

【215】长度和物体密度的测量

实验日期 _____ 实验组号 _____ 实验地点 _____ 报告成绩 47

I 长度的测量

[实验目的]

1. 学会正确使用游标卡尺和螺旋测微器;
2. 巩固不确定度和有效数字的概念。

[实验仪器]

游标卡尺、螺旋测微器、不锈钢圆柱、细金属丝等

[实验原理摘要]

1. 游标卡尺主要由 尺身 和 测量爪 组成。可用来测物体的 外径、内径、深、高。
2. 游标上有 n 个分格它的总长度与主尺上 $(n-1)$ 个分格的总长度相等，设 a 表示主尺上一个分格的长度， b 表示游标上一个分格的长度，则 a 、 b 之间存在的关系 $nb = (n-1)a$ 。游标上每个分格的长度 b 和主尺上每个分格的长度差值 $\delta = \underline{2a - b = \frac{a}{n}}$ ，差值 δ 称游标卡尺的最小读数，即 最小分度。
3. 常用的游标有 10 分度，20 分度和 50 分度三种，其分度值分别为 0.1 mm，0.05 mm 和 0.02 mm。还有一种测角度的游标称为角游标。
4. 螺旋测微计（千分尺）是利用精密螺旋 测微 原理来测量精度精确到 0.01mm 的精度，螺旋测微计在固定套管上有一条和测微螺杆轴线平行的水平线，水平线两侧交错地刻有毫米刻度线和半毫米刻度线。对于 50 分度的螺旋测微计，测微螺杆的螺距为 0.5mm，微分筒上刻有 50 个分格，微分筒每转一个分格，测微螺杆沿轴线方向移动 0.01 mm，读数时可估读到 0.001 mm。

[实验内容及步骤]

1. 空心不锈钢圆柱体的测量: 用游标卡尺测量不锈钢圆柱体的外径、内径、深和高, 各测五次

2. 小钢球和金属丝的测量: 用螺旋测微器(千分尺)分别测量小钢球和金属丝的直径, 在不同部位测五次。

预习遇到的问题:

利用游标卡尺, 当千分尺读数时, 容易搞混分度, 使结果有误

[数据表格及处理]

1. 测量空心圆柱体的外径、内径、深和高

(1) 将测量数据填入表中, 并计算各测量值的算术平均值和不确定度

单位: mm

次数 内容	1	2	3	4	5	平均
外径 D_1	20.00	20.02	20.00	20.04	20.02	20.02
ΔD_1	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01
内径 D_2	10.00	10.02	10.00	10.02	10.04	10.02
ΔD_2	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01
高 H_1	50.12	50.10	50.10	50.12	50.08	50.10
ΔH_1	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
深 H_2	21.10	21.08	21.12	21.10	21.08	21.10
ΔH_2	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01

(2) 测量值的修正

$$D_1 = \overline{D_1} - D_0 = \underline{20.02} \text{ mm}, \quad D_2 = \overline{D_2} - D_0 = \underline{10.02} \text{ mm}$$

$$H_1 = \overline{H_1} - D_0 = \underline{50.10} \text{ mm}, \quad H_2 = \overline{H_2} - D_0 = \underline{21.10} \text{ mm}$$

(3) 测量结果

$$\overline{D_1} \pm u(x) = (\underline{20.02 \pm 0.02}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.10} \%$$

$$\overline{D_2} \pm u(x) = (\underline{10.02 \pm 0.02}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.20} \%$$

$$\overline{H_1} \pm u(x) = (\underline{50.10 \pm 0.02}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.04} \%$$

$$\overline{H_2} \pm u(x) = (\underline{21.10 \pm 0.02}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.10} \%$$

2. 测钢球和金属丝的直径

钢球直径 D (mm)	6.301	6.292	6.331	6.332	6.314	$\overline{D} = 6.314$
金属丝直径 d (mm)	0.265	0.258	0.259	0.262	0.264	$\overline{d} = 0.262$

(1) 测量值的修正

$$D' = \overline{D} - D_0 = \underline{6.314} \text{ mm}, \quad d' = \overline{d} - d_0 = \underline{0.252} \text{ mm}$$

(3) 测量结果

$$\overline{D} \pm u(D) = (\underline{6.314 \pm 0.02}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.31} \%$$

$$\overline{d} \pm u(d) = (\underline{0.262 \pm 0.004}) \text{ mm}, \quad E = \underline{0.52} \%$$

[思考题]

1. 试确定下列几种游标卡尺的分度值，并将结果填入表中

主尺最小分格值 (mm)	1	1	1	1	1
游标分度数 (格数)	10	10	20	20	50
与游标分度数对应的主尺读数 (mm)	9	19	19	39	49
游标卡尺的分度值 (mm)	0.10	0.10	0.05	0.05	0.02

II 物体密度的测定

[实验目的]

1. 学会正确使用物理天平;
2. 掌握测定规则物体密度的方法;
3. 掌握用液体静力称衡法量不规则物体密度的方法。

[实验仪器]

物理天平, 钢圆柱体, 铜圆柱体, 烧杯, 游标卡尺, 螺旋测微器

[实验原理摘要]

1. 测定规则物体的密度—直接测量法:

设物体的直径 d 、高度 h 、质量为 m 的钢圆柱体的体积是 $V = \frac{1}{4}\pi d^2 h$, 其密度为

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi d^2 h}.$$

2. 测不规则固体的密度—液体静力称衡法:

物体的质量为 m , 体积为 V , 则其密 $\rho = \frac{m}{V}$, 测定 m 及 V 就

可以得到 ρ 。本实验用物理天平测 m , 用液体静力称衡法间接地解决 V 的测量问题。

对于测定不规则物体的密度, 常用这种方法。

如果不计空气的浮力, 物体在空气中的重量 $W = mg$ 与它浸在液体中的视重

$W_1 = m_1 g$ 之差即为它在液体中的所受的 $F = W - W_1 = (m - m_1)g$ 。

m 和 m_1 是该物体在空气中及全部浸入液体中称衡时相应的天平砝码质量。根据阿基米德原理, 物体在液体中所受的浮力等于它所排开液体的重量, 即

$F = \rho_0 V g$, 式中 ρ_0 是液体密度, 在物体全部浸入液体中

时, V 是排开液体的体积, 即物体的体积。密度测量公式为:

$$\rho = \frac{m}{m - m_1} \rho_0.$$

在实验中液体用水, ρ_0 即水的密度 (不同温度下水的密度见课本附录二表 6)

[实验内容及步骤]

1. 调整物理天平

- (1) 调水平. 旋转底脚螺丝钉, 使水平仪的气泡位于中心.
 (2) 调零点. 将游码移至横梁的左端, 转“开关旋钮”支起横梁, 观察是否在中.

2. 测量规则物体钢圆柱体的密度

- (1) 用天平称钢圆柱体的质量 m , 测一次记下天平的分度值, (2) 分别用螺旋测微器、游标卡尺测量圆柱体的直径 d 和高度 h , 重复十次.

3. 测不规则物体铜圆柱体的密度

- (1) 用细线将圆柱体悬挂在天平左端挂钩上, 称出物体在空气中质量 m_1 , 单次测量
 (2) 将物体悬于水中, 称出此时物体的质量 m_2 , 单次测量
 (3) 测定水温 t , 从表中查出此温度下纯水的密度 ρ .

预习遇到的问题:

[数据表格及处理]

测钢圆柱体的密度:

1. 将测量数据填入表中, 并计算各量的算数平均值、不确定度和相对不确定度

读数 次数	项目	d (mm)	h (mm)	m (g)
1		20.547	40.12	100.05
2		20.550	40.10	
3		20.548	40.14	
4		20.547	40.10	
5		20.549	40.08	
6		20.551	40.12	
7		20.552	40.10	
8		20.550	40.12	
9		20.548	40.14	
10		20.549	40.10	
平均		$\bar{d} = 20.549$	$\bar{h} = 40.11$	$m = 100.05$

2. 测量值的修正

$$d = \bar{d} - d_0 = \underline{20.549} \text{ mm}, \quad h = \bar{h} - h_0 = \underline{40.11} \text{ mm}$$

3. 测量结果

$$m \pm u_B(m) = \underline{(100.050 \pm 0.003) \text{ g}}$$

$$\bar{d} \pm u_A(\bar{d}) = \underline{(20.549 \pm 0.007) \text{ mm}}$$

$$\bar{h} \pm u_A(\bar{h}) = \underline{(40.11 \pm 0.02) \text{ mm}}$$

$$\rho = \frac{\frac{4m}{\pi d^2 h}}{\frac{4 \times 100.05}{\pi (20.549)^2 \times 40.11}} = \underline{7.52 \text{ g/cm}^3}$$

$$u_p = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 u_B^2(m) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial h}\right)^2 u_A^2(\bar{h}) + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d}\right)^2 u_A^2(\bar{d})},$$

$$= \sqrt{\frac{4}{\pi d^2 h} (0.003)^2 + \left(\frac{4m}{\pi d^2 h^2}\right) (0.02)^2 + \frac{4m}{\pi d^3 h} (0.01)^2}$$

$$= \underline{0.054 \text{ g/cm}^3}$$

$$E_r = \frac{u_p}{\rho} \% = \frac{0.054}{7.52} \% = \underline{0.72 \%}$$

$$\rho \pm u_p = \underline{(7.52 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3}$$

4. 计算不规则物体密度，并求其相对误差

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \rho_0 = \frac{147.16}{147.16 - 131.3} \times \rho_0 = \underline{9.25 \text{ g/cm}^3}$$

$$E = \frac{(m + m_1) \Delta m}{m(m - m_1)} = \frac{9.25 - 8.9}{8.9} \times 100\%$$

$$= \underline{4.0 \%}$$

$$\rho \pm \Delta \rho = \underline{(9.25 \pm 0.4) \text{ g/cm}^3}$$

[思考题]

1 如果天平两臂不准确相等, 应如何称量物体的质量, 就可以消除它对测量结果的影响?

用复称法:

设物体的质量为 m , 分别在左右盘, 测其质量为 m_1, m_2

$$\begin{cases} m_1 g l_1 = m g l_2 \\ m g l_1 = m_2 g l_2 \end{cases} \Rightarrow m = \sqrt{m_1 m_2}$$

[实验体会与收获]

掌握3 游标卡尺与千分尺的读数问题, 学会3 用液体静力称衡法测量不规则物体的方法。

[指导教师意见]

长度和物体密度的测量

原始数据记录

实验日期: 9.14 实验组号: 7 实验地点: 215 仪器编号: 7

[数据表格]

1. 用游标卡尺测量空心圆柱体的外径、内径、深和高,各测五次。

游标卡尺的分度值 $\delta =$ 0.02 mm, 零点读数 $D_0 =$ 0.00 mm.

游标卡尺的仪器误差 $\Delta_{\text{仪}} =$ 0.02 mm.

读数 次数 \ 项目	外径 D_1 (mm)	内径 D_2 (mm)	高 H_1 (mm)	深 H_2 (mm)
1	20.00	10.00	50.12	21.10
2	20.02	10.02	50.10	21.08
3	20.00	10.00	50.10	21.12
4	20.04	10.02	50.12	21.10
5	20.02	10.04	50.08	21.08

2. 用螺旋测微计测量小钢球和金属丝的直径,在不同部位测五次。

千分尺的分度值 $\delta =$ 0.01 mm., 零点读数 $D_0 =$ 0.00 mm.

千分尺的仪器误差 $\Delta_{\text{仪}} =$ 0.01 mm.

钢球直径 D (mm)	6.301	6.292	6.331	6.322	6.314
金属丝直径 d (mm)	0.265	0.258	0.259	0.262	0.264

3. 测量钢圆柱体的密度 (规则)

天平的分度值 = 0.05 g.

游标卡尺的分度值 = 0.02 mm, 零点读数 $h_0 =$ 0.00 mm.

螺旋测微计的分度值 = 0.01 mm, 零点读数 $D_0 =$ 0.00 mm.

1

读数 次数 \ 项目	d (mm)	h (mm)	m (g)
1	20.547	40.102	100.05
2	20.550	40.10	
3	20.548	40.14	
4	20.547	40.10	
5	20.549	40.08	
6	20.551	40.12	
7	20.552	40.10	
8	20.550	40.12	
9	20.548	40.14	
10	20.549	40.10	

4. 测不规则物体铜圆柱体的密度

水温: $T =$ 26 °C

m_1 (g)	147.82 147.16
m_2 (g)	131.31

指导教师签字:

日期: