

实验报告

3.14-10

10号

课程名称:

实验名称:力学基本量测量

实验日期: 2023 年 3 月 14 日

班 级:

教学班级:

学 号:

姓 名:

一. 实验目的:

- (1) 通过测定规则与不规则形状物体的密度, 掌握常规测量工具的使用, 完成长度及质量两个基本量的测量, 在实践中掌握“不确定度”理论
- (2) 利用“可变摆长测g仪”测定本地的重力加速度, 用“延展法”完成时间基本量的测量

二. 实验仪器

游标卡尺、螺旋测微尺、物理天平、可变摆长测“g”仪、毫秒计、温度计、比重瓶

三. 实验原理

1. 固体(规则形态)密度的测量

设物体质量为 m , 均匀分布, 体积为 V , 则其密度为 $\rho = \frac{m}{V}$, 对于规则形状的物体, m 可以利用物理天平直接测量, V 可以使用长度测量仪器如游标卡尺, 螺旋测微尺经过间接测量的方法确定

2. 固体(不规则形状)密度的测量

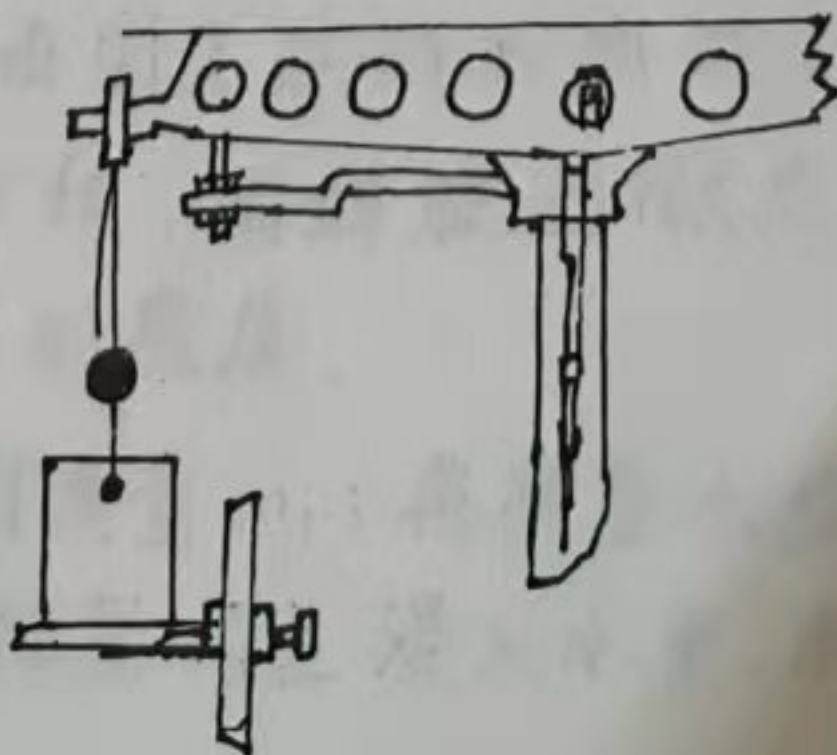
对于不规则形状物体, 其体积 V 可以根据阿基米德原理间接测定

对于不规则形状物体, 其体积 V 可以根据阿基米德原理间接测定
如果物体密度 > 1 , 其在空间中和完全浸在液体中所测得的重量分别为 $W_1 = m_1 g$ 和 $W_2 = m_2 g$, 设液体密度为 ρ , 可推得被测物体的密度为 $\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho'$

如果物体密度 < 1 , 并以水为媒介测其密度时, 则应首先确定被测物体的实际质量 m_1 , 然后在被测物下方用细线连接一重坠, 并使重坠完全浸入液体中, 称出此时两个物体的视质量 m_2 ,

最后将被测物体和重坠同时侵入液体中, 称出此时的视质量 m_3 , 推得物体密度为

$$\rho = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \rho'$$



指导教师签字:

联系方式:

vivo X80 · ZEISS

2023/03/18 17:25

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: _____

3. 散体(颗粒)密度的测量

利用比重瓶和蒸馏水可以测量不溶于水的粉末、颗粒等单位体积较小物质的密度。基本原理仍为 $\rho = \frac{m}{V}$, 体积 V 要间接获得。比重瓶的瓶盖上有毛细管, 当比重瓶注满水并盖上瓶盖时, 多余的水从毛细管溢出, 这样瓶内水(或加上待测固体)的体积总量是固定的。依次测出待测颗粒物的质量 m_1 、盛满水后比重瓶和水的总质量 m_2 , 以及装满水的瓶内再加入颗粒物后的总质量 m_3 , 则被颗粒物排出比重瓶的水的质量是 $m_1 + m_2 - m_3$, 排出水的质量体积就是质量为 m_1 的颗粒物质的体积。所以, 被测物体的密度为:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 + m_2 - m_3} \rho_0$$

4. 重力加速度“g”的测量

根据单摆的振动周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 当单摆的摆长为 L_i 与 L_j 时, 可推导出

$$g = \frac{4\pi^2(L_i - L_j)}{T_i^2 - T_j^2}$$

四. 实验内容及步骤

1. 利用物理天平测量固体密度

- (1) 调整天平底座的水平螺钉, 使水准器中的气泡位于中心, 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, 调节平衡螺母, 重复此步骤直至指针指到标牌中点。
- (3) 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体的质量 m_1 , 用游标卡尺测铝件的体积, 用螺旋测微尺测定钢球的体积, 再由密度定义式分别确定两物体的密度。

- (4) $\rho < 1$ 时, 同上测定物体质量 m_1 ; 再将盛水烧杯放置在天平左边托架上, 将与被测物连接的重物坠完全浸入水中, 测出可视质量 m_2 ; 最后, 将被

联系方式: _____

指导教师签字: _____

vivo X80 · ZEISS

2023/03/18 17:25

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: _____

测物体和重坠一同完全浸入水中, 测出视质量 m_s , 由公式确定物体密度

2. 利用比重瓶测颗粒物质密度

利用比重瓶与蒸馏水测定颗粒物质密度

3. 利用可变摆长测“g”仪测定本地重力加速度

(1) 摆长的变化量 $\Delta L = L_i - L_j$ 分别选择为 10 cm, 30 cm, 50 cm,

(2) 采用“延展法”测量单摆的摆动周期

(3) 由原理公式确定本地重力加速度 g 的量值

注: (1) 测单摆周期时, 应保证单摆摆角 $\leq 5^\circ$, 并保持单摆在同一平面摆动

(2) 改变摆长时, 必须先将仪器上的夹线器的螺丝放松, 正式测量时, 则应将夹线器的螺丝固定等, 以保证摆长变化的准确。

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: _____

	D	H	d	h
1.				
1.	25.36 mm	33.30 mm	15.00 mm	22.10 mm
2	25.40 mm	33.28 mm	14.98 mm	22.70 mm
3	25.34 mm	33.28 mm	15.00 mm	22.30 mm
4	25.34 mm	33.32 mm	14.96 mm	22.34 mm
5	25.38 mm	33.26 mm	15.00 mm	22.10 mm
6	25.34 mm	33.26 mm	14.98 mm	22.26 mm
7	25.38 mm	33.34 mm	14.96 mm	22.08 mm

平均

$$m = 36.1009$$

$$m_1 = \cancel{11.029} 10.95 g$$

$$t = 21.0^\circ C \quad \rho = 0.998017 \text{ g/cm}^3$$

$$m_2 = 21.05 g$$

$$m_3 = 9.08 g$$

3.14

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

vivo X80 · ZEISS

2023/03/18 17:25

$\rho_{Al} V_1 + \rho_{Cu} V_2 = m_1$
 m_1

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: _____

$$D: \bar{x} = \frac{25.36 + 25.40 + 25.34 + 25.34 + 25.38 + 25.34 + 25.38}{7} \approx 25.378 \text{ mm}$$

$$H: \bar{x} = \frac{33.30 + 33.28 + 33.28 + 33.32 + 33.26 + 33.26 + 33.34}{7} \approx 33.291 \text{ mm}$$

$$d: \bar{x} = \frac{15.00 + 14.98 + 15.00 + 14.96 + 15.00 + 14.98 + 14.96}{7} \approx 14.983 \text{ mm}$$

$$h: \bar{x} = \frac{22.10 + 22.70 + 22.30 + 22.34 + 22.10 + 22.26 + 22.08}{7} \approx 22.268 \text{ mm}$$

$$D: S_x = \sqrt{\frac{(0.012)^2 + (0.012)^2 + (0.008)^2 + (0.008)^2 + (0.032)^2 + (0.008)^2 + (0.032)^2}{6}} \approx 0.068 \text{ mm}$$

$$H: S_x = \sqrt{\frac{(0.009)^2 + (0.011)^2 + (0.011)^2 + (0.029)^2 + (0.030)^2 + (0.031)^2 + (0.049)^2}{6}} \approx 0.028 \text{ mm}$$

$$d: S_x = \sqrt{\frac{(0.017)^2 + (0.017)^2 + (0.03)^2 + (0.022)^2 + (0.017)^2 + (0.03)^2 + (0.023)^2}{6}} \approx 0.071 \text{ mm}$$

$$h: S_x = \sqrt{\frac{(0.168)^2 + (0.432)^2 + (0.032)^2 + (0.072)^2 + (0.168)^2 + (0.008)^2 + (0.168)^2}{6}} \approx 0.045 \text{ mm}$$

$$D: u_A = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \approx 0.010 \text{ mm}$$

$$H: u_A = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \approx 0.011 \text{ mm}$$

$$d: u_A = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \approx 0.007 \text{ mm}$$

$$h: u_A = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \approx 0.081 \text{ mm}$$

$$D: u_c = 0.016 \text{ mm}$$

$$H: u_c = 0.016 \text{ mm}$$

$$d: u_c = 0.014 \text{ mm}$$

$$h: u_c = 0.018 \text{ mm}$$

$$u_B = \frac{\Delta_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} \approx 0.012 \text{ mm}$$

$$V(uv) = \frac{\pi}{4} D^2 \times H - \frac{\pi}{4} d^2 \times h \approx 12877.00039 \text{ mm}^3$$

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad V = \frac{\pi}{4} (D^2 H - d^2 h)$$

$$u_v = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} DH\right)^2 (u_D)^2 + \left(\frac{\pi}{4} D^2\right)^2 (u_H)^2 + \left(\frac{\pi}{2} dh\right)^2 (u_d)^2 + \left(\frac{\pi}{4} d^2\right)^2 (u_h)^2}$$

$$u_v = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2} DH\right)^2 (u_D)^2 + \left(\frac{\pi}{4} D^2\right)^2 (u_H)^2 + \left(\frac{\pi}{2} dh\right)^2 (u_d)^2 + \left(\frac{\pi}{4} d^2\right)^2 (u_h)^2}$$

$$\approx 23.978 \text{ mm} \quad \approx 28.59689 = 28$$

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

vivo X80 · ZEISS

2023/03/18 17:25

$$\begin{cases} \rho_{Au} V_1 + \rho_{Cu} V_2 = m_1 \\ \frac{m_1}{V_1 + V_2} = \left(\frac{m_1}{m_1 - m_2} \right) \rho_{\text{水}} \end{cases} \rightarrow \text{解出 } V_1, V_2$$

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	25.36	33.30	15.00	22.10
2	25.40	33.28	14.98	22.70
3	25.34	33.28	15.00	22.30
4	25.34	33.32	14.96	22.34
5	25.38	33.26	15.00	22.10
6	25.34	33.26	14.98	22.26
7	25.38	33.34	14.96	22.08
平均值 \bar{x} (mm)	25.348	33.291	14.983	22.268
实验标准偏差 S_x (mm)	0.028	0.030	0.018	0.218
不确定度 A 类分量 u_A (mm)	0.010	0.011	0.007	0.08
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)	0.016	0.016	0.014	0.084
直接测量量 $\bar{x}(u_C)$ (mm)	25.348(0.016)	33.291(0.016)	14.983(0.014)	22.268(0.084)
间接测量量 $V(u_V)$ (mm) ³	1.2877 (0.0028) $\times 10^4$			

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： $m(u_m) = 36.10(0.03)\text{g}$ ，铝件密度 $\rho(u_\rho) = 2.803(0.011) \times 10^3$

写出 u_ρ 表达式： $u_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 u_m^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial V}\right)^2 u_V^2}$

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 $t = 21.0^\circ\text{C}$

水的密度 $\rho' = 0.998017\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$

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)	21.05
物和坠子都浸入水中视质量 m_3 (g)	9.08
物体密度 $\rho = m_1 \rho' / (m_2 - m_3)$ (g·cm ⁻³)	0.91297
相对不确定度 E (%)	0.4
绝对不确定度 $u_\rho = \rho \times E$ (g·cm ⁻³)	0.003
物体密度 $\rho(u_\rho)$ (g·cm ⁻³)	0.913(0.003)

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 $E = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m_1}\right)^2 u_{m_1}^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial m_2}\right)^2 u_{m_2}^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial m_3}\right)^2 u_{m_3}^2}$

思考题：1. 测出合金在空气中的质量 m_1 ，浸入水中质量为 m_2

$$\begin{cases} \rho_{Au} V_1 + \rho_{Cu} V_2 = m_1 \\ \rho_{Au} V_1 + \rho_{Cu} V_2 = m_2 \end{cases}$$

→ 解出 V_1, V_2

$$\frac{m_1}{V_1 + V_2} = \left(\frac{m_1}{m_1 - m_2}\right) \rho_{水}$$

$$\frac{W_{Au}}{W_{Cu}} = \frac{\rho_{Au} V_1}{\rho_{Cu} V_2}$$