

# 西南大学材料与能源学院

## 本科课程实验报告



课程名称： 材料物理性能学

---

授课专业： 材料物理

---

班级年级： 2023 级 3 班

---

学生姓名： 黄德勇

---

课程成绩：

---

教师姓名： 唐剑锋

---

20 25 - 20 26 学年第 二 学期



# 实验报告

姓名:黄德勇 学号:222023319210132 专业班级:材料物理3班 成绩:

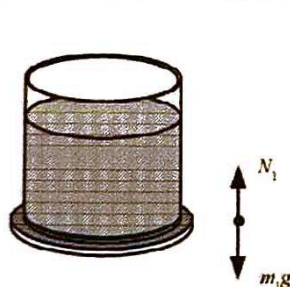
实验课程	材料物理性能学		
实验名称	用电子天平测量物体的密度		
实验时间		实验地点	

## 一、实验预习

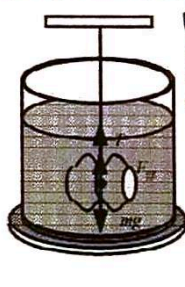
### 1. 实验目的

- ①了解电子天平的使用方法。
- ②掌握流体静力称衡法,熟练用该方法测量不规则物体的密度。
- ③锻炼转换思维,间接地思考问题

2. 实验原理 物体的密度定义为质量与体积之比,即  $\rho = \frac{m}{V}$ 。对于不规则物体,难以直接测量,采用流体静力称衡法(阿基米德法)可以间接求得。实验装置中,将容器及纯净水置于



a) 加入待测体前



b) 加入待测体后

电子天平上,示值为  $m_1$ ; 将待测物体和细线悬挂于水中,细线固定于天平顶盖,此时示值变为  $m_2$ 。由牛顿第三定律,浮力反作用于水,使天平数值增大,故:

$$m_2 g = m_1 g + \rho_0 g V \Rightarrow V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_0}$$

得待测物体密度为:

$$\rho_{物} = \frac{m}{m_2 - m_1} \rho_0$$

若物体的密度小于水的密度,此时物体不能单独沉入水中,再将物体与高密度的如铜环同时悬挂,利用

即铜环的排水体积。  $V_{铜} = \frac{M - M_{水+杯}}{\rho_0}$ , 铜环单独块,总排水体积  $V_{铜} = \frac{M' - M_{水+杯}}{\rho_0}$

蜡块排水体积。  $V_{蜡} = V_{总} - V_{铜}$ 。即:  $\rho_{蜡} = \frac{M_{蜡}}{M' - M}$   $\rho_0$

式中,  $\rho_0$  为实验温度下水的密度,  $M$  为铜环浸没时的天平示数,  $M'$  为铜环和蜡块一同浸天平的示数。

### 3. 实验内容

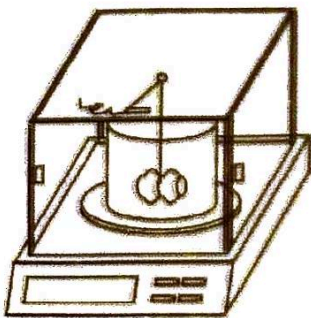
对于形状不规则的固体，体积无法直接测量，解决方法是利用阿基米德原理通过测量浮力间接取得。

## 二、实验过程

### 1. 实验装置

电子天平、烧杯、铜环、金属块、细线

### 2. 实验装置示意图



## 3. 实验步骤

- ① 接好电子天平电源, 用烧杯装约三分之二的水备用.
- ② 旋转天平底座钮, 使天平气泡居中, 调节水平.
- ③ 打开电源, 按调零键归零.
- ④ 分别称量铜环质量  $m_{\text{铜}}$  和蜡块质量  $m_{\text{蜡}}$ , 各测 5 次取平均值.
- ⑤ 将装水烧杯置于天平盘, 测得质量  $m_{\text{水+杯}}$ , 测 5 次取平均值.
- ⑥ 用细绳将铜环绑好悬没于水中 (不触碰杯底和杯壁), 测得示值  $m_1$ , 测 5 次取平均值.
- ⑦ 用细绳将铜环与蜡块绑好没于水中, 测得示值  $m_2$ , 测 5 次取平均值.
- ⑧ 实验结束, 倒掉水, 用纸巾擦干烧杯、铜环和蜡块, 关闭天平, 拔掉电源.

4. 实验现象记录和数据记录  $m$ 取g,  $\rho$ 取g/cm<sup>3</sup>

$m_{\text{铜}}$	$m_{\text{水标+铜}}$	$\rho_{\text{铜}}$	$m_{\text{铁}}$	$m_{\text{水标+铁}}$	$\rho_{\text{铁}}$
11.720	85.926	8.444	9.706	85.594	<del>8.768</del> 9.191
11.713	85.926	8.134	9.706	85.593	9.768
11.721	85.925	8.134	9.707	85.592	8.761
11.720	85.925	8.134	9.708	85.592	8.754
11.720	85.924	8.128	9.707	85.591	8.753

$m_{\text{铅}}$	$m_{\text{水标+铅}}$	$\rho_{\text{铅}}$	$m_{\text{锡}}$	$m_{\text{水标+锡+铅}}$	$\rho_{\text{锡}}$
3.519	85.755	2.892	2.857	88.833	0.882
3.512	85.761	2.755	2.855	88.824	0.884
3.514	85.761	2.752	2.856	88.819	0.885
3.513	85.762	2.747	2.857	88.816	0.886
3.512	85.758	2.752	2.856	88.823	0.884

$m_{\text{水标}}$	$\bar{m}_{\text{铜}} = 11.718$	平均值	方差 $\sigma^2$	相对误差
<del>84.538</del>	$\bar{m}_{\text{水标+铜}} = 85.925$	铜	0.996	-8.56%
84.486	$\bar{m}_{\text{铁}} = 9.707$	铁	0.0374	+12.39%
84.484	$\bar{m}_{\text{水标+铁}} = 85.592$	铅	0.0039	+2.93%
84.483	$\bar{m}_{\text{锡}} = 3.514$	锡	0.0000024	-1.78%
84.482	$\bar{m}_{\text{水标+锡+铅}} = 88.823$	参考值:		
		铜: 8.96 g/cm <sup>3</sup>		
		铁: 7.87 g/cm <sup>3</sup>		
		铅: 11.34 g/cm <sup>3</sup>		
		锡(标准): 2.33 g/cm <sup>3</sup>		

7月18

三、分析讨论

1. 实验结果与分析

对于A类不确定度  $U_A = \sqrt{\frac{S^2}{n}}$  反映多次测量的随机误差,有:

被测物质	参考标准密度 (g/cm <sup>3</sup> )	平均密度 (g/cm <sup>3</sup> )	方差 $S^2$ (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	不确定度 $U_A$ (g/cm <sup>3</sup> )	相对误差 $E_r$ (%)
铜	8.96	8.193	0.0196	0.063	8.56%
铁	7.87	8.845	0.0374	0.086	12.39%
铝	2.70	2.779	0.0039	0.028	2.93%
蜡	0.90	0.884	0.0000024	0.001	1.78%

铝和蜡的误差较小,相对理论值偏差在合理范围内。

铁的偏差达 +12.39%, 远超仪器不确定度, 应有系统误差, 可能是, 铁块表面附着气泡, 使浮力偏小。天平示值从铁偏低, 从铁- $m$ 小杯偏小, 导致计算密度偏高。

铜的偏差达 -8.56%, 若与黄铜的理论值偏差约为 -4%, 可能黄铜或也存在气泡附着的问题。

共同的系统误差来源还包括, 实验用水非纯净水或水的纯度有限; 细线的体积不可略去。

## 2. 问题提出与讨论

对于多孔材料的密度测量,应如何进行?需考虑通孔和闭孔材料,以及当通孔材料的孔隙过小时,应如何处理?

	闭孔材料	通孔材料
典型例子	发泡金属、部分泡沫陶瓷	多孔氧化铝、活性炭、海绵
孔隙与外界	不连通	连通
流体静力学法测量的是	表观密度(含封闭气孔体积)	液体浸入孔隙后的骨架密度

## 闭孔材料

闭孔材料内封闭的孔不会被液体填充,流体静力学法测得的浮力又对应整体外形体积(含孔体积),因此直接得到的是表观密度(bulk density):

$$\rho_{\text{表观}} = \frac{m}{V_{\text{总}}} = \frac{m \cdot \rho_0}{M - m_{\text{小杯}}}$$

若还需要知道真实骨架密度(skeletal density),则需要将样品研磨成粉末(消除闭孔)再用流体静力学或气体比重法(氦气置换法)测量,可得到闭孔率:

$$P_{\text{闭}} = 1 - \frac{\rho_{\text{表观}}}{\rho_{\text{骨架}}}$$

## 通孔材料

(1) 孔隙较大时,液体可以自由进入孔隙,此时流体静力学法测量的浮力只对应固体骨架的排水体积,测得的是骨架密度.但要求液体必须充分浸润并填满所有孔,实际操作中:

- i. 将样品在液体中真空浸渍(抽真空后浸入),驱除孔隙中的气体
- ii. 待气泡完全逸出后再称重.

(2) 孔隙较小时,毛细管效应显著,在纳米到微米量级,液体难以靠重力和大气压自然浸入,表面张力形成的毛细阻力会封闭孔隙入口,使液体实际上无法完全进入孔隙,此时流体静力学法测得的结果介于表观密度和骨架密度之间,物理意义不明确.一般用气体置换法.

指导教师签名:

日期:

#### 四、其它

备注：

1. 第四部分（其它）由教师自行规定填写内容，可为课程大纲设置但本实验报告前三部分未包含在内的学习任务。
2. 若本课程不涉及其它内容，教师不需要在第四部分后的“指导教师签名”处签名。

A large empty rectangular box with a thin black border, occupying most of the page. It is intended for the main content of the document.

指导教师签名:

日期: