7597	0.8303	0.9173	1.0676	1.2489

表一 5 组 r^2-rT^2 数据

将以上数据导入 Origin，利用线性拟合功能，得到图一与图二。



图一 木条转动中 r^2 与 rT^2 的关系

Equation	$y = a + b \cdot x$
Plot	r^2 / m^2
Weight	No Weighting
Intercept	-0.14622 ± 5.553
Slope	0.24518 ± 5.6634
Residual Sum of Sq	$1.47889E-7$
Pearson's r	0.99999
R-Square (COD)	0.99998
Adj. R-Square	0.99998

图二 最小二乘法拟合的结果

由处理结果, 知 $\frac{I_C}{2m} = 0.1462m^2$ 。根据如下数据

$$I_C = 30 \times 0.1462g \cdot m^2 = 4.386g \cdot m^2, T = \frac{46.43}{30}s = 1.5477s, L = 62.10mm, r = 34.00cm$$

及如下公式

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{m_1gr}{I_C + \frac{1}{12}m_1L^2 + m_1r^2}$$

可得金属棒的质量为 $m_1 = 53.13g$ 。

3.2 实验讨论

本方法在求得木条的转动惯量时, 通过 5 组数据, 利用最小二乘法将 $\frac{I_C}{2m}$ 转换为拟合直线的截距, 相比通过两组数据列方程求解, 提高了精度。

4 动力学方法测量物体的质量

4.1 方案设计

设托盘、砝码及待测物体的质量分别为 $m_{\text{盘}}$ 、 $m_{\text{码}} = 99.96g$ 、 $m_{\text{待测}}$ 。

首先, 以托盘为振子, 该弹簧振子周期为 T_1 , 测量 30 个周期。然后, 以托盘和砝码为振子, 该弹簧振子周期为 T_2 , 测量 30 个周期。最后, 以托盘和待测物体为振子, 该弹簧振子周期为 T_3 , 测量 30 个周期。

根据关系式

$$\frac{m_{\text{盘}}}{T_1^2} = \frac{m_{\text{盘}} + m_{\text{码}}}{T_2^2} = \frac{m_{\text{盘}} + m_{\text{待测}}}{T_3^2}$$

可知待测物体质量为

$$m_{\text{待测}} = \frac{T_3^2 - T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} m_{\text{码}}。$$

4.2 数据处理

周期 T_1 的平均值为

$$\bar{T}_1 = \frac{37.73 + 37.90 + 37.85}{3 \times 30} s = 1.261s$$

周期 T_2 的平均值为

$$\bar{T}_2 = \frac{53.78 + 53.76 + 53.68}{3 \times 30} s = 1.791s$$

周期 T_3 的平均值为

$$\bar{T}_3 = \frac{46.58 + 46.56 + 46.68}{3 \times 30} s = 1.554s$$

因此, 待测物体质量为

$$m_{\text{待测}} = \frac{\bar{T}_3^2 - \bar{T}_1^2}{\bar{T}_2^2 - \bar{T}_1^2} m_{\text{码}} = \frac{1.554^2 - 1.261^2}{1.791^2 - 1.261^2} \times 99.96g = 50.97g。$$

附件

原始数据