

用电子天平测量物体的密度

夏湘芳¹, 魏淑芳², 彭柯铭¹, 王国友¹

(1. 湖南工业大学, 湖南 株洲 412008; 2. 肇庆市高级技工学校, 广东 肇庆 526020)

摘要: 利用电子天平测量物体的密度, 改进了传统的实验方法, 提高了测量系统的精度、稳定性、准确度和实验效率, 丰富了实验教学内容。

关键词: 固体; 液体; 密度; 电子天平

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)04-0029-02

Measuring the Density of Objects by Using Electronic Scales

Xia Xiangfang¹, Guo Shufang², Peng Keming¹, Wang Guoyou¹

(1. Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China;
2. Zhaoqing City High Technical School, Zhaoqing Guangdong 526020, China)

Abstract: With electronic scales measuring density of objects, improves the traditional experimental method, enhances the accuracy, stability and experimental efficiency of the measurement system, and enriches the contents of experiment teaching.

Keywords: solid; liquid; density; electronic scales

固体和液体的密度测量是物理基础实验之一。传统的测量固体和液体密度的方法是利用普通物理天平采用流体静力称衡法和比重瓶法^[1-2]。物理天平有无法克服的缺陷: 精度低(仅为0.01 g, 与水的密度取4~5位有效数字不相匹配); 称量时需反复多次增减砝码, 费时。电子天平已进入各高校实验室, 电子天平在称量范围、精度、稳定性、效率等方面都优于物理天平, 物理天平已基本淡出了各高校大学物理实验室^[3]。从电子天平的机械构造来看, 它与双盘机械天平最大的区别在于它只有单盘下的传感器, 没有伸向外边的力臂和承物盘, 所以不能用传统的静力称衡法来测量物体密度。如何用电子天平流体静力称衡法来测量固体和液体的密度成了基础物理实验的一个重要问题, 其核心问题是不能直接测量待测物体在纯净水中所受到的浮力大小。通过反复探讨, 在电子天平顶盖钻1个小孔就较好地解决了这个问题。

1 实验原理

物体的密度 ρ 为其质量 m 与体积 V 之比, 即:

$$\rho = \frac{m}{V}$$
。物体质量用电子天平很容易测定, 对于外形规则且不很复杂的物体(如圆柱体、长方体、球体等), 用长度测量仪器测量出其外形几何尺寸, 再用有关体积公式计算出体积 V ; 而对外形不规则且复杂的物体用流体静力称衡法由阿基米德原理测量。

1.1 不规则物体的体积

如图1 a)所示, 容器及纯净水(密度为 ρ_0) 的质量为 m_1 , 电子天平的秤盘的支撑力 $N_1 = m_1 g$ 。将1质量为 m , 体积为 V 的待测不规则物体用细线捆紧后悬没于水中, 而把捆物体的细线固定在电子天平的顶盖上(如图1 b)), 不规则物体所受到的浮力为: $F_{\text{浮}} = \rho_0 V g$, 根据牛顿第三定律即作用力与反作用力大小相等的原

收稿日期: 2009-06-10

作者简介: 夏湘芳(1974-), 女, 湖南株洲人, 湖南工业大学实验师, 主要从事物理实验技术方面的研究,

E-mail: xxfzhc@126.com

理, 电子天平的秤盘的支撑力 $N_2 = m_1g + F_{\text{浮反}} = m_1g + \rho_0Vg$ 。此时电子天平称的视在质量为 m_2 , 则: $m_2g = m_1g + \rho_0Vg$, 那么 $V = \frac{m_2 - m_1}{\rho_0}$ 。

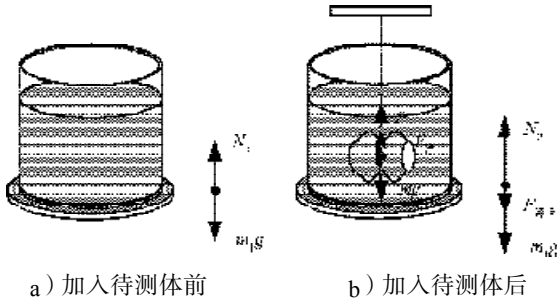


图1 实验原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental principle

1.2 固体密度的测量

将不溶于水的待测固体置于电子天平的秤盘上, 电子天平的示值为其质量 m ; 用大小适中的容器装适量的温度为 t °C 的纯净水 (水、容器、待测物的总质量小于电子天平量程且能让待测物悬没于水中), 置于电子天平的秤盘上, 电子天平的示值为其质量 m_1 ; 用细线将待测物捆紧, 细线穿过电子天平顶盖上事先钻好的小孔把待测物缓慢地移入容器并悬没于水中, 然后将细线固定在顶盖的拉手上 (如图 2), 此时电子天平的示值为包含浮力成分的视在质量 m_2 。纯净水在 t °C 时的密度 ρ_w , 查表可知, 那么待测固体的密度为^[4]:

$$\rho_{\text{固}} = \frac{m}{m_2 - m_1} \cdot \rho_w$$

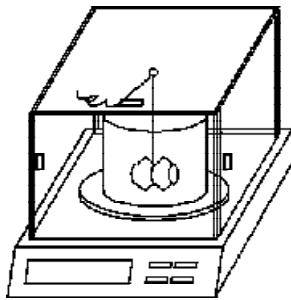


图2 实验装置

Fig. 2 Schematic of experimental setup

1.3 液体密度的测量

测量液体的密度必须借助于不溶于水并且和被测液体不发生化学反应的物体 (如玻璃块等)^[1], 选取一体积适中的玻璃块用细线捆紧作为浮子。用大小适中的容器装有温度为 t °C 的适量纯净水置于电子天平的秤盘上, 电子天平的示值为其质量 m_3 ; 将细线穿过电子天平顶盖上的小孔, 把浮子缓慢地移入容器并悬没于水中, 然后将细线固定在顶盖的拉手上, 如图 2 所示, 此时电子天平的示值为包含浮力成分的视在质量 m_4 。取出浮子并吹干, 然后用另一容器装入适量密度

为 ρ_x 的待测液体置于电子天平的秤盘上, 电子天平的示值为其质量 m_5 ; 同样将浮子悬没于待测液体中, 此时电子天平的示值为包含浮力成分的视在质量 m_6 ^[5-6]。

显然有: $V = \frac{m_4 - m_3}{\rho_w} = \frac{m_5 - m_3}{\rho_x}$, 那么待测液体的密度为: $\rho_x = \frac{m_6 - m_5}{m_4 - m_3} \cdot \rho_w$ 。

2 实验数据

2.1 不规则黄铜体密度的测量

待测物为不规则的黄铜体, 纯净水为蒸馏水, 水的温度 $t_{\text{水}} = 27.50$ °C, 密度 $\rho_{0t} = 0.996\ 373\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ^[7]。按照本文 1.2 中所述实验方法及步骤测量 6 次, 实验数据及结果见表 1。

表 1 不规则黄铜体密度测量的实验数据及结果

Tab. 1 The experimental data for irregular brass density measurement and the results

测量次数	测量数据及计算结果			
	m/g	m_1/g	m_2/g	$\rho_{\text{黄铜}}/(g \cdot \text{cm}^{-3})$
1	10.263	193.410	194.620	8.451 1
2	10.261	193.278	194.486	8.463 4
3	10.262	193.210	194.421	8.443 3
4	10.261	193.115	194.324	8.456 4
5	10.262	192.918	194.128	8.450 2
6	10.262	192.802	194.011	8.457 2

经过计算 $\bar{\rho}_{\text{黄铜}} = 8.4536\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 通过查找资料得知黄铜的密度为 $8.500\ 0\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 两者相比较, 实验误差为 0.55 % 左右。

2.2 酒精密度的测量

待测液体选用酒精, 纯净水为蒸馏水, 水的温度 $t_{\text{水}} = 27.50$ °C, 密度 $\rho_{0t} = 0.996\ 373\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。按照本文 1.3 中所述实验方法及步骤测量 6 次, 实验数据及结果见表 2。

表 2 酒精密度测量的实验数据及结果

Tab. 2 The experimental data for density measurement of alcohol and the results

测量次数	测量数据及计算结果				
	m_3/g	m_4/g	m_5/g	m_6/g	$\rho_{\text{酒精}}/(g \cdot \text{cm}^{-3})$
1	194.079	195.291	187.308	188.271	0.791 7
2	193.826	193.826	187.125	188.090	0.795 3
3	193.714	194.927	186.917	187.881	0.791 8
4	193.552	194.762	186.721	187.683	0.792 2
5	193.420	194.631	186.527	187.493	0.794 8
6	193.251	194.461	186.330	187.295	0.794 6

经过计算 $\bar{\rho}_{\text{酒精}} = 0.793\ 4\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 通过查找资料得知酒精的密度为 $0.789\ 0\ \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 两者相比较, 实验误差为 0.56 % 左右。

(下转第 34 页)