

# 实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 力学基本量测量 实验日期: 2024 年 4 月 2 日 晚上  
班 级: 63012318 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: 1120232535 姓 名: 汪隽宁 12

## 一、实验目的

通过测量规则和不规则形状物体的密度,掌握常规测量工具的使用,完成长度、质量两个基本量的测量,在实践中掌握“不确定度”理论。

## 二、实验仪器

游标卡尺,螺旋测微尺,物理天平,比重瓶

## 三、实验原理

### 1. 规则形状固体密度测量

设物体质量为 $m$ ,均匀分布,体积为 $V$ ,则其密度 $\rho = \frac{m}{V}$ 。对规则形状物体, $m$ 可直接由物理天平测得, $V$ 可使用长度测量仪器如游标卡尺、螺旋测微尺,经间接测量的方法测确定。

### 2. 不规则形状固体密度测量

对不规则形状固体,其体积 $V$ 可由阿基米德原理间接测定。

若物体密度大于1,其在空气中和完全浸在液体中所测得的重量分别为 $W_1 = m_1g$ 和 $W_2 = m_2g$ ,设液体密度为 $\rho'$ ,则被测物体 $\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho' \quad (1)$ 。

若 $\rho < 1$ ,并以水为媒介测其密度时,应先确定其实际质量 $m_1$ ,然后在其下方用细线接一重坠,并使重坠完全浸入液体中,称出两个物体的视质量 $m_2$ (如图1)。最后将被测物体和重坠同时浸入液体,称出视质量 $m_3$ ,可推得 $\rho = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \rho' \quad (2)$ 。

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



夸克扫描王

极速扫描,就是高效



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

## 四. 实验内容及步骤

### 1. 用物理天平测固体密度

(1) 调整天平底座的水平螺钉, 使水准器气泡对位于中心, 天平底板水平

(2) 把游码移到横梁左端零线上, 顺时针打开旋钮开关支起横梁; 若天平不平衡, 应关闭天平, 调节平衡螺母, 重复此步直到指针指到标牌中点。

(3) 先测规则形状物件密度:

将  $\rho > 1$  的被测物(铝件、钢球)分别放在天平左边称盘中, 砝码放在右边称盘中。天平平衡时, 由固定砝码和游码之和确定被测物件的质量  $m_1$ 。用游标卡尺测铝件体积, 用螺旋测微器尺测定钢球体积, 再由 (1) 式确定两物件密度  $\rho$ , 应根据间接测量量不确定度定义式分别确定两个被测物件密度的不确定度范围。

(4) 测定  $\rho < 1$  的形状不规则物件密度:

同上步骤, 测定待测物件质量  $m_1$ ; 再将盛水烧杯置于天平左边托架上, 然后将与被测物连接的重坠完全浸入水中, 测出此时视质量  $m_2$ ; 最后, 将被测物件与重坠一同完全浸入水中, 测出视质量  $m_3$ , 由 (2) 确定  $\rho$ , 并确定不确定度范围。

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

数据处理:  $\bar{D} = \sum_{i=1}^7 D_i \cdot \frac{1}{7} = 25.331 \text{ mm}$ ,  $\bar{H} = \sum_{i=1}^7 H_i \cdot \frac{1}{7} = 33.137 \text{ mm}$ ,  $\bar{d} = \sum_{i=1}^7 d_i \cdot \frac{1}{7} = 14.971 \text{ mm}$

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^7 h_i \cdot \frac{1}{7} = 21.849 \text{ mm}$$

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (D_i - \bar{D})^2}{7-1}} = 0.0397 \text{ mm} \quad S_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (H_i - \bar{H})^2}{7-1}} = 0.0482 \text{ mm}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (d_i - \bar{d})^2}{7-1}} = 0.0527 \text{ mm} \quad S_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (h_i - \bar{h})^2}{7-1}} = 0.0344 \text{ mm}$$

$$u_{A-D} = \frac{S_D}{\sqrt{7}} = 0.015 \text{ mm}, u_{A-H} = \frac{S_H}{\sqrt{7}} = 0.0182 \text{ mm}, u_{A-d} = \frac{S_d}{\sqrt{7}} = 0.019 \text{ mm}, u_{A-h} = \frac{S_h}{\sqrt{7}} = 0.013 \text{ mm}$$

$$u_B = \frac{\Delta \sin}{k} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ mm}$$

$$u_{C-D} = \sqrt{u_{A-D}^2 + u_B^2} = 0.019 \text{ mm} \quad u_{C-H} = \sqrt{u_{A-H}^2 + u_B^2} = 0.022 \text{ mm}$$

$$u_{C-d} = \sqrt{u_{A-d}^2 + u_B^2} = 0.022 \text{ mm} \quad u_{C-h} = \sqrt{u_{A-h}^2 + u_B^2} = 0.018 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H - \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$u_V = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D} \cdot u_{C-D}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial H} \cdot u_{C-H}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial d} \cdot u_{C-d}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h} \cdot u_{C-h}\right)^2} = 29 \text{ mm}^3$$

故  $V = 12854 (29) \text{ mm}^3$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad u_m = \frac{\Delta m}{k} = 0.03 \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{\pi}{4} (D^2 H - d^2 h)}$$

$$u_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \cdot u_m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V} \cdot u_V\right)^2} = 6 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^3$$

$$u_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \cdot u_m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial D} \cdot u_D\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial H} \cdot u_H\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d} \cdot u_d\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial h} \cdot u_h\right)^2} = 7 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^3$$

$$\text{故 } \rho = 2.763 (0.007) \text{ g/cm}^3 = 0.007 \text{ g/cm}^3$$

联系方式: \_\_\_\_\_ 不规则物件数据处理见背面 指导教师签字: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



$$\rho = \frac{m_1 \rho'}{m_2 - m_3} = 0.911 \text{ g/cm}^3$$

$$u = u_g \frac{\Delta \text{ins}}{k} = \frac{0.05}{1.645} = 0.03 \text{ g}$$

$$\ln \rho = \ln m_1 - \ln (m_2 - m_3) + \ln \rho'$$

$$\frac{\partial \ln \rho}{\partial m_1} = \frac{1}{m_1}, \quad \frac{\partial \ln \rho}{\partial m_2} = \frac{1}{m_3 - m_2}, \quad \frac{\partial \ln \rho}{\partial m_3} = \frac{1}{m_2 - m_3}$$

$$\text{故 } E = \sqrt{\left(\frac{u_g}{m_1}\right)^2 + \left(\frac{u}{m_3 - m_2}\right)^2 + \left(\frac{u}{m_2 - m_3}\right)^2} = 0.45\%$$

$$u_\rho = \rho \cdot E = 0.911 \times 0.45\% = 0.004 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = 0.911(0.004) \text{ g/cm}^3$$





# 实验一 力学基本量测量

## 1. 形状规则物体（铝件）的密度测量：（游标卡尺测量其体积）

游标卡尺（均匀矩形分布，置信度 100%）： $\Delta_{ins} = 0.02\text{mm}$ ，包含因子  $k = \sqrt{3}$

直接测量量 测量次数	D(mm)	H(mm)	d(mm)	h(mm)
1	25.30	33.06	15.04	21.82
2	25.28	33.18	15.00	21.84
3	25.36	33.10	14.90	21.80
4	25.32	33.14	14.98	21.88
5	25.40	33.20	15.02	21.84
6	25.34	33.16	14.92	21.90
7	25.32	33.12	14.94	21.86
平均值 $\bar{x}$ (mm)	25.331	33.137	14.971	21.849
实验标准偏差 $S_x$ (mm)	0.0397	0.0482	0.0527	0.0344
不确定度 A 类分量 $u_A$ (mm)	0.015	0.018	0.019	0.013
不确定度 B 类分量 $u_B$ (mm)	0.012	0.012	0.012	0.012
合成标准不确定度 $u_C$ (mm)	0.019	0.022	0.022	0.018
直接测量量 $\bar{x}(u_C)$ (mm)	25.331(0.019)	33.137(0.022)	14.971(0.022)	21.849(0.018)
间接测量量 $V(u_V)$ (mm) <sup>3</sup>	12854(29)			

物理天平（正态分布，置信度 90%）： $\Delta_{ins} = 0.05\text{g}$ ，包含因子  $k = 1.645$

铝件质量： $m(u_m) = 35.52\text{g}$ ，铝件密度  $\rho(u_\rho) = 2.763(0.007)\text{g/cm}^3$

写出  $u_\rho$  表达式： $u_\rho = \sqrt{\left[\frac{u_m}{\frac{1}{3}(D^2H-d^2h)}\right]^2 + \left[\frac{\frac{2}{3}DHm u_{C-D}}{\left[\frac{1}{3}(D^2H-d^2h)\right]^2}\right]^2 + \left[\frac{\frac{2}{3}mD^2 u_{C-H}}{\left[\frac{1}{3}(D^2H-d^2h)\right]^2}\right]^2 + \left[\frac{\frac{2}{3}dhm u_{C-d}}{\left[\frac{1}{3}(D^2H-d^2h)\right]^2}\right]^2}$

## 2. 形状不规则物体密度：（聚丙烯测件 $\rho < 1$ ，阿基米德原理）

水温  $t = 19.5^\circ\text{C}$

水的密度  $\rho' = 0.998331\text{g/cm}^3$

待测物体在空气中的质量 $m_1$ (g)	10.95
物空气中+坠子在水中视质量 $m_2$ (g)	21.25
物和坠子都浸入水中视质量 $m_3$ (g)	9.25
物体密度 $\rho = m_1\rho'/(m_2 - m_3)$ (g.cm <sup>-3</sup> )	0.911
相对不确定度 $E$ (%)	0.45
绝对不确定度 $u_\rho = \rho \times E$ (g.cm <sup>-3</sup> )	0.004
物体密度 $\rho(u_\rho)$ (g.cm <sup>-3</sup> )	0.911(0.004)

物理天平： $\Delta_{ins} = 0.05\text{g}$ ，包含因子  $k = 1.645$

写出相对不确定度表达式  $E = \sqrt{\left(\frac{u_\rho}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{u_{m_2}}{m_2 - m_3}\right)^2 + \left(\frac{u_{m_3}}{m_2 - m_3}\right)^2}$

思考题：1. 用天平测出合金质量  $m_1$

用细绳悬挂合金，使其浸入水中，此时视质量  $m_2$ 。

设合金密度为  $\rho$ ，体积为  $V$

则有  $m_1 = \rho V$ ， $m_2 = \rho V + \rho_{\text{水}} V$ ， $\rho = \frac{W_{\text{Au}} + W_{\text{Cu}}}{\frac{W_{\text{Au}}}{\rho_{\text{Au}}} + \frac{W_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Cu}}}}$

解得

$$\begin{aligned} \frac{W_{\text{Au}}}{W_{\text{Cu}}} &= \frac{\rho_{\text{Au}} \cdot \left(\frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_{\text{水}} - \rho_{\text{Cu}}\right)}{\rho_{\text{Cu}} \cdot \left(\rho_{\text{Au}} - \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_{\text{水}}\right)} \\ &= \frac{\rho_{\text{Au}} [m_1 \rho_{\text{水}} - (m_1 - m_2) \rho_{\text{Cu}}]}{\rho_{\text{Cu}} [(m_1 - m_2) \rho_{\text{Au}} - m_1 \rho_{\text{水}}]} \end{aligned}$$

